

HASTANELERİN AFETE HAZIRLIĞI İÇİN ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME MODEL ÖNERİLERİ

Gizem Taşdemir^{1*}, Kerem Ciddi^{2**}

¹Endüstri Mühendisliği / Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Türkiye

² Endüstri Mühendisliği / Mühendislik Fakültesi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Türkiye

* (gizem.tasdemir0@ogr.dpu.edu.tr) Yazışma yazarının mail adresi

Özet – Afetler öngörülemez ve yıkıcı etkileri oldukça fazla olabilen olaylar olmuştur. Fakat afetlere hazırlıklı olmak ve verebileceği zararları en aza indirmek için alınacak önlemler ile mümkün kılınmıştır. Afet durumlarında, sağlık kuruluşları büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, hastanelerin afetlere hazırlığı problemi için çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden olan AHP ve DEMATEL metotları kullanılarak bir model önerisi geliştirilmeye çalışılmıştır.

AHP (Analytic Hierarchy Process) ile kriter ağırlıkları belirlenmiş ve önem dereceleri hesaplanmıştır. Bu model önerisinde, DEMATEL yöntemi ile kriterler arasındaki ilişkiler ortaya koyulmuştur. Sonuç olarak, AHP ve DEMATEL yöntemlerinin kullanımı, hastanelerin afete hazırlığıyla ilgili model önerileri geliştirmek için oldukça fayda sağlamıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda insan kaynakları ve eğitim ana kriteri ve onu izleyen acil durum yönetim ekiplerinin planlanması alt kriterinin büyük önem taşıdığı sonucuna varılmıştır. Hastanelerin afete hazırlık durumlarını arttırması ve iyi bir koordinasyon ekibi oluşturması, afet esnası ve sonrasında daha iyi hizmet verebilmelerini sağlayacağı öngörülmüştür.

Anahtar Kelimeler – Afet, Afet Yönetimi, Hastanelerin Afete Hazırlığı, Çok Kriterli Karar Verme(ÇKKV), The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory Method(DEMATEL), Analitik Hiyerarşi Prosesi(AHP)

I. GİRİŞ

Afet (*ing. disaster*), “Toplumun tamamı veya belli kesimleri için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar doğuran, normal hayatı ve insan faaliyetlerini durduran veya kesintiye uğratan, etkilenen toplumun baş etme kapasitesinin genelde yeterli olmadığı doğa, teknoloji veya insan kaynaklı olay. Afet bir olayın kendisi değil, doğurduğu sonuç” olarak tanımlanmaktadır [2]. Afetler meydana geliş şekli itibariyle ne zaman gerçekleşeceği öngörülemez ve tahmin edilemez olaylar olarak nitelendirilmektedir. Fakat afet sürecine hazırlanarak meydana gelebilecek potansiyel risk ve kayıpları azaltmak mümkündür. Afetlere hazırlık aşamasında önemli bir yere sahip olan sağlık kuruluşları ve hastanelerin organizasyonel olarak müdahale ve uygulamaya

sürekli hazır halde bulunmaları sürecin doğru işlemesi açısından hayati bir konudur [10]. Sağlık sisteminin içerisindeki en temel unsurlardan biri olan hastaneleri herhangi bir kurum olarak değerlendirmek mümkün değildir. Gerek hayatın olağan akışında gerekse afet gibi olağan üstü durumlarda hastanelerin işlevi başka kurum ve iş kolları ile ikame edilemeyeceğinden dolayı hayati bir öneme sahiptir. Bu yönüyle hastaneler afetlere sürekli şekilde hazır olmak durumundadır [2].

