



Comparative analysis of internal hospital supply chain management performance with PFAHP and PFTOPSIS methods

Bahar Özyörük^{1,3}, Beste Desticioğlu Taşdemir^{2*}, Sena Kumcu¹, Bora Karacaer⁴

¹Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Gazi University, 06570, Ankara, Türkiye

²Department of Operations Research, Alparslan Defence Sciences and National Security Institute, National Defence University, 06680, Ankara, Türkiye

³Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kyrgyz -Turkish Manas University, 720038, Bishkek, Kyrgyzstan

⁴Department of Supply and Logistics Management, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Gazi University, Ankara, Türkiye

Highlights:

- Determining performance indicators for hospital internal supply chain management
- Calculating the weights of the determined indicators.
- Ranking hospitals in terms of performance based on the determined indicators

Keywords:

- PFAHP
- PFTOPSIS
- Internal hospital supply chain management
- Pythagorean fuzzy numbers

Article Info:

Research Article

Received: 10.07.2025

Accepted: 12.09.2025

DOI:

10.17341/gazimmfd.1739731

Correspondence:

Author: Beste Desticioğlu Taşdemir

e-mail:

bdtasdemir@gmail.com

phone: +90 312 417 5190

Graphical/Tabular Abstract

In this study, 4 public hospitals in Turkey, which served as military hospitals until 2016 and now serve all citizens, were compared in terms of their Internal Hospital Supply Chain Management (IHSCM) performance. In the study, firstly, the performance indicators to be used to compare the hospitals according to their IHSCM performances were determined. Pythagorean fuzzy sets (PFS), an extension of fuzzy set theory, were employed in the study to reduce the influence of experts' subjective judgments. The weights of the performance indicators used in the comparison of hospitals were calculated with the PFAHP method. The weights of the performance indicators calculated with PFAHP are given in Figure A. As a result of the calculations, it was determined that the most critical indicator for IHSCM's performance was "Internal Business Process" with a weight of 0.402 (Figure A).

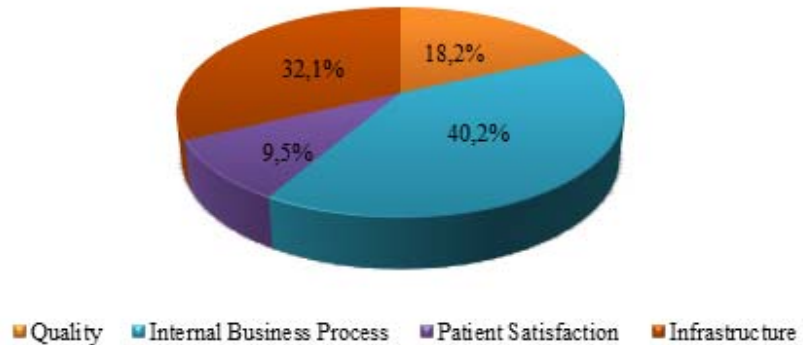


Figure A. Key Performance Indicators Weight Calculated by PFAHP Method

Purpose: Military hospitals differ from other public hospitals in terms of their management styles, staff, and practices. Therefore, it is of great importance to compare the IHSCM performances of military hospitals opened to the service of all citizens after 2016.

Theory and Methods: In the study, firstly, performance indicators for IHSCM were determined by utilizing expert opinions and studies in the literature. A panel of professionals employed in various hospital roles were interviewed and tasked with evaluating the four performance indicators established for IHSCM using the pairwise comparison matrix. The significance weights of the indicators were computed using the PFAHP technique. the IHSCM performance of 4 hospitals was compared with the PFTOPSIS method. Subsequently, during the last phase of the project, a sensitivity analysis was conducted by generating several scenarios within the hybrid model that was developed to evaluate and compare the Supply Chain Management (SCM) performance of hospitals.

Results: In the calculations, it is seen that "Internal Business Process" is more dominant than the other indicators with a weight of 0.402.

Conclusion: It is thought that this proposed model can be beneficial in the IHSCM of institutions that provide health services to ensure cooperation between units and improve SCM performance. Furthermore, the model can be used as a measurement instrument to assess the effectiveness of the internal SCM in the healthcare sector and fill a gap in the literature.



Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi

Journal of The Faculty of Engineering
and Architecture of Gazi University

Elektronik / Online ISSN : 1304 - 4915
Basılı / Printed ISSN : 1300 - 1884

Hastane içi tedarik zinciri yönetimi performansının PBAHP ve PBTOPSIS yöntemleriyle karşılaştırmalı analizi

Bahar Özyörük^{1,3} , Beste Desticioğlu Taşdemir^{2*} , Sena Kumcu¹ , Bora Karacaer⁴

¹Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 06570, Ankara, Türkiye

²Milli Savunma Üniversitesi, Alparslan Savunma Bilimleri ve Milli Güvenlik Enstitüsü, Harekât Araştırması Ana Bilim Dalı, 06654, Ankara, Türkiye

³Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 720038, Bişkek, Kırgızistan

⁴Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tedarik ve Lojistik Yönetimi Ana Bilim Dalı, Ankara, Türkiye

Ö N E Ç İ K A N L A R

- Hastane iç tedarik zinciri yönetimi performans göstergelerinin belirlenmesi
- Belirlenen göstergelerin ağırlıklarının hesaplanması.
- Hastanelerin belirlenen göstergeler ile performans açısından sıralanması

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 10.07.2025

Kabul: 12.09.2025

DOI:

10.17341/gazimmfd.1739731

Anahtar Kelimeler:

PBTOPSIS,
PBAHP,
pisagor bulanık sayılar,
hastane iç tedarik zinciri
yönetimi (HİTZY)

ÖZ

Hastanelerde hastalara kaliteli ve verimli sağlık hizmeti sunulabilmesi için etkili bir tedarik zinciri ağının kurulması gerekmektedir. Bu doğrultuda, hizmet kalitesini artırmak ve maliyetleri azaltmak amacıyla hastane iç tedarik zinciri yönetimi (HİTZY) faaliyetlerine stratejik düzeyde önem verilmesi gerekmektedir. Ayrıca, hastane süreçlerinde paydaş ve sağlık hizmeti sağlayıcılarının katılım düzeyinin değerlendirilmesi için HİTZY performans göstergelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, hastanelerin HİTZY performanslarını değerlendirmeye yönelik çok kriterli bir karar verme modeli geliştirilmiştir. Araştırma kapsamında, 2016 yılına kadar askeri hastane olarak hizmet vermiş ve günümüzde kamu hastanesi statüsünde olan Türkiye'deki dört hastane ele alınmıştır. Bu çalışma, mevcut literatürde kamu hastanesine dönüşen askeri hastanelerin iç tedarik zinciri yönetimi performansının Pisagor Bulanık AHP (PBAHP) ve Pisagor Bulanık TOPSIS (PBTOPSIS) yöntemleriyle karşılaştırmalı olarak değerlendirildiği ilk örneklerden biridir. Çalışmada, literatürden yararlanılarak belirlenen HİTZY performans göstergeleri PBAHP yöntemiyle ağırlıklandırılmış, ardından PBTOPSIS yöntemiyle hastaneler performans açısından sıralanmıştır. Son olarak, gösterge ağırlıklarının ikili değişimleri dikkate alınarak duyarlılık analizi yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Bu sayede, kamu hastanelerinde kaynakların etkin ve verimli kullanımına katkı sağlayacak bir yapı ortaya konulmuştur.

Comparative analysis of internal hospital supply chain management performance with PFAHP and PFTOPSIS methods

H I G H L I G H T S

- Determining performance indicators for hospital internal supply chain management
- Calculating the weights of the determined indicators
- Ranking hospitals in terms of performance based on the determined indicators

Article Info

Research Article

Received: 10.07.2024

Accepted: 12.09.2025

DOI:

10.17341/gazimmfd.1739731

Keywords:

PFTOPSIS,
PFAHP,
pythagorean fuzzy numbers,
internal hospital supply chain
management (IHSCM)

ABSTRACT

In order to provide patients with high-quality and efficient healthcare services, it is essential to establish an effective supply chain network in hospitals. In this context, internal hospital supply chain management (IHSCM) activities should be given strategic importance in order to increase service quality and reduce costs. In addition, IHSCM performance indicators need to be determined to evaluate the level of participation of stakeholders and healthcare providers in hospital processes. In this study, a multi-criteria decision-making model was developed to evaluate the IHSCM performance of hospitals. Within the scope of the research, four hospitals in Türkiye, which served as military hospitals until 2016 and currently have public hospital status, were examined. This study is one of the first examples in the existing literature where the internal supply chain management performance of military hospitals converted into public hospitals is evaluated comparatively with Pythagorean Fuzzy AHP (PFAHP) and Pythagorean Fuzzy TOPSIS (PFTOPSIS) methods. In the study, IHSCM performance indicators determined by using literature review were weighted with the PFAHP method, and then the hospitals were ranked in terms of performance with the PFTOPSIS method. Finally, sensitivity analysis was conducted by considering the binary changes of indicator weights and the results were evaluated. In this way, a structure that will contribute to the effective and efficient use of resources in public hospitals was established.

1. Giriş (Introduction)

Tedarik zinciri, ürünlerin ya da hizmetlerin üretim ve dağıtım aşamasındaki tüm sıralı süreçlerini ifade etmektedir. Tedarik zinciri ağı, bir ürün veya hizmetin üretilmesinden müşteriye ulaştırılmasına kadar olan tüm süreçlerin kontrol edilmesini sağlar [1]. Tüm sektörlerde olduğu gibi sağlık sektöründe de asıl amaç müşterilere kaliteli hizmetin sunulmasıdır. Sağlık hizmeti sağlayıcıları da maliyeti minimize ederek bu amaca ulaşmaya çalışmaktadır. Diğer taraftan sağlık hizmeti sağlayıcıları ile hastanelerin yöneticileri değişen maliyetler ile artan harcamaları dikkate alarak en iyi hizmeti en düşük maliyetle sunabilmek için kritik kararlar almak zorundadır. Sağlık hizmeti tedarik zinciri, kaynakları etkin kullanarak minimum maliyet ile hastalara kaliteli ve etkili sağlık hizmetinin kısa zamanda sunulmasıyla ilgilenmektedir [2].

Artan maliyetler ile beraber hastanelere yapılan harcamalara dair olan fatura miktarlarında artış yaşanmaktadır. Bundan dolayı hastaneler, hastaların taleplerini kusursuz bir şekilde karşılarken sağlık hizmeti tedarik zincirindeki yanıt süresinin düşürülmesine ve maliyetlerin azaltılmasına yönelik çalışmalar yapmaktadır. Her geçen gün artan maliyetle beraber kaliteli sağlık hizmetinin hastalara sunulabilmesi için, hastaneler ve sağlık sistemleri verimliliklerini artırmaya odaklanmaktadır. Verimli bir sağlık sisteminin oluşturulması, tüm dünyada hükümetlerin öncelik listelerinde üst sıralarda yer almaktadır [3].

Sağlık hizmetlerinde ihtiyaç duyulan ürünlerin / malzemelerin çeşitliliği, ürünlerin kullanım ömürleri, bilgi teknolojilerindeki gelişmeler, sağlık hizmetleri dışında yapılan dış kaynak kullanımı ve küreselleşmeyle başa çıkabilmek için sağlık hizmetlerinde etkin bir tedarik zinciri yönetimi (TZY) ağının oluşturulması gerekmektedir [4]. Sağlık kuruluşlarında, insan hayatını doğrudan etkileyen çok hassas konularda karar alınması gerektiği için, bu kurumlarda TZY'nin uygulanması daha da karmaşık hale gelmektedir [5]. Sağlık hizmetleri insanlar için hayati öneme sahiptir. Bu yüzden sağlık hizmetleri tedarik zincirinin de etkin bir şekilde yönetilmesi büyük önem taşımaktadır. Ayrıca malzeme deposundaki sağlık malzemelerinin stok yönetiminin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi hastaların malzeme kaynaklı tedavi sürelerinin uzaması riskini azaltacaktır. Tedavide kaliteli malzemenin kullanılması ise tedavinin başarıya ulaşma olasılığını artıracaktır. Tedarik zincirindeki performansın artırılmasıyla tedavi süreleri kısılacağından, daha fazla hastaya hizmet verilebilmesinin önü açılacaktır. Bu yüzden hastanelerin verimliliklerinin artırılabilmesi için başarılı bir TZY'nin kurulması kaçınılmazdır.

Bu çalışmada, 2016 yılına kadar askeri hastane olarak hizmet vermiş olup şu anda tüm vatandaşların hizmetine açık olan Türkiye'deki 4 kamu hastanesi özel olarak ele alınarak, Hastane İç Tedarik Zinciri Yönetimi (HİTZY) performansları açısından karşılaştırılmıştır. Bu çalışma mevcut literatürdeki eski askeri hastaneden tüm vatandaşlara hizmet veren kamu hastanesine dönüşmüş hastanelerin iç tedarik zincirinin Pisagor Bulanık AHP (PBAHP) ve Pisagor Bulanık TOPSIS (PBTOPSIS) yöntemleriyle karşılaştırıldığı ilk çalışmalardan biridir.

Bu çalışmada ilk olarak, hastane TZY performans göstergelerine ilişkin literatür taramasına yer verilmiştir. Metodoloji bölümünde, PBAHP ve PBTOPSIS yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir. Uygulama bölümünde, öncelikle, PBAHP yöntemi ile HİTZY temel performans göstergelerinin ağırlıkları belirlenmiş olup sonrasında ise 4 devlet hastanesi PBTOPSIS yöntemi ile sıralanmıştır. Son bölümde ise performans gösterge ağırlıklarının ikili değişimleri ile duyarlılık analizi yapılmış ve elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

2. Literatür Taraması (Literature Review)

Performans ölçümü, hastanelerin hizmet odaklı hale gelmeleri, verimli bir şekilde çalışmaları, müşteri çekmeleri, gelirlerini artırmaları ve hem klinik hem de klinik olmayan sonuçları iyileştirmeleri için hayati öneme sahiptir. Hastanelerin TZY için dikkate alacakları performans göstergeleri, bakım kalitesini ve hizmet sunumunu izleme, değerlendirme ve iyileştirmede önemli bir rol oynamaktadır [6]. Diğer endüstriyel sektörlerle kıyasla sağlık sektöründeki paydaşlar arasında iç TZY bilgisi ve koordinasyon eksikliği nedeniyle, minimum maliyetle en yüksek kalitede hizmet sunmak imkânsız hale gelmektedir [7]. Stok yönetimi ile bölümler arası koordinasyonunun yetersizliği, sağlık lojistiği operasyonlarında karmaşıklığa, standartlardan uzaklaşılmasına ve atık üretiminde artışa neden olmaktadır. Bu olumsuzlukların giderilerek sağlık tedarik zinciri performansının artırılması gerekmektedir [8]. Hastanelerde lojistik performansının değerlendirilmesi, tedarik zinciri faaliyetlerinin daha görünür olmasını sağlayarak israfın ortadan kaldırılmasıyla maliyetlerin azaltılmasını sağlamaktadır. Performans ölçüm göstergelerini kullanan hastaneler, ilgili göstergelere odaklanarak TZY stratejilerini yönetebildikleri, karar alma yeteneklerini geliştirebildikleri ve devam eden iyileştirme girişimlerini yürütebildikleri sürece rekabet avantajı elde ederler [9]. Bu yüzden hastanelerin HİTZY performanslarının artırılmasına yönelik göstergelerin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Literatürdeki HİTZY'nin performansının değerlendirilmesine yönelik çalışmalar taranmış ve HİTZY'nin karşılaştırılmasında kullanılan göstergeler ayrıntılı şekilde incelenmiştir. HİTZY'nin performansının karşılaştırılması için literatürde kalite, zaman/duyarlılık, maliyetler/finansal faktörler, hasta bakış açısı, üretkenlik/organizasyon, güvenilirlik, esneklik, çevre faktörleri, altyapı, dahili iş süreci gibi kriterlerin anahtar performans göstergeleri olarak belirlendiği görülmektedir. Bu çalışmada literatürde kullanılan performans göstergelerinden faydalanılarak HİTZY için performans göstergeleri belirlenmiştir. Ayrıca bu performans göstergeleri dikkate alan çalışmalar Tablo 1'de gösterilmiş olup, ilgili göstergeler aşağıda kısaca açıklanmıştır.

- Kalite: Envanter (hizmet seviyesi, görünürlük, doğruluk, kritiklik), hasta güvenliği
- Zaman/ Duyarlılık: Yenileme için gereken süre, yanıt süresi ve klinik personelin katılımı
- Maliyetler / Finansal Faktörler: Stok maliyeti, dağıtım maliyeti, stok değeri, personel maliyeti
- Hasta Bakış Açısı: Hastanın bakım/hizmet memnuniyeti, planlanmamış yeniden yatış, doğru ameliyat öncesi tıbbi tarama, hastanın bildirdiği sonuç ölçüsü, ölüm/hastalık oranı
- Verimlilik/ Organizasyon: Envanter (ciro, kullanım), ürün standardizasyonu, teslimat sıklığı, süreç standardizasyonu, personel yönetimi
- Güvenilirlik: Stok tutarsızlığı, stok tükenme oranı, zamanında teslimat, kusursuz sipariş karşılama
- Esneklik: Hızlı servis kapasitesi ayarlamaları, hasta değişikliklerine yanıt verme, yeni teknik gelişmeleri hızlı bir şekilde tanıtmak, yüksek kalitede bakım sağlama
- Çevresel Faktörler: Hastanın çevre korumaya dikkat etmesi, hastanın çevre dostu bakım talebi, çevre dostu hizmet sağlanması
- Altyapı: Teknik tıbbi ekipman, tesis tedarik sistemi, bilgi ve iletişim teknolojisi, tesis ve yönetimi, bertaraf sistemi, erişim hizmetleri ve fiziksel altyapı

Dahili İş Süreci: İş memnuniyeti anketi, ameliyathane doluluk oranı, ameliyat süresi, malzeme listesine göre ameliyat sırasında eksik olan malzemeler, hastalık izni, ameliyat öncesi bekleme süresi, sipariş yönetimi, dağıtım, ürün üretiminin iyileştirilmesi, tatmin edici hasta bakımı sağlanması, yenilenen/değiştirilen malzeme sıklığı

Tablo 1. Literatürde HİTZY Performans Ölçümünü Dikkate Alınan Performans Göstergeleri
(Performance Indicators Considered in IHSCM Performance Measurement in Literature)

Yöntem	Dahili İş Süreçleri	Altyapı	Çevresel Faktörler	Güvenilirlik	Organizasyon Verimliliği	Esnelik	Hasta Memnuniyeti	Maliyet/Finansal Göstergeler	Zaman/ Duyarlılık	Kalite	Yazarlar
AHP		x			x		x	x	x	x	Rossetti ve Selandari [10]
ELECTRE III	x	x				x		x	x	x	Hassan vd. [11]
SCOR				x		x		x	x		Di Martinelly vd. [12]
ANP								x	x	x	Hoeur ve Kritchanchai [13]
BSC	x				x		x	x			De Pourcq vd. [14]
DSS					x					x	Feibert vd. [15]
İstatistiksel Analiz		x	x		x		x			x	Scholz vd [16]
DEMATEL ve ANP				x	x			x	x	x	Supeekit vd. [17]
ANP	x	x		x					x	x	Kritchanchai vd. [18]
Sezgisel Bulanık Bilişsel Harita Yöntemi	x	x	x		x	x	x	x	x	x	Mirghafoori vd. [19]
MACBETH	x	x			x		x	x		x	Longaray vd. [20]
ANP					x			x	x	x	Moons vd. [21]
DEMATEL	x		x		x						Gedam vd. [22]
DEMATEL				x	x			x	x	x	Soto Lopez vd. [23]
Hibrit Bulanık Bilişsel Haritalama ve Bulanık DEMATEL		x			x		x			x	Hosseini Dolatabad vd. [24]
İstatistiksel Analiz	x	x					x			x	Karacaer ve Özyörük [26]