Son dönemde dünyada ve ülkemizde meydana gelen afet olayları, sağlık sistemi ve hastanelerin bu süreçteki önemini anlaşılmaması ve gündeme gelmesi açısından önemli eşiklerdir. Zira tüm dünyayı etkisi altına alınan COVID-19 pandemi sürecinin sağlık sistemi ve hastanelerin afete

hazırlık durumundaki eksikliklere ve yetersizliklere küresel çapta dikkat çektiğini görmekteyiz [7]. Yine deprem kuşağı üzerinde bulunan ülkemizdeki önemli örnekler, 17 Ağustos 1999 tarihinde meydana gelen İzmit Depremi, 11 ilimizi ve milyonlarca insanı etkileyen 6 Şubat 2023 tarihinde dokuz saat arayla meydana gelen iki büyük deprem başta olmak üzere, hastanelerin afetlerdeki hayati işlevini ve afete sürekli hazırlıklı olmaları gerekliliğini yıkıcı etkileriyle bizlere göstermiştir.

Bu çalışmada, hastanelerin afetlere hazırlığı aşamasında insan kaynakları ve eğitim, acil durum planlama ve müdahale, iletişim ve koordinasyon, fiziksel altyapı, iş sürekliliği planlaması kriterleri belirlenerek [19], çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden olan The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory Method (DEMATEL) ve AHP (Analytic Hierarchy Process) metotları kullanılarak bir model önerisi geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu model önerisinde, DEMATEL yöntemi ile kriterler arasındaki ilişkiler ortaya koyulurken, AHP metodu ile ana kriter ve alt kriter ağırlıkları arasındaki ilişkiler bulunup önem dereceleri hesaplanmıştır. Bu iki yöntemin birbirini desteklemesi hedeflenmiştir. Afet durumlarına fayda sağlayacak bir model önerisi sonucuna varılması amaçlanmıştır.

Çalışma dört bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde çalışmada kullanılan yöntemler tanıtılmıştır. Üçüncü bölümde hastanelerin afete hazırlığının önemi kavramı ve bu problemdeki kriterler tanımlanmış ve uygulama esnasında faydalanılan metotlarından AHP ve DEMATEL yöntemleri açıklanmış ve bir model önerisi hesapları yapılmıştır. Son bölümde problemin çözümünde çıkan sonuçlar ile önerilerde bulunulmuştur.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Çok kriterli karar verme yöntemleri literatürde karar vericilerin büyük boyutlu olduğu problemlerde kullanılmaktadır. Problemler üzerinde çok sayıda karar verici etkileri olduğundan daha verimli sonuçlar elde etmek için çok kriterli karar verme yöntemlerine başvurulmaktadır. Çeşitli çok kriterli karar verme

yöntemleri mevcuttur. Bu çalışma özelinde AHP ve DEMATEL yöntemleri incelenmiştir.

AHP (Analytic Hierarchy Process) yönteminde, kriterler arası faktörleri değerlendirerek öncelikli kriterlerin seçiminin yapılması amaçlanmıştır.

Adım 1: Problem tanımı yapılır, ana kriter ve alt kriterler belirlenir.

Adım 2: Tüm kriterler arasında ikili karşılaştırma matrisleri belirlenerek önem dereceleri belirtilir.

Adım 3: Oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi normalize matrise dönüştürülür.

Adım 4: Matrisleri tutarlılık analizi yapılır. tutarlılık oranı hesaplanır. (Tutarlılık oranı=tutarlılık indeksi/rastgele tutarlılık indeksi) matrisin tutarlı olabilmesi için oran 0,10 değerinin altında olmalıdır.

DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory Method) yönteminde ise, kriterlerin birbiri üzerindeki etkisini görmek amaçlanmıştır.

Adım 1: Kriterler belirlenir. Dematel yönteminin sayısal değer dilsel ifade karşılık tablosu oluşturulur.

Adım 2: Direk ilişki matrisi oluşturulur.

Adım 3: Normalize direk ilişki matrisi oluşturulur.

Adım 4: Birim matris oluşturularak normalize direk ilişki matrisi ve birim matris arasındaki fark matrisi hesaplanır.