Literatürde sağlık hizmetlerinin performanslarını inceleyen az sayıda çalışma yer almaktadır. Rossetti ve Selandari [10] hastane klinik laboratuvar ve eczane teslimatlarını incelemişlerdir. Araştırmalarında performans göstergelerini belirlemek için AHP yaklaşımı kullanılmıştır. Yapılan analizde birincil hasta bakım faaliyeti ile hastane eczanesi faaliyetlerinin yakından ilişkili olduğu bulunmuş olup; bu iki göstergenin mükemmel bir şekilde koordine edilmesi gerektiği belirlenmiştir. Hassan vd. [11], ilaç stok yönetimini yeniden düzenlemek, yüksek envanterin mevcut olmasını sağlamak, çalışma koşullarını iyileştirmek ile hazırlık süresini ve hataları azaltmak gibi çeşitli hedeflere ulaşmak için performans göstergeleri

geliştirmişlerdir. Di Martinelly vd. [12], hastane tedarik zincirini incelemek ve performans göstergelerini oluşturmak için Tedarik Zinciri Operasyonları Referans (Supply Chain Operations Reference-SCOR) modelini ve değer zinciri modelleme tekniğini kullanmışlardır. Hoeur ve Kritchanchai [13], sağlık lojistiği operasyonlarının etkinliğini ve verimliliğini hesaplamak için bir metodoloji geliştirmiştir. Çalışmalarındaki performans ölçümleri arasındaki korelasyonlar ANP modeli kullanılarak sıralanmıştır. De Pourcq vd. [14], hastane performans değerlendirme sistemini tasarlamak amacıyla Dengeli Puan Kartı yöntemini kullanmışlardır. Feibert vd. [15] etkili sağlık lojistik sistemlerini oluşturmak ve

karşılaştırmak için özel bir karar destek sistemi oluşturmuşlardır. Çalışmada sağlık hizmetlerinde izleme teknolojisini değerlendirmek için üretkenlik, kaynaklar, kaliteli hizmet sunumu ve memnuniyet gibi çeşitli performans ölçütleri kullanılmıştır. Scholz vd. [16], Tanzania sağlık tesislerinin değerlendirilmesi için bir anket çalışması yapmış ve anket sonucunda elde edilen verileri istatistiksel yöntemlerden faydalanarak analiz etmiştir. Supeekit vd. [17], klinik bakım faaliyetleri ile yardımcı sistemler arasındaki ilişkileri belirlemek için hibrit ANP ve DEMATEL yöntemlerini kullanmışlardır. Kritchanchai vd. [18] sağlık sektöründe operasyonel performansı değerlendirmek için ANP yaklaşımını kullanarak bir dizi performans göstergesi geliştirmiş ve bu göstergeleri sıralamışlardır. Mirghafoori vd. [19] hastane tedarik zincirinin sürdürülebilirliğini neyin etkilediğini belirlemek için sürdürülebilir hizmet tedarik zinciri için nedensel bir model oluşturmuştur. Longaray vd. [20] hastane lojistik operasyonlarını değerlendirmek için MACBETH yaklaşımını kullanmıştır. Çalışmada altyapısal, maddi ve beşeri değişkenlere odaklanılmıştır. Moons vd. [21] ameliyathanelerin lojistik prosedürlerinin ne kadar etkili çalıştığını değerlendirmek için lojistik performansının değerlendirilmesine yönelik bir çerçeve sunmuştur. Çalışmada performans göstergelerini belirlemek ve önceliklendirmek için ANP yaklaşımını kullanılmıştır. Gedam vd. [22] Hindistan sağlık sektöründeki dahili hastane tedarik zincirinin COVID-19 performans göstergelerini karşılaştırmak için DEMATEL yaklaşımını kullanmışlardır. Soto Lopez vd. [23], hastane lojistik sürecinin performans göstergelerini tanımlamış ve bu göstergeleri sıralamak için DEMATEL yaklaşımını kullanmıştır. Hosseini Dolatabad vd. [24], bir hastanedeki yoğun bakım ünitesine odaklanarak önemli performans ölçümlerini incelemişlerdir. Çalışmada hastanenin yoğun bakım performansını iyileştirmek için bulanık DEMATEL ve bulanık bilişsel haritalamaya dayalı çok kriterli karar verme (ÇKKV) teknikleri kullanılmıştır. Senna vd. [25], COVID-19 salgını sonrası etkilerinin sağlık sistemi tedarik zinciri üzerindeki etkisinin belirlenmesi için ampirik analizler yapmışlar ve sağlık tedarik zincirinde etkili performans göstergelerini belirlemişlerdir. Karacaer ve Özyörük [26] çalışmalarında hastane TZY faaliyetlerinin iyileştirebilmesi için performans göstergelerini belirlemişlerdir. Bu çalışmada hastane personeline, hastane TZY'nin değerlendirilmesi için 28 soruluk bir anket uygulanmış ve elde edilen veriler istatistiksel yöntemler ile analiz edilmiştir. Karaca vd. [27], sağlık hizmet kalitesinin ölçülmesi için bulanık SWARA ve bulanık FUCOM yöntemlerine dayanan bir model geliştirmiştir. Fallahnezhad vd. [6], farklı veri tabanlarında hastane performansını karşılaştırma üzerine yapılan yayınları inceleyerek, bu çalışmalarda hastane tedarik zincirinde kullanılan performans göstergelerinden faydalanarak, hastane tedarik zinciri performansında en çok etkili olan göstergeleri belirlemeye çalışmışlardır.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde araştırmacıların genellikle hastanedeki bir klinik veya bölümün performansını karşılaştırdığı, ancak sadece birkaç çalışmada hastanelerin tüm bölümleri dikkate alınarak hastanelerin performansının karşılaştırıldığı belirlenmiştir. Literatürde yayınlanan çalışmalar değerlendirildiğinde, sağlık sektöründe iç TZY'nin, performans göstergesi seçimi, sıralaması veya değerlendirmesi için öncelikli olarak ÇKKV yaklaşımlarının kullanıldığı ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada 2016 yılından sonra Türkiye'de toplumun tüm kesimlerine hizmet vermeye başlayan askeri devlet hastanelerinin Hastane İç Tedarik Zinciri Yönetimi (HİTZY) açısından etkinliğinin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada uzmanların öznel yargılarının etkisini azaltmak amacıyla bulanık küme teorisinin bir uzantısı olan Pisagor bulanık kümeler (PBK) kullanılmıştır. Pisagor bulanık kümelerin literatürde iş sağlığı ve güvenliği için risk değerlendirmesi [28, 29], özel ve kamu hastaneleri için hastane hizmet

kalitesi [30, 31], enerji depolama sistemlerinin seçimi [32], e-ticaret sitelerinin karşılaştırılması [33], yenilenebilir enerji kaynaklarının karşılaştırılması [34], acil durum istasyonu yer seçimi [35], dijital pazarlama süreçlerindeki performansların değerlendirilmesi [36] dahil olmak üzere çeşitli kullanımları vardır.

Askeri hastaneler, yönetim tarzları, personel ve uygulamaları açısından diğer kamu hastanelerinden farklıdır. Bu nedenle, 2016'dan sonra tüm vatandaşların hizmetine açılan askeri hastanelerin HİTZY performanslarını karşılaştırılması bu hastanelerin etkinliğinin artırılmasında büyük önem taşımaktadır. İlgili literatür incelendiğinde mevcut çalışmanın, Türkiye'deki hastanelerin HİTZY performans göstergelerine göre değerlendirilmesine bazı yeniliklerle katkı sağlayacağı düşünülmüş olup, belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır: Bu çalışma Türkiye'deki askeri hastanelerin HİTZY performans göstergelerini ve ÇKKV yöntemlerini aralık değerli Pisagor bulanık dil ölçeği kullanılarak karşılaştıran literatürdeki ilk çalışmadır. Çalışmada uzmanlar tarafından belirlenen HİTZY'nin performans göstergeleri kişiden kişiye göre değişik gösterebileceğinden dolayı, belirsizlik içermekte olup, bu belirsizliğin ortadan kaldırılması için çalışmada PBK'ler kullanılmıştır. Ayrıca, literatürde hastanelerin tüm süreçlerini HİTZY performans göstergelerine göre Pisagor bulanık sayılarla (PBS) değerlendiren herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Sonuç olarak, bu araştırmada bu alandaki boşluğu kapatmak için entegre bir PFAHP-PFTOPSIS önerilmiştir.

3. Teorik Metod (Theoretical Method)

Sağlık kuruluşlarından bilgi toplama ve analiz etme önemli miktarda zaman ve emek gerektirirken, alternatiflerin değerlendirilmesi de uzun zaman almaktadır. Hastanelerde karar alma süreçlerinde, karar destek araçlarının kullanılmasının HİTZY'ni hızlandıracağı ve iyileştireceği düşünülmektedir. Alternatiflerin karşılaştırılmasında ise ÇKKV yöntemlerinin kullanılması hem nicel hem de nitel verileri dikkate alması, çatışan hedefleri hesaplaması ve karar alma sürecinin netliğini, verimliliğini ve mantığını geliştirmesi nedeniyle önerilmektedir [37]. Bu yüzden TZY tercihlerinin iyileştirilmesi amacıyla, ÇKKV tekniklerinin sağlık sisteminde daha sık kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Bu yüzden bu çalışmada da farklı devlet hastanelerinin, HİTZY yönünden karşılaştırılması için ÇKKV yöntemlerinden entegre PFAHP ve PFTOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. Bu bölümde çalışmada kullanılan yöntemler kısaca açıklanmıştır.