Adım 5: İlişki ve etki değerlerinin belirlenebilmesi için D ve R değerleri hesaplanır ve $T=X(I-X)^{-1}$, $W\bar{I}=\sqrt{(D_i+R_i)^2+(D_i-R_i)^2}$ formülleri ile son olarak seçeneklerin ağırlıklandırılması hesaplanır.

III. BULGULAR

Tanımlanan problemin gerekli araştırmalar dahilinde ve uzman görüşleri göz önüne alınarak ana kriterleri ve alt kriterleri belirlenmiştir. Kriterler belirlendikten sonra birbirinden ayrı olarak Çok kriterli Karar Verme Yöntemlerinden olan AHP ve DEMATEL yöntemleri belirlenen kriterlere uygulanmıştır.

A. Problemin Tanımlanması

Bu çalışmada hastanelerin afet durumuna daha hazır olabilmesi için kriterler değerlendirilmiştir. Hastanelerin afet durumlarında daha etkin

çalışabilmeleri için hangi kriterlerin daha önemli ve öncelikli olduğu değerlendirilmiştir. Kriterler belirlenirken gerekli araştırmalar yapılmış ve konu hakkında bilgili uzmanlara danışılmıştır. Problemin çözümü için AHP ve DEMATEL yöntemlerine başvurulmuştur.

B. Kriterlerin Tanımlanması

1. İnsan Kaynakları ve Eğitim

Afet hazırlık durumu için insan kaynakları ve eğitim kriteri yapılan çalışma için uzman görüşlerine de dayanarak oldukça önemli kriterlerden biridir. Bu kriter sayesinde çalışanların afet durumları için eğitilmesi ayrıca kullanılacak ekipman eğitimi almaları tüm kriterlerin temelini oluşturduğu öngörülmektedir. Aşağıda ana kritere de açıklayıcı olacak alt kriterler sıralanmıştır:

Acil durum eğitim programları (ADEP)
Personel sayısı ve dağılımı (PSD)
Acil durum yönetimi ekipleri (ADYE)

2. Acil Durum Planları

Acil durum planları kriteri her afet durumu için önemli ve kesinlikle olması gereken kriterler arasındadır. Afet durumları esnasında ve sonrasında daha önceden yapılan planlamalar neler yapılacağına dair çalışanların ve sivil halkın acil durumlarda nelere yapması konusunda bilinçlendirir. Olası herhangi bir acil durumunda var olan güncel planlamalar afet süreç yönetimine oldukça etkili olmaktadır. Aşağıda ana kritere de açıklayıcı olacak alt kriterler sıralanmıştır:

Afet durumunda güncel acil durum planları (GADP)
Tatbikatların periyodik olarak yapılması (TPOP)
Tatbikat sonrası durumların değerlendirilmesi (TSDD)

3. İletişim ve Koordinasyon

İletişim ve koordinasyon sadece afet durumu özeli olmaksızın tüm plan proje ve insan ilişkilerinde önemli rol oynayan bir ana kriterdir. Planlar ve ekipler arası iletişim ve koordinasyonun sağlanması güncel bilgi aktarımı durumlarını ifade etmektedir. Aşağıda ana kritere de açıklayıcı olacak alt kriterler sıralanmıştır:

Acil durum iletişim planları (ADİP)

Hastane içi ve hastane dışı iletişim kanalları (HİHDİ)

İletişim araçlarının güncelliği (İAG)

4. Fiziksel Altyapı

Söz konusu afet olduğunda afet türü fark etmeksizin hastanelerin bina dayanıklılığı konumu acil durumlara fiziki elverişliliği büyük önem taşır. Bu kriter bu özelliklere değinmektedir. Aşağıda ana kritere de açıklayıcı olacak alt kriterler sıralanmıştır:

Bina dayanıklılığı (BD)

Acil çıkış ve kaçış yolları (AÇKY)