3.1. Pisagor Bulanık Kümeler (PBK) (Pythagorean Fuzzy Sets)

Bu çalışmanın odak noktası olan HİTZY'nin performansını ölçmek için kullanılacak performans göstergelerini belirlemek zorlu bir görevidir. Bu bağlamda, performans göstergelerini belirlemek için kullanılan kriterlerin öncelikleri ve alaka düzeyi bireylere bağlı olarak değişebileceğinden önemli derecede belirsizlik ve karmaşıklık içermektedir. Buna göre karar alma sürecinde hem nitel hem de nicel yargılar dilsel olarak ifade edilebilmekte ve modellenilebilmektedir. Atanassov [38], üyelik derecesi ile tereddüt derecesini içeren bulanık kümeler olan Sezgisel Bulanık Kümeleri geliştirmiştir. Atanassov bulanık kümelerin oluşturulmasında tereddüt fonksiyonlarını kullanmıştır. Tereddüt fonksiyonu ile ilgili temel problem, iki üyeliğin toplam değerinin 1'i geçmemesi gerekirken, üyelik ve üyeliksizlik derecelerinin toplam değerinin 1'i geçmesidir [37]. Bu sorunu ortadan kaldırmak için Yager [39], hem üyelik fonksiyonlarını hem de üyeliksizlik fonksiyonlarını içeren PBK'leri geliştirmiştir. PBK'ler, iki karenin toplamı birden küçük veya eşit olduğunda, aralıktaki her üyeliğin karesini kullanır [29, 40]. Ayrıca, PBK belirsizliği gidermeyi ve bunun son derece güvenilir bir şekilde gerçekleştirmeyi hedeflemektedir. Bu nedenle, araştırmacılar uzman görüşüne dayanan

girdi verilerindeki belirsizliği giderebilmek için PBK'yi kullanmaktadır. PBK'nin aşamaları aşağıda açıklanmaktadır [40]:

Tanım 1: X , sonlu bir kümeyi, x ise bu kümenin bir elemanını gösterebilir. Eş. 1, PBK'nin P ile temsil edilmesi durumundaki tipik gösterimini göstermektedir.

$$P \cong \{ \langle x, P(\mu_P(x), \nu_P(x)) \rangle | x \in X \} \quad (1)$$

Burada $\mu_P(x) \in [0, 1]$ ve $\nu_P(x) \in [0, 1]$ $x \in X$ sırasıyla P kümesindeki üyelik ve üyeliksizlik derecesini ifade etmektedir. Bu derecelerin karelerinin toplamı Eş. 2'deki toplamdan büyük olamaz.

$$0 \leq \mu_P(x)^2 + \nu_P(x)^2 \leq 1 \quad (2)$$

$\pi_P(x)$, ile gösterilen belirsizlik derecesi, PBK'nin üçüncü parametresidir. Bu parametreyi belirlemek için Eş. 3 kullanılır.

$$\pi_P(x) = \sqrt{1 - (\mu_P(x))^2 - (\nu_P(x))^2} \quad (3)$$

Tanım 2: $\beta_1 = P(\mu_{\beta_1}, \nu_{\beta_1})$ ve $\beta_2 = P(\mu_{\beta_2}, \nu_{\beta_2})$ iki pisagor bulanık sayı olsun. $\lambda > 0$ için, bu iki bulanık sayı üzerinde gerçekleştirilen işlemler, Eş. 4 - 7'de verilmiştir.

$$\beta_1 \oplus \beta_2 = P\left(\sqrt{\mu_{\beta_1}^2 + \mu_{\beta_2}^2 - \mu_{\beta_1}\mu_{\beta_2}}, \nu_{\beta_1}\nu_{\beta_2}\right) \quad (4)$$

$$\beta_1 \otimes \beta_2 = P\left(\mu_{\beta_1}\mu_{\beta_2}, \sqrt{\nu_{\beta_1}^2 + \nu_{\beta_2}^2 - \nu_{\beta_1}\nu_{\beta_2}}\right) \quad (5)$$

$$\lambda\beta_1 = P\left(\sqrt{1 - (1 - \mu_{\beta_1}^2)^\lambda}, \nu_{\beta_1}^\lambda\right), \lambda > 0 \quad (6)$$

$$\beta_1^\lambda = P\left(\mu_{\beta_1}^\lambda, \sqrt{1 - (1 - \nu_{\beta_1}^2)^\lambda}\right), \lambda > 0 \quad (7)$$

Tanım 3: $\beta_j = P(u_{\beta_j}, \nu_{\beta_j})$, $j = 1, 2, \dots, n$ 'nin bir pisagor bulanık sayılar koleksiyonu ve $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 'nin β_j 'nin ağırlık vektörü olduğunu varsayalım; burada w_j , β_j 'nin önem derecesini gösterir ve $w_j \geq 0$ ($j = 1, 2, \dots, n$) ve $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ koşullarını sağlamaktadır. Pisagor bulanık ağırlıklı ortalama PBAA olsun. PBAA operatörü bu durumda fonksiyonun adıdır. PBAA Eş. 8'deki gibi hesaplanır.

$$PBAA(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n) = P\left(\sum_{j=1}^n w_j \mu_{\beta_j}, \sum_{j=1}^n w_j \nu_{\beta_j}\right) \quad (8)$$

Tanım 4: $\beta_1 = P(\mu_{\beta_1}, \nu_{\beta_1})$ ve $\beta_2 = P(\mu_{\beta_2}, \nu_{\beta_2})$ 2 pisagor bulanık sayıyı gösterebilir. Bu iki bulanık sayı aşağıdaki sırayla listelenmiştir: Ancak ve ancak $\mu_{\beta_1} \geq \mu_{\beta_2}$ ve $\nu_{\beta_1} \leq \nu_{\beta_2}$ ise $\beta_1 > \beta_2$ 'dir. İki bulanık tam sayı bir puan fonksiyonu kullanılarak karşılaştırılabilir. Eş. 9 ile bu fonksiyon hesaplanır.

$$s(\beta_1) = (\mu_{\beta_1})^2 - (\nu_{\beta_1})^2 \quad (9)$$

Tanım 5: Yukarıda belirtilen puan denklemlerine göre iki PBK'nin karşılaştırılması için Eş. 10-Eş. 12 denklemleri kullanılır.

$$\text{Eğer } s(\beta_1) < s(\beta_2) \text{ ise } \beta_1 < \beta_2 \quad (10)$$

$$\text{Eğer } s(\beta_1) > s(\beta_2) \text{ ise } \beta_1 > \beta_2 \quad (11)$$

$$\text{Eğer } s(\beta_1) = s(\beta_2) \text{ ise } \beta_1 \sim \beta_2 \quad (12)$$

3.2. Geliştirilen Yöntem (Developed Method)

Bu çalışmanın ilerleyen bölümünde, bu çalışmada kullanılan PBAHP ile PBTOPSIS yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir.

3.2.1. Pisagor bulanık AHP (PBAHP) (Pythagorean fuzzy AHP)

ÇKKV yöntemlerinden biri olan AHP, alternatiflerin objektif ve subjektif kriterlere göre kıyaslanmasını imkân tanıyan bir karar verme yöntemidir [31]. AHP yöntemi her bir kriterin ikili karşılaştırılması ile hangi kriterin daha önemli olduğuna dair değerlendirme yapılabilmesine dayanmaktadır [41]. AHP, karar vericilerin kriterleri ikili olarak karşılaştırmasına imkân tanıırken diğer taraftan karar vericilerin tutarlı olmasını da sağlamaktadır. Ancak uzman görüşleri birbirinden farklı olabileceği için belirsizlik ve karmaşıklığa neden olabilmektedir. Bu karmaşıklığın giderilebilmesi için literatürde bulanık sayıların kullanıldığı görülmektedir [35]. Pisagor bulanık sayılar (PBS) ile, literatürdeki diğer bulanık sayılara göre daha güvenilir ve gerçekçi sonuçlar elde edilmektedir [42]. Bu yüzden bu çalışmada uzman görüşlerine dayanan belirsizliğin giderilmesi için PBS'dan faydalanılmıştır. Çalışmada hastanelerin karşılaştırılmasında ise PBS dikkate alan PBAHP ve PBTOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmada kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi için kullanılan PBAHP yöntemine ait algoritma adımları aşağıda sıralanmıştır [32]:

Adım 1: Karşılaştırmada kullanılan kriterler için Saaty tarafından geliştirilen 1-9 ölçeği ile ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. Sonrasında ise bu puanlamalar, PBAHP yöntemindeki hesaplamalarda kullanılabilmesi için, Ilbarhar vd. [29] tarafından geliştirilen bulanık sayılara dönüştürülür. Devamında aşağıda sırayla verilen adımlar gerçekleştirilir.

Adım 2: Eş. 13 ve Eş. 14 kullanılarak, üyelik ve üyeliksizlik fonksiyonlarının alt ve üst limitleri ile $D = (d_{ik})_{m \times m}$ fark matrisleri hesaplanır.

$$d_{ikL} = \mu_{ikL}^2 - \nu_{iku}^2 \quad (13)$$

$$d_{iku} = \mu_{iku}^2 - \nu_{ikL}^2 \quad (14)$$

Adım 3: Eş. 15 ve Eş. 16 kullanılarak aralık çarpım matrisi $S = (s_{ik})_{m \times m}$ hesaplanır.

$$s_{ikL} = \sqrt{1000^{d_{ikL}}} \quad (15)$$

$$s_{iku} = \sqrt{1000^{d_{iku}}} \quad (16)$$

Adım 4: Eş. 17 ile belirleyicilik değeri $\tau = (\tau_{ik})_{m \times m}$ hesaplanır.

$$\tau_{ik} = 1 - (\mu_{iku}^2 - \mu_{ikL}^2) - (\nu_{iku}^2 - \nu_{ikL}^2) \quad (17)$$

Adım 5: Normalleştirmeden önce ağırlık matrisini oluşturmak için Eş. 18 kullanılarak $S = (s_{ik})_{m \times m}$ ile $\tau = (\tau_{ik})_{m \times m}$ matrisleri çarpılır.

$$t_{ik} = \left[\frac{s_{ikL} + s_{iku}}{2} \right] \tau_{ik} \quad (18)$$

Adım 6: Ağırlıklı normalize matris Eş. 19 ile elde edilir.

$$w_i = \frac{\sum_{k=1}^m t_{ik}}{\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m t_{ik}} \quad (19)$$

3.2.2. Pisagor Bulanık TOPSIS (PBTOPSIS) (Pythagorean fuzzy TOPSIS)

Hwang ve Yoon tarafından geliştirilen TOPSIS yöntemi alternatiflerin sıralanması için kullanılan ÇKKV yöntemlerinden biridir.

TOPSIS yönteminde ideal çözüme en yakın ve en uzak alternatifler belirlenebilmektedir. TOPSIS yöntemi hem fayda kriterleri hem de maliyet kriterlerini dikkate alarak alternatiflerin değerlendirilmesine imkân tanımaktadır [43]. Bu yüzden araştırmacılar tarafından en çok tercih edilen ÇKKV yöntemlerinden biridir. Alternatiflerin karşılaştırılmasında kullanılacak kriterler belirsizlik içerdiği durumlarda TOPSIS yöntemi bulanık sayılar ile kullanılabilir. Bu çalışmada da kullanılan kriterlerin içerdiği belirsizliğin azaltılabilmesi için PBS kullanılmıştır. Çalışmada alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan kriterler belirsizlik içerdiğinden ve alternatiflerin değerlendirilmesi kişiden kişiye değişebileceğinden, alternatiflerin karşılaştırılmasında PBTOPSIS yöntemi kullanılmıştır. PBTOPSIS yönteminin uygulama adımları aşağıda açıklanmıştır [30].

Adım 1: PBK'ler dikkate alınarak alternatifler için karar matrisi oluşturulur. C_j ($j=1, 2, \dots, n$) alternatifleri ve x_i ($i=1, 2, \dots, m$) kriterleri göstermek üzere Eş. 20'de gösterildiği gibi karar matrisi oluşturulur [32].

$$R = \begin{pmatrix} P(u_{11}, v_{11}) & P(u_{12}, v_{12}) & \cdots & P(u_{1n}, v_{1n}) \\ P(u_{21}, v_{21}) & P(u_{22}, v_{22}) & \cdots & P(u_{2n}, v_{2n}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P(u_{m1}, v_{m1}) & P(u_{m2}, v_{m2}) & \cdots & P(u_{mn}, v_{mn}) \end{pmatrix} \quad (20)$$

Adım 2: Eş. 21 ve Eş. 22 ile Pisagor bulanık pozitif ideal ve negatif ideal çözümler hesaplanır.

$$x^+ = \{C_j \max_i \{C_j(x_i)\} | j = 1, 2, \dots, n\} \\ = \{(C_1, P(u_1^+, v_1^+)), (C_2, P(u_2^+, v_2^+)), \dots, (C_n, P(u_n^+, v_n^+))\} \quad (21)$$

$$x^- = \{C_j \min_i \{C_j(x_i)\} | j = 1, 2, \dots, n\} \\ = \{(C_1, P(u_1^-, v_1^-)), (C_2, P(u_2^-, v_2^-)), \dots, (C_n, P(u_n^-, v_n^-))\} \quad (22)$$

Adım 3: Pozitif ve negatife ideal çözüme uzaklıklar sırasıyla Eş. 23 ve Eş. 24 ile hesaplanır.

$$D(x_i, x^+) = \sum_{j=1}^n w_j d(C_j(x_i), C_j(x^+)) \\ = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n w_j [|u_{ij}^2 - u_j^{+2}| + |v_{ij}^2 - v_j^{+2}| + |\pi_{ij}^2 - \pi_j^{+2}|] \quad (23)$$

$$D(x_i, x^-) = \sum_{j=1}^n w_j d(C_j(x_i), C_j(x^-)) \\ = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n w_j [|u_{ij}^2 - u_j^{-2}| + |v_{ij}^2 - v_j^{-2}| + |\pi_{ij}^2 - \pi_j^{-2}|] \quad (24)$$

Adım 4: Her bir alternatif için closeness değerleri Eş. 25'e göre hesaplanır.

$$\xi(x_i) = \frac{D(x_i, x^-)}{D_{\max}(x_i, x^-)} - \frac{D(x_i, x^+)}{D_{\min}(x_i, x^+)} \quad (25)$$

Adım 5: Alternatifler en büyük closeness değeri olandan en kötü closeness değerine sahip olan alternatife doğru sıralanır. Closeness değeri en yüksek olan alternatif en iyi alternatiftir.

4. Uygulama (Application)

Tüm sektörlerde olduğu gibi sağlık sektöründe de amaç kaliteli hizmet sunmaktır. Son yıllarda Türkiye'de devlet hastaneleri, hasta memnuniyetini ve tedavi başarısını artıracak uygulamalara önem vermektedir. Hastanelerin TZY ise bu uygulamalarda kilit rolü oynamaktadır. Hastane yöneticileri yükselen maliyetleri ve artan harcamaları göz önünde bulundurarak, en kaliteli hizmeti en düşük

maliyetle sağlayacak kararlar almalıdır. Sürecin hastanede çalışan personel tarafından desteklenmesinin, zincirin performansının artırılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

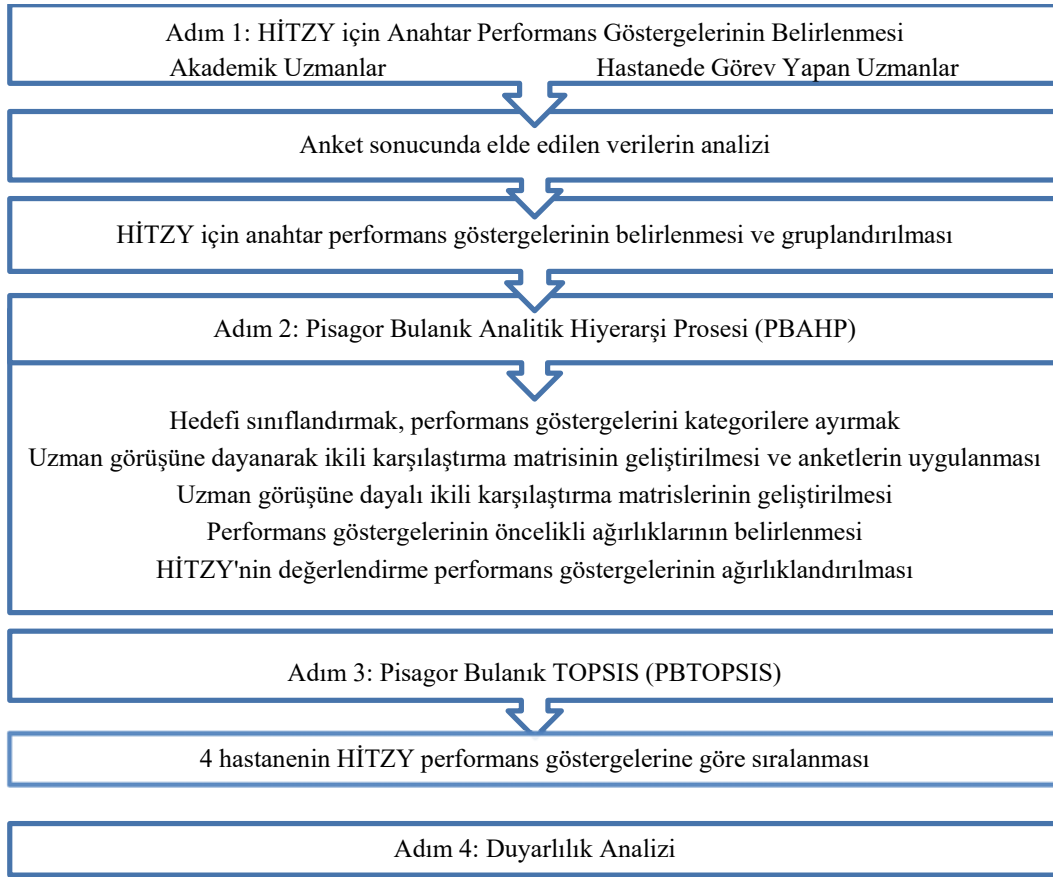
Askeri hastaneler, hizmet veren personel ve uygulamaları ile yönetim tarzları yönünden diğer kamu hastanelerine göre farklılık göstermektedir. Bu nedenle, 2016'dan sonra tüm vatandaşların hizmetine açılan askeri hastanelerin HİTZY performanslarını karşılaştırılması bu hastanelerin etkinliğinin artırılmasında büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, 2016'dan sonra tüm vatandaşların hizmetine açılan Türkiye'deki 4 askeri hastane, HİTZY performanslarına göre karşılaştırılmış ve sıralanmıştır. Çalışmada 4 askeri devlet hastanesi hibrit PBAHP – PBTOPSIS yöntemleri kullanılarak HİTZY performansına göre karşılaştırılmıştır.

Karacaer ve Özyörük [26] çalışmalarında, literatür taraması ve uzmanlardan elde edilen bilgileri birleştirerek HİTZY'nin performans kriterlerini belirlemek amacıyla bir anket geliştirilmiş ve bu geliştirdikleri anket hastane çalışanlarına uygulanmıştır. Bu anket sonucunda elde ettikleri verileri analiz ederek faydalı bir ölçek geliştirmişlerdir. Çalışmada hastanelerin HİTZY'nin performanslarının karşılaştırılması için gerekli olan performans göstergeleri belirlenmiştir. Bu çalışmada da araştırmacıların belirlediği performans göstergeleri esas alınmıştır. Yapılan bu çalışma, Şekil 1'de gösterildiği gibi 4 aşamadan oluşmaktadır. İlk olarak Karacaer ve Özyörük [26] tarafından önerilen HİTZY performans göstergelerinden faydalanılarak askeri hastanelerin karşılaştırılmasında kullanılacak kriterler belirlenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında, hastanelerin çeşitli pozisyonlarında çalışan uzmanlar, ikili karşılaştırma matrisini kullanarak HİTZY için belirlenen dört performans göstergesini karşılaştırarak puanlamıştır. Sonrasında bu puanlamalar PBS'ye dönüştürülmüş ve PBAHP ile bu göstergelerin önem ağırlıkları hesaplanmıştır. Son aşamada ise hastanelerde farklı görevlerde çalışan uzmanların, bu çalışmaya dahil hastaneleri HİTZY performanslarına göre karşılaştırmaları istenmiştir. Bu puanlamalar PBS'ye dönüştürülmüş ve sonrasında PBTOPSIS yöntemi ile hastaneler HİTZY performanslarına göre sıralanmıştır. Çalışmanın son aşamasında ise duyarlılık analizi ile kullanılan hibrit PBAHP – PBTOPSIS yöntemlerinin etkinliği test edilmiştir. Bu adımların açıklamalarına aşağıdaki bölümlerde yer verilmiştir.