Acil durum ekipmanları (ADE) (örneğin, jeneratörler, acil aydınlatma, yangın söndürme)

5. İş Sürekliliği Planlanması

İş sürekliliği planlaması, afet sonrası gerekli tıbbi malzemelerin stokları ve olası elektrik kesintilerin gerçekleşmesine karşı planlamaların yapılması gerektiği önemli bir kriterdir. Aşağıda ana kritere de açıklayıcı olacak alt kriterler sıralanmıştır:

Veri yedekleme ve kurtarma sistemi (VYKS)
Elektrik kesintilerine karşı önlemler (EKKÖ)
Acil tıbbi malzeme stokları (ATMS)

Yapılan çalışmada hastane çalışanlarının acil afet üzerine aldığı eğitimle, bakanlık tarafından belirlenen sağlıkta kalite standartları prosedürleri ve yetkili kişilerin yönlendirmeleri dikkate alınarak kriterler ve kriterlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Kriterlerin birbiri üzerindeki etkisi ve önem sırası belirlenmesi ve afete hazırlık aşamalarına faydalı bir çalışma olması amaçlanmıştır. Hesaplama işlemleri sırasında Microsoft Excel yazılımından faydalanılmıştır.

Tablo 1. Ana ve Alt Kriterler Tablosu

Ana Kriterler	Alt Kriterler
K1: İnsan Kaynakları ve Eğitim (İKE)	Acil durum eğitim programları (ADEP)
	Personel sayısı ve dağılımı (PSD)
	Acil durum yönetimi ekipleri (ADYE)
K2: Acil Durum Planları (ADP)	Afet durumunda güncel acil durum planları (GADP)
	Tatbikatların periyodik olarak yapılması (TPOP)
	Tatbikat sonrası durumların değerlendirilmesi (TSDD)

K3: İletişim ve Koordinasyon (İKO)	Acil durum iletişim planları (ADİP)
	Hastane içi ve hastane dışı iletişim kanalları (HİHDİ)
	İletişim araçlarının güncelliği (İAG)
K4: Fiziksel Alt Yapı (FAY)	Bina dayanıklılığı (BD)
	Acil çıkış ve kaçış yolları(AÇKY)
	Acil durum ekipmanları (ADE)
K5: İş Sürekliliği Planlaması (İŞP)	Veri yedekleme ve kurtarma sistemi (VYKS)
	Elektrik kesintilerine karşı önlemler (EKKÖ)
	Acil tıbbi malzeme stokları (ATMS)

Tablo 3. Ana Kriterler için Kriter Ağırlıkları (W) Matrisi

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	Kriter ağırlıkları(W)
K1	0,523	0,582	0,400	0,457	0,400	0,472
K2	0,262	0,291	0,457	0,326	0,350	0,337
K3	0,075	0,036	0,057	0,130	0,050	0,070
K4	0,075	0,049	0,029	0,0652	0,150	0,073
K5	0,065	0,042	0,057	0,022	0,050	0,047
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

C. Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesinde AHP (Analytic Hierarchy Process) Yöntemi Uygulaması

Bu çalışmada, belirlenen kriterler arasında ilk olarak amacın belirlenmesi için ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Ardından oluşturulan kara matrisinin normalize karar matrisi oluşturulup kriter ağırlıkları hesaplanır.

Belirlenen ana kriterler ve alt kriterler arasında ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. Oluşturulan ikili matrisler ışığında normalize karar matrisleri oluşturulur. Oluşturulan normalize matrisler sonucunda kriter ağırlıkları hesaplanır. X değeri ikili karşılaştırma matrisi ve normalize karar matrisinden hesaplanan kriter ağırlıklarının matris çarpımı sonucu ortaya çıkar. λ max değerine ulaşabilmek adına X değerinin eski kriter ağırlıklarına bölünmesi ile oluşmaktadır. Tutarlılık oranını hesaplayabilme adına $CI = \lambda \max - n / n - 1$ formülü kullanılır. CR değeri ise matrisin tutarlılığını temsil eder. $CR = CI / RI$ oranı çıkan sonucun tutarlılığını belirlemek için kullanılan sonuç formülüdür. Bu işlemler sırasıyla tüm kriterler ve tüm alt kriterlere uygulanmaktadır.