4.1. Uzman Görüşlerinin Alınması (Obtaining Expert Opinions)

Gelişen teknoloji ile beraber müşteri beklentilerinin de değişmesinin karar verme sürecinde dikkate alınması gerekmektedir. Bu nedenle değerlendirmelerin katılımcıların görüşüne başvurularak gerçekleştirilmesi büyük avantaj sağlayacaktır. Bundan dolayı o konuda deneyimli ve bilgi sahibi olan uzmanların karar sürecine dahil edilmesi gerekmektedir. Bu yüzden bu çalışmada devlet hastanelerinde farklı pozisyonlarda görev yapan 10 uzmanın görüşünden faydalanılarak HİTZY performans ölçümünde dikkate alınan kriterlerin önem ağırlıkları belirlenmeye çalışılmıştır. Uzman değerlendirmesinde farklı alanlarda görev yapan uzmanların görüşlerine başvurularak değerlendirmenin daha doğru bir şekilde yapılması hedeflenmiştir. Performans göstergelerinin karşılaştırılmasında görüşü alınan hastane personelinin görevleri ve deneyimleri Tablo 2'de verilmiştir

Çalışmada hastanelerin HİTZY performanslarının karşılaştırılmasında kullanılacak göstergelerin belirlenmesinde ise Karacaer ve Özyörük'ün [26] devlet hastanesi personeline HİTZY üzerinde etkili olan durumları belirleyebilmek için uyguladıkları anket sonucunda önerdikleri performans göstergelerinden yararlanılmıştır. Bu çalışmada hastanelerin iç tedarik zincirlerinin karşılaştırılması için Kalite (I1), Dahili İş Süreci (I2), Hasta



Şekil 1. HİTZY için önerilen bütünlük yaklaşımın akış şeması (Flow chart of the proposed integrated approach for IHSCM)

Memnuniyeti (I3) ve Altyapı (I4) performans göstergeleri olarak dikkate alınmıştır. HİTZY için belirlenmiş performans göstergeleri aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Kalite (I1): Hastalar için malzeme (bandajlar, şırıngalar, neşterler, vb.) veya ekipmanların (hasta yatakları, tekerlekli sandalyeler, vb.) işlevsel kullanılmasını ve tıbbi ekipmandan kaynaklanan hatalar gibi sorunların en aza indirilmesini ifade eder.

Dahili İş Süreci (I2): Yöneticiler, dahili iş süreci müdahaleleri sayesinde hasta ve paydaş hedeflerine ulaşmak için kritik öneme sahip prosedürleri belirleyebilirler. Bu süreçlerde öncelikle, hastaların bakım hizmetlerini güvenli bir şekilde almasını, faaliyetlerin iyi bir şekilde yürütülmesi amaçlanır. Sipariş yönetimi, dağıtım, ürün üretiminin iyileştirilmesi, tatmin edici hasta bakımı sağlanması ve yatırım getirisinin artırılması, dahili iş süreçlerinde dikkate alınan başlıca konulardır.

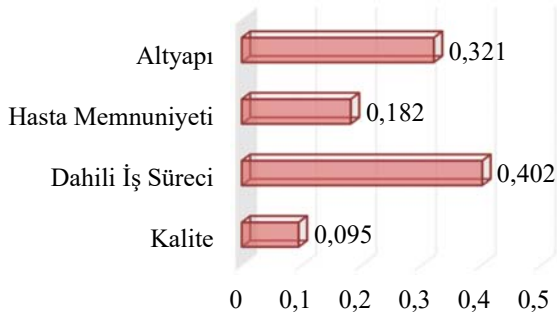
Hasta Memnuniyeti (I3): Hastaların tüm hizmet, mal, ulaşım ve envanter beklentilerinin karşılanarak memnuniyetlerinin artırılmasını sağlamaktır.

Altyapı (I4): Sistemlerin yapısal bileşenleri ve çeşitli bağlantıları altyapı olarak adlandırılmaktadır. Bir sağlık sistemi veya sağlık tesisleri bağlamında, "tesis altyapısı", sağlık hizmetlerinin sunumu için gerekli olan tüm fiziksel, teknik ve organizasyonel bileşenlerin veya varlıkların bütünü olarak tanımlanabilir. Altyapı, sağlık

hizmetlerinin sunumu için gerekli tüm fiziksel, teknik ve örgütsel parçaların veya kaynakların tamamını ifade etmektedir.

4.2. HİTZY Performans Göstergelerinin PBAHP Yöntemi ile Ağırlıklandırılması (Weighting of IHSCM Performance Indicators with PFAHP Method)

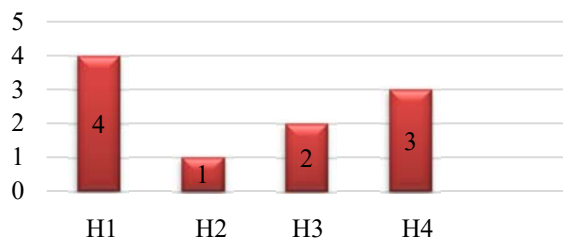
Performans göstergelerinin önem sıralamasının belirlenmesi için hastanede farklı departmanlarda görev yapan 10 uzmandan görüş alınmıştır. Uzmanlar ile ilgili ayrıntılı bilgi Tablo 2'de sunulmuştur. Uzman ekibinden her kriteri önem derecesine göre kendi görüşleriyle ikili şekilde karşılaştırmaları istenmiştir. Uzmanlardan bu karşılaştırmaları Saaty'nin 1-9 ölçeğinde verilen dilsel puanlamalar ile yapmaları istenmiştir. Uzmanlar tarafından yapılan karşılaştırmalar kişiden kişiye değişiklik gösterebilmektedir. Kullanılacak ağırlıkların kişisel görüşlerden daha az etkilenmesi için bulanık mantıktan faydalanılmıştır. Bu bölümde, uzmanlar tarafından verilen bu puanlamalar, bunlara karşılık gelen PBS'ye dönüştürülmüştür. Performans göstergelerine ait puanlamalar PBS'ye dönüştürüldükten sonra PBAHP yöntemi ile performans göstergelerinin ağırlıkları hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda HİTZY'nin performansı için en kritik göstergenin 0,402 ağırlığında I2 (Dahili İş Süreci) olduğu belirlenmiştir. İkinci sırada 0,321 ağırlığında I4 (Altyapı) göstergesi yer almaktadır. Üçüncü önemli gösterge 0,182 ağırlığında I3 (Hasta Memnuniyeti)'dir. Son sırada 0,095 ağırlığında I1 göstergesi (Kalite) yer almaktadır. PBAHP ile hesaplanan performans göstergesi ağırlıkları Şekil 2'de verilmiştir. Sonraki bölümlerde gösterge ağırlıklarının ikili değişimleriyle duyarlılık analizinin sıralama üzerindeki etkisi incelenecektir.



Şekil 2. PFAHP Yöntemiyle Hesaplanan Gösterge Ağırlıkları
(Indicator Weights Calculated by PFAHP Method)

4.3. PBTOPSIS Yöntemi ile Hastanelerin Sıralanması (Ranking of Hospitals with PFTOPSIS Method)

Bu bölümde, çalışmaya dahil dört askeri hastanenin HİTZY performansını belirlemek için, önceki bölümde hesaplanan gösterge ağırlıkları kullanılarak, sıralanması yapılmıştır. Bu hastanelerin isimlerine gizlilik nedenleriyle çalışmada yer verilmemiştir. Uzmanlardan, Ilbahar vd. [29] tarafından geliştirilen dilsel değişkenlere göre dört hastaneyi değerlendirmeleri istenmiştir. Sonrasında, PBTOPSIS algoritmasının adımlarının uygulanabilmesi için, uzmanların değerlendirmeleri PBS ile dönüştürülmüş ve Tablo 3'te verilen karar matrisi oluşturulmuştur. Dört hastane için oluşturulan karar matrisindeki ağırlıklar kullanılarak PBTOPSIS adımları izlenerek gerekli hesaplamalar yapılmıştır. PBTOPSIS algoritmasıyla hastanelerin sıralanmasında kriter ağırlıkları olarak, önceki bölümde PBAHP ile hesaplanan kriter ağırlıkları kullanılmıştır. PBTOPSIS yöntemi ile yapılan hesaplamalarda hastanelerin HİTZY performansına göre sıralamasında “Kalite (I1)”, “Dahili İş Süreci (I2)”, “Hasta Memnuniyeti (I3)”, “Altyapı (I4)” göstergeleri dikkate alınmıştır. Şekil 2’de PFTOPSIS yöntemi ile yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen sıralama gösterilmektedir. Şekil 3’te hastanelerin HİTZY performansına göre karşılaştırıldığında H2’nin en iyi performansı gösterdiği görülmektedir.