Tablo 2. Amaç için Ana Kriterler Arası İkili Karşılaştırma Matrisi

Amaç	K1	K2	K3	K4	K5
K1	1	2	7	7	8
K2	1/2	1	8	5	7
K3	1/7	1/8	1	2	1
K4	1/7	1/6	1/2	1	3
K5	1/8	1/7	1	1/3	1
Toplam	1,911	3,435	17,500	15,333	20,000

Tablo 4. Ana Kriterler için Normalize Karar (X) Matrisi

X=A*W	(W)	X/Wi
2,526	0,472	5,348
1,829	0,337	5,423
0,373	0,070	5,354
0,374	0,073	5,088
0,249	0,047	5,270
	$\lambda \max =$	5,296

$$CI = \lambda \max - n / n - 1 = 0,074 \quad RI = 1,12$$

$CR = CI / R$ $CR = 0,066 < 0,10$ olduğu için matris tutarlıdır.

Tablo 5. İnsan Kaynakları ve Eğitim Alt Kriterleri için Karşılaştırma Matrisi

Amaç	ADEP	PDY	ADYE
ADEP	1	1/5	1/7
PSD	5	1	1/2
ADYE	7	2	1
Toplam	13,000	3,200	1,643

Tablo 6. K1 Kriteri için Alt Kriterler Kriter Ağırlıkları (W) Matrisi

Kriterler	A1	A2	A3	Kriter ağırlıkları(W)
A1	0,077	0,063	0,087	0,075
A2	0,385	0,313	0,30	0,334
A3	0,538	0,625	0,609	0,591
	1,00	1,00	1,00	1,00

Tablo 7. K1 Kriteri için Alt Kriterler Normalize Karar (X) Matrisi

X=A*W	(W)	X/Wi
0,227	0,075	3,022
1,006	0,334	3,013
1,787	0,591	3,023
	λ_{max} =	3,019

$$CI = \lambda_{max} - n / (n - 1) = 0,010 \quad RI = 1,12$$

CR=CL/R CR= 0,009 < 0,10 olduğu için matris tutarlıdır.

Tablo 8. Acil Durum Planları(ADP) ve Tatbikatlar Alt Kriterleri için İkili Karşılaştırma Matrisi

Amaç	GADP	TPOP	TSDD
GADP	1	1/6	1/4
TPOP	6	1	1/2
TSDD	4	2	1
Toplam	11,000	3,167	1,750

Tablo 9. K2 Ana Kriteri için Kriter Ağırlıkları (W) Matrisi

Kriterler	A1	A2	A3	Kriter ağırlıkları(W)
A1	0,091	0,053	0,143	0,095
A2	0,545	0,316	0,29	0,382
A3	0,364	0,632	0,571	0,522
	1,000	1,000	1,000	1,000

Tablo 10. K2 Ana Kriteri için Normalize Karar (X) Matrisi

X=A*W	(W)	X/Wi
0,290	0,0955	3,035
1,216	0,3823	3,181
1,669	0,5222	3,195
	λ_{max} =	3,137

$$CI = \lambda_{max} - n / (n - 1) = 0,0686 \quad RI = 1,12$$

CR=CL/R CR= 0,0612 < 0,10 olduğu için matris tutarlıdır.

Tablo 11. İletişim ve Koordinasyon Alt Kriterleri için İkili Karşılaştırma Matrisi

Amaç	ADİP	HİHDİ	İAG
ADİP	1	1/5	1/7
HİHDİ	5	1	1/2
İAG	7	2	1
Toplam	13,000	3,200	1,643

Tablo 12. K3 Ana Kriteri için Kriter Ağırlıkları (W) Matrisi

Kriterler	A1	A2	A3	Kriter ağırlıkları(W)
A1	0,077	0,063	0,087	0,075
A2	0,385	0,313	0,30	0,334
A3	0,538	0,625	0,609	0,591
	1,000	1,000	1,000	1,000

Tablo 13. K3 Ana Kriteri için Normalize Karar (X) Matrisi

X=A*W	(W)	X/Wi
0,22661252	0,075	3,003
1,00647993	0,334	3,015
1,78658027	0,591	3,024
	λ_{max} =	3,014

$$CI = \lambda_{max} - n / (n - 1) = 0,007 \quad RI = 1,12$$

CR=CL/R CR= 0,006 < 0,10 olduğu için matris tutarlıdır.

Tablo 14. Fiziksel Alt Yapı Alt Kriterleri için İkili Karşılaştırma Matrisi

A	BD	AÇKY	ADE
BD	1	1/5	1/7
AÇKY	5	1	1/2
ADE	7	2	1
Toplam	13,000	3,200	1,643

Tablo 15. K4 Ana Kriteri için Kriter Ağırlıkları (W) Matrisi

Kriterler	A1	A2	A3	Kriter ağırlıkları(W)
A1	0,077	0,063	0,087	0,075
A2	0,385	0,313	0,30	0,334
A3	0,538	0,625	0,609	0,591
	1,000	1,000	1,000	1,000

Tablo 16. K4 Ana Kriteri için Normalize Karar (X) Matrisi

X=A*W	(W)	X/Wi
0,227	0,075459866	3,003
1,006	0,33382107	3,015
1,787	0,590719064	3,024
	λ_{max} =	3,014

$$CI = \lambda_{max} - n / (n - 1) = 0,007 \quad RI = 1,12$$

CR=CL/R CR= 0,006 < 0,10 olduğu için matris tutarlıdır.

Tablo 17. İş Sürekliliği Planlaması Alt Kriterleri için İkili Karşılaştırma Matrisi

A	VYKS	EKKÖ	ATMS
VTKS	1	1/4	1/8
EKKÖ	4	1	1/3
ATMS	8	3	1
Toplam	13,000	4,250	1,458

Tablo 18. K5 Ana Kriteri için Kriter Ağırlıkları (W) Matrisi

Kriterler	A1	A2	A3	Kriter ağırlıkları(W)
A1	0,077	0,059	0,086	0,074
A2	0,308	0,235	0,23	0,257
A3	0,615	0,706	0,686	0,669
	1,000	1,000	1,000	1,000

Tablo 19. K5 Ana Kriteri için Normalize Karar (X) Matrisi

X=A*W	(W)	X/Wi
0,221741004	0,0738	3,004
0,775465058	0,2572	3,015
2,031113984	0,6690	3,036
	$\lambda_{max}=$	3,018

$$CI = \lambda_{max} - n / n - 1 = 0,009 \quad RI = 1,12$$

$$CR = CI / R \quad CR = 0,008 < 0,10 \text{ olduğu için}$$

matris tutarlıdır.

Tablo 20. Ana kriter ve alt kriter ağırlık değerleri

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5
r	0,472	0,337	0,07	0,073	0,047
Alt Kriterler	ADEP (0,285)	GADP (0,325)	ADİP (0,311)	BD (0,391)	VYKS (0,461)
	PSD (0,395)	TPOP (0,452)	HİHDİ (0,263)	AÇKY (0,426)	EKKÖ (0,392)
	ADYE (0,320)	TSDD (0,223)	İAG (0,426)	ADE (0,183)	ATMS (0,147)

Ana kriterler ve alt kriterler için yapılan işlemler sonucu AHP yöntemi ile ağırlıklar elde edilmiştir. 0,472 oranıyla 1. Kriter (İnsan Kaynakları ve Eğitim) en önemli ağırlıklı değere sahip kriter olarak çıkmıştır. Kriter 1'i 0,337 oranıyla acil durum planlama ve müdahale takip ederken 0,073 oranıyla fiziksel alt yapı, 0,070 oranıyla iletişim ve koordinasyon ve son olarak 0,047 oranıyla iş sürekliliği planlaması kriteri olmuştur.