Şekil 3. HİTZY performansının PFAHP-PFTOPSIS ile sıralanması
(Ranking of IHSCM performance with PFAHP-PFTOPSIS)

5. Sonuçlar ve Tartışmalar (Results and Discussions)

Son yıllarda tüm sektörlerde olduğu gibi sağlık sektöründe de hizmet kalitesinin üst seviyede tutulması amaçlanmaktadır. Sağlık hizmetlerinin iyileştirilmesinde ise HİTZY performansı kilit rol oynamaktadır. Yapılan hesaplamalarda I2 göstergesinin 0,402 ağırlığı ile diğer performans göstergelerine göre daha baskın olduğu görülmektedir. I2 göstergesi, “Dahili iş süreci” ile ilgili faaliyetleri kapsamaktadır. Bu göstergenin diğer göstergelere göre daha yüksek olması, hastanelerin tedarik zinciri performanslarının yükseltilebilmesi için karar vericilerin ilk olarak Dahili İş Süreci faaliyetlerine önem vermeleri gerektiğini göstermektedir.

HİTZY performansının ölçülmesinde dikkate alınan diğer 3 göstergenin ağırlıkları ise %9,5 ile %32,1 arasında değişmektedir. HİTZY performansında direk etkili olan lojistik ve dağıtım faaliyetlerini içeren I4 göstergesi de %32,1 ağırlığıyla HİTZY performansının belirlenmesinde ikinci sırada yer almaktadır. Bu yüzden HİTZY performansını artırmak isteyen karar vericinin 2. Sırada I4 göstergesi ile ilgili faaliyetleri dikkate alması gerekmektedir. Yapılan hesaplamalar sonucunda performansın ölçülmesinde en önemsiz kriteri %9,5 ağırlıkla I1 göstergesi olduğu görülmektedir.

Hastalarına daha iyi hizmet vermek isteyen hastaneler gelecek dönemler için yeni çalışmalara yönelmektedir. Performans kriterlerinin doğru bir şekilde uygulanması hastanelerin tedarik zinciri performanslarını da artıracaktır.

Bu nedenle bu çalışmada Türkiye’deki askeri devlet hastanelerinin iç tedarik zincirlerinin karşılaştırılması için geliştirilen karar modelinin, değişen şartlara uyum sağlayacak şekilde uygun hedeflere ulaşılabilmesi için bulanık karar modelinden faydalanılmıştır. Bu göstergelerin etkisi zaman içerisinde değişiklik gösterebilir. Bu değişikliğin etkisinin önceden belirlenebilmesi için bu bölümde, performans gösterge ağırlıklarının ikili değişimlerinin hesaplamaları ile duyarlılık analizi yapılmıştır. Performans göstergelerinin ikili değişimleri ile yapılan hesaplamalarda elde edilen sıralamalardan Tablo 4 oluşturulmuştur.

Tablo 4 incelendiğinde HİTZY performans karşılaştırmasına göre en iyi hastanenin H2 hastanesi olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, H2 hastanesinin diğer hastanelere göre tüm performans göstergeleri için gerekli çalışmaları başarılı şekilde yürütmesi etkili olmuştur. Diğer hastanelerin de bu göstergeleri dikkate alarak TZY performanslarını iyileştirmeleri gerekmektedir.

Duyarlılık analizinde performans gösterge ağırlıklarının ikili değişimleriyle 6 farklı durum incelenmiş ve bu ağırlıklara göre hesaplamalar yapılmıştır. Tablo 4’te görüldüğü gibi gösterge ağırlıklarının ikili değişimi hastanelerin sıralamasını değiştirmemiştir. Bu hesaplamalara göre hastanelerin sıralamaları H2> H3 >H4 >H1 şeklindedir.

Tablo 3. Hastanelerin Değerlendirilmesine Yönelik Karar Matrisi (Decision Matrix for Evaluating Hospitals)

KV	I1		I2		I3		I4	
	u	v	u	v	U	v	u	v
H1	0,40	0,87	0,60	0,71	0,50	0,80	0,50	0,80
H2	0,70	0,60	0,80	0,44	0,60	0,71	0,70	0,60
H3	0,50	0,80	0,80	0,44	0,70	0,60	0,60	0,71
H4	0,40	0,87	0,50	0,80	0,70	0,60	0,70	0,60

Tablo 4. Duyarlılık Analizi Sonuçları (Sensitivity Analysis Results)

		Gösterge Ağırlıkları				Hastane Ağırlıkları				Hastanelerin Sıralaması	En İyi Alternatif
Değişen Gösterge		I1	I2	I3	I4	H1	H2	H3	H4	H2- H3- H4- H1	H2
1	I1-I2	0,095	0,4024	0,1824	0,3206	-11,378	0	-1,905	-7,840	H2- H3- H4- H1	H2
2	I1-I3	0,1824	0,4024	0,095	0,3206	-22,761	0	-6,341	-18,082	H2- H3- H4- H1	H2
3	I1-I4	0,3206	0,4024	0,1824	0,095	-12,397	0	-3,152	-11,459	H2- H3- H4- H1	H2
4	I2-I3	0,095	0,1824	0,4024	0,3206	-5,024	0	-0,312	-1,286	H2- H3- H4- H1	H2
5	I2-I4	0,095	0,3206	0,1824	0,4024	-11,315	0	-2,401	-6,365	H2- H3- H4- H1	H2
6	I3-I4	0,095	0,4024	0,3206	0,1824	-6,394	0	-0,166	-4,253	H2- H3- H4- H1	H2

Tablo 4 incelendiğinde, en yüksek değer değişiminin Senaryo 2’deki I1- I3 göstergelerinin ağırlıkları değiştirildiğinde olduğu görülmektedir. Bu durum hastanelerin tedarik zinciri performanslarının belirlenmesinde “Hasta Memnuniyeti” göstergesinin malzeme ve hastane hizmeti ile ilgili “Kalite” kriterine oranla daha önemli olduğunu göstermektedir. Tablo 4’te verilen diğer senaryoların sonuçları incelendiğinde ise, hesaplama sonuçlarının birbirine yakın değerlerde olduğu görülmektedir.

Literatürdeki çalışmalardan, Supekit vd. [17] ve Lopez vd. [23]’in çalışmalarında da hastane içi tedarik zincirinde yönetiminde hastaların tedavisinin güvenli bir şekilde tamamlanması kriterini öncelikli kriter olarak belirledikleri görülmektedir. Bu çalışmada da yapılan hesaplamalar sonucunda “Dahili iş süreci” kriteri öncelikli kriter olarak belirlenmiştir. Hastanelerin iç tedarik zinciri yönetimi performansını etkileyen “Dahili iş süreci” kriteri kapsamında, hastaların bakım hizmetlerini güvenli bir şekilde alması ve faaliyetlerin etkin biçimde yürütülmesi hedeflenmiştir. Dolayısıyla, çalışmamızın bu açıdan literatürdeki diğer çalışmalar ile örtüştüğü düşünülmektedir.

6. Sonuçlar (Conclusions)

Diğer tüm sektörlerde olduğu gibi, sağlık sektörünün de öncelikli hedef; hastaya gerekli sağlık hizmetini, uygun bir ortamda ve en yüksek standartlarda sunmaktır. Sağlık hizmeti sunan kuruluşların bu şartların sağlanması için hizmet sunumunda yer alan taraflar arasında en üst düzeyde koordinasyonu sağlayabilmeleri gerekmektedir. Tedarik zinciri sisteminin geliştirilmesi, ilgili sağlık çalışanlarının performansına ve uygulamalarına olduğu kadar mevcut kaynakların verimli kullanılmasına da bağlıdır. Doğru sistem kurulumu ve işletimi sağlık hizmeti veren kuruluşlara birçok açıdan fayda sağlayacaktır. Hasta tedavi süreçleri, etkili stok yönetimi ve lojistik süreçleri ile beraber daha etkin bir şekilde yürütülebilecektir. Tedarik zincirinin performansı arttıkça tedavi süreleri kısılacak, dolayısıyla sağlık merkezlerinde daha fazla hastaya hizmet verilebilecektir. Bu nedenle tedarik zincirinin performansını artırabilme yeteneği TZY için hayati önem taşımaktadır. Sağlık hizmetlerinde performansın iyileştirilebilmesi için sağlık hizmetlerinin iç TZY süreçlerinin etkin bir şekilde yürütülmesi gerekmektedir. Bu yüzden bu çalışmada sağlık hizmetlerinin iyileştirilmesinde etkili olacak HİTZY performansında etkili olan göstergelerin belirlenmesi ve 2016 sonrasında herkese hizmet vermeye başlayan Türkiye’deki askeri hastanelerin bu göstergelere göre karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Bu çalışmada, belirlenen performans göstergeleri ile uzman görüşleri alınarak askeri hastanelerin karşılaştırılmasında dikkate alınan göstergeler PBAHP yöntemi kullanılarak ağırlıklandırılmıştır. Sonrasında ise, daha önce askeri hastane olan ve şu anda tüm vatandaşlara hizmet veren Türkiye’deki dört kamu hastanesinin performans göstergeleri PBTOPSIS tekniği kullanılarak değerlendirilmiş ve hastaneler sıralanmıştır. Hesaplamalar sonucunda,

H2’nin HİTZY performansı açısından en iyi hastane olduğu sonucuna varılmıştır.

Mevcut çalışmanın özgünlüğü ve katkıları şu şekilde özetlenebilir. Önerilen modelin, birimler arasındaki iş birliğini sağlamak ve TZY performansını iyileştirmek için sağlık hizmeti sunan kurumların HİTZY performansının iyileştirilmesinde yararlı olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, model sağlık sektöründeki iç TZY’nin etkinliğini değerlendirmek ve literatürdeki bir boşluğu doldurmak için bir ölçüm aracı olarak kullanılabilir. Modelin kullanılmasıyla sağlık kuruluşlarında ve hastanelerde görev yapan yöneticilerin, sağlık hizmetlerinin iyileştirilmesine yönelik alınacak kararlarda etkili olacağı düşünülmektedir.

Gelecekteki çalışmalarda, incelenen karar verme modelinin diğer hibrit ÇKKV teknikleri ile veya diğer bulanık küme metodolojileri kullanarak çözülmesi ve elde edilen sonuçların bu çalışmadaki sonuçlarla karşılaştırılabilir. Ayrıca, bu çalışmada ele alınan modelin özel hastaneler ve diğer kamu hastaneleri için ne kadar geçerli olduğunu değerlendirmesine yönelik çalışmalar da yapılabilir.

Kaynaklar (References)

1. Marques, L., Martins, M., Araújo, C., The healthcare supply network: current state of the literature and research opportunities, *Production Planning & Control*, 31 (7), 590–609, 2020.
2. Zamiela, C., Hossain, N.U.I., Jaradat, R., Enablers of resilience in the healthcare supply chain: A case study of U.S healthcare industry during COVID-19 pandemic, *Research in Transportation Economics*, 93, 101174, 2022.
3. Rakovska, M. A., Stratieva, S. V., A taxonomy of healthcare supply chain management practices, *Supply Chain Forum: An International Journal*, 19 (1), 4-24, 2018.
4. Dixit, A., Routroy, S., Dubey, S. K., A systematic literature review of healthcare supply chain and implications of future research, *International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Marketing*, 13 (4), 405–435, 2019.
5. Mustaffa, N. H., Potter, A., Healthcare supply chain management in Malaysia: A case study, *Supply Chain Management*, 14 (3), 234–243, 2009.
6. Fallahnezhad, M., Langarizadeh, M., Vahabzadeh, A., Key performance indicators of hospital supply chain: a systematic review, *BMC Health Serv Res*, 24, 1610, 2024.
7. de Vries, J., Huijsman, R., Supply chain management in health services: An overview, *Supply Chain Management: An International Journal*, 16 (3), 159–165, 2011.
8. Moons, K., Waeyenbergh, G., Pintelon, L., Measuring the logistics performance of internal hospital supply chains – A literature study, *Omega*, 82, 205–217, 2019.
9. Maestrini, V., Luzzini, D., Maccarrone, P., Caniato, F., Supply chain performance measurement systems: A systematic review and research agenda, *Int. J. Prod. Econ.*, 183, 299–315, 2017.
10. Rossetti, M. D., Selandari, F. Multi-objective analysis of hospital delivery systems, *Comput. Ind. Eng.*, 41 (3), 309–333, 2001.
11. Hassan, T., Baboli, A., Guinet, A., Leboucher, G., Brandon, M.T., Re-Organizing the Pharmaceutical Supply Chain Downstream:

- Implementation A New Pharmacy. IFAC Proceedings, 39 (3), 727–732, 2006.
12. Di Martinelly, C., Riane, F., Guinet, A., A porter-scor modelling approach for the hospital supply chain, *International Journal of Logistics Systems and Management*, 5 (3–4), 436–456, 2009.
13. Hoer, S., Kritchanchai, D., Key Performance Indicator Framework for Measuring Healthcare Logistics in ASEAN, *Toward Sustainable Operations of Supply Chain and Logistics Systems*, Editör: Kachitvichyanukul, V., Sethanan, K., Golinska- Dawson, P. (eds) Eco Production. Springer, Cham, 37-50, 2015.
14. De Pourcq, K., Gemmel P., Trybou, J., Measuring process performance in hospitals, 22th International Conference of European Operations Management Association (EUROMA), Barcelona-Spain, 1-10, 28.06 – 01.07.2015.
15. Feibert, D. C., Jacobsen, P., Measuring process performance within healthcare logistics-a decision tool for selecting track and trace technologies. *Academy of Strategic Management Journal*, 14, 33-57, 2015.
16. Scholz, S., Ngoli, B., Flessa, S., Rapid assessment of infrastructure of primary health care facilities - A relevant instrument for health care systems management Organization, structure and delivery of healthcare. *BMC Health Services Research*, 15 (1), 1–10, 2015.
17. Supeekit, T., Somboonwivat, T., Kritchanchai, D., DEMATEL-modified ANP to evaluate internal hospital supply chain performance, *Comput. Ind. Eng.*, 102, 318–330, 2016.
18. Kritchanchai, D., Hoer, S., Engelseth, P., Develop a strategy for improving healthcare logistics performance, *Supply Chain Forum: An International Journal*, 19 (1), 55-69, 2018.
19. Mirghafoori, S. H., Sharifabadi, A. M., Takalo, S. K., Development of causal model of sustainable hospital supply chain management using the Intuitionistic Fuzzy Cognitive Map (IFCM) method, *Journal of Industrial Engineering and Management*, 11 (3), 588–605, 2018.
20. Longaray, A., Ensslin, L., Ensslin, S., Alves, G., Dutra, A., Munhoz, P., Using MCDA to evaluate the performance of the logistics process in public hospitals: the case of a Brazilian teaching hospital, *Int. Tran. Oper. Res.*, 25(1), 133-156, 2018.
21. Moons, K., Waeyenbergh, G., Pintelon, L., Timmermans, P., De Ridder, D., Performance indicator selection for operating room supply chains: An application of ANP, *Oper. Res. Health Care*, 23, 100229, 2019.
22. Gedam, V., Raut, R., Inamdar, Z., Narkhede, B., Dharaskar, S., Narvane, V., COVID-19 critical success factors in Indian healthcare industry—A DEMATEL approach. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 29 (1-2), 135-149, 2022.
23. Soto Lopez, D., Garshasbi, M., Kabir, G., Bari, A. M., Ali, S. M., Evaluating interaction between internal hospital supply chain performance indicators: a rough-DEMATEL-based approach, *International Journal of Productivity and Performance Management*, 71 (6), 2087-2113, 2022.
24. Dolatabad, H.A., Mahdiraji, H.A., Babgohari, A.Z., Arturo Garza-Reyes, J., Ai, A. Analyzing the key performance indicators of circular supply chains by hybrid fuzzy cognitive mapping and Fuzzy DEMATEL: evidence from healthcare sector. *Environ. Dev. Sustainability*, 1–27, 2022.
25. Senna, P., Reis, A., Marujo, L. G., Ferro de Guimarães, J. C., Severo, E. A., dos Santos, A. C. de S. G., The influence of supply chain risk management in healthcare supply chains performance. *Production Planning & Control*, 35 (12), 1368–1383, 2023.
26. Karacaer, B., Özyörük, B., Hastane Tedarik Zinciri Yönetiminde Anahtar Performans Göstergesi Belirlenmesine Yönelik Bir Ölçek Geliştirilmesi, *Savunma Bilimleri Dergisi*, 20 (2), 237-252, 2024.
27. Karaca M., Demirtaş Ö., Delice Y., A model proposal for the evaluation of hospital service quality based on fuzzy swara and fuzzy fucom methods. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 40(2), 1385-1400, 2025.
28. Gul, M., Ak, M. F., A comparative outline for quantifying risk ratings in occupational health and safety risk assessment. *J. Cleaner Prod.*, 196, 653–664, 2018.
29. Ilbahar, E., Karaslan, A., Cebi, S., Kahraman, C., A novel approach to risk assessment for occupational health and safety using Pythagorean fuzzy AHP & fuzzy inference system, *Saf. Sci.*, 103, 124–136, 2018.
30. Karasan, A., Erdogan, M., Cinar, M., Healthcare service quality evaluation: An integrated decision-making methodology and a case study. *Socio-Economic Planning Sciences*, 82, 101234, 2022.
31. Yucesan, M., Gul, M., Hospital service quality evaluation: an integrated model based on Pythagorean fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS, *Soft Comput.*, 24 (5), 3237–3255, 2020.
32. Bulut, M., Özcan, E., Integration of Battery Energy Storage Systems into Natural Gas Combined Cycle Power Plants in Fuzzy Environment, *J. Energy Storage*, 36, 102376, 2021.
33. Desticioglu Tasdemir, B., Kumcu, S., Ozyoruk, B., Comparison of e-commerce sites with pythagorean fuzzy AHP and TOPSIS methods. *International Conference on Intelligent and Fuzzy Systems 2023*, İstanbul-Türkiye, 327-335, Cham: Springer Nature Switzerland, 22-24 August, 2023.
34. Yürek, Y. T., Özyörük, B., Özcan, E., Bulut, M., Socio-political evaluation of renewable energy resources under uncertain environment, *Eng. Appl. Artif. Intell.*, 126, 106881, 2023.
35. Desticioglu Tasdemir, B., Locating Emergency Stations Using Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) Methods: Application of Ankara Province, *The Eurasia Proceedings of Science Technology Engineering and Mathematics*, 28, 448-461, 2024.
36. Erik A., Kuvvetli Y., Fuzzy multi-criteria decision-making framework for digital marketing integration evaluation of manufacturing facilities, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 40 (3), 1689-1703, 2025.
37. Adunlin, G., Phd, M. A., Diaby, V., Xiao, H., Candidate, P., Application of multicriteria decision analysis in health care: a systematic review and bibliometric analysis, *Health Expectations*, 18 (6), 1894–1905, 2015.
38. Atanassov, K.T., Intuitionistic fuzzy sets, *Fuzzy Sets and Systems*, 20 (1), 87–96, 1986.
39. Yager, R. R., Pythagorean membership grades in multicriteria decision making, *IEEE Trans. Fuzzy Syst.*, 22 (4), 958–965, 2014.
40. Zhang, X., Xu, Z., Extension of TOPSIS to Multiple Criteria Decision Making with Pythagorean Fuzzy Sets, *Int. J. Intell. Syst.*, 29 (12), 1061–1078, 2014.
41. Desticioglu Tasdemir, B., & Asilogullari Ayan, M., Sustainable Supplier Selection in the Defense Industry with Multi-criteria Decision-Making Methods, 12th International Symposium on Intelligent Manufacturing and Service Systems, Sakarya-Ankara, 95-106, Singapore: Springer Nature Singapore, 26-28 May, 2023.
42. Bulut, M., Ozcan, E., Ranking of advertising goals on social network sites by Pythagorean fuzzy hierarchical decision making: Facebook, *Eng. Appl. Artif. Intell.*, 117, 105542, 2023.
43. Yıldırım, M., Karakaya, Ö., Altan, İ. M., TOPSIS yönteminde maliyet ve karlılık oranlarının kullanılmasıyla finansal performansın ölçümü: Ana metal sanayi sektöründen bir şirket örneği, *Gazi İktisat ve İşletme Dergisi*, 5 (3), 170-181, 2019.