D. Dematel (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory Method) Yöntemiyle Kriterlerin Birbiri Üzerinde Etkisini Belirleme

Dematel yöntemi ile kriterlerin birbiri üzerindeki etkilerinin ayrıntılı bir şekilde incelenmesi planlanmıştır. Karar verme sürecinde dematel yönteminin büyük etkisi gözlemlenmiştir.

İlk olarak, direk ilişki matrisinin belirlenmesi için kriterlerin önem derecesi uzaman kişilere danışılarak ve görüşleri dikkate alınarak değerler belirlenmiş ve matris oluşturulmuştur. Çıkan matris sonucunda satır ve sütunlardaki en büyük değer ve bunların arasından en büyük değer seçilerek "k" değeri bulunur. Bunun sonucunda direk ilişki matrisi değerleri bu "k" değerine bölünerek normalize direk matrisi oluşturulur ve kriter ağırlıkları hesaplanır. Sonrasında, bir birim matris oluşturulur. Diğer aşamada birim matrsten normalize direk karar matrisi değerleri çıkarılır ve matrisin tersi alınarak toplam ilişki matrisi hesaplanmış olur. Daha sonra satır ve sütun değerleri toplanarak Di ve Ri değerleri bulunur. Bu değerlerin toplamları ve farkları bize yeni değerler verir ve bu değerler oluşturulacak grafik eksen değerlerini verir.

Kriterler:

K1: İnsan Kaynakları ve Eğitim

K2: Acil Durum Planlama ve Müdahale

K3: İletişim ve Koordinasyon

K4: Fiziksel Altyapı

K5: Acil Durum Tatbikatları

Problem özelinde 5 ana kriter belirlenmiştir. Belirlenen bu kriterle uzmanlar ve bakanlık tarafından hazırlanan sağlıkta kalite standartları yazısı ele alınarak yapılmıştır.

Tablo 21. Dematel Yönteminin Sayısal Değer Dilsel İfade Karşılığı

Sayısal Değer	Dilsel İfade
0	Etkisi Yok
1	Düşük Etki
2	Orta Etki
3	Yüksek Etki
4	Çok Yüksek Etki

Dematel yönteminde uzmanlardan alınan sözel geri dönüşel ifadelerin sayısal karşılıkları yukarıdaki tabloda gözlemlenmiştir.

Tablo 22. Direk İlişki Matrisi

A	K1	K2	K3	K4	K5	Toplam
K1	0	4	4	4	4	16
K2	2	0	4	1	2	9
K3	1	2	0	1	2	6
K4	3	3	2	0	3	11
K5	2	1	3	2	0	8
Toplam	3	10	13	8	11	<i>max:16</i>
<i>max:13</i>						<i>k=1/16</i>

Tablo 23. Normalize Direkt İlişki Matrisi

X	K1	K2	K3	K4	K5
K1	0	0,250	0,25	0,25	0,25
K2	0,125	0	0,250	0,063	0,125
K3	0,063	0,125	0	0,063	0,125
K4	0,188	0,188	0,125	0	0,1875
K5	0,125	0,063	0,1875	0,125	0

Tablo 24. Birim Matris

I	K1	K2	K3	K4	K5
K1	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
K2	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000
K3	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000
K4	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000
K5	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000

Tablo 25. Birim Matris ve Normalize Direkt İlişki Matrisi Arasındaki Fark Matrisi

I-X	K1	K2	K3	K4	K5
K1	1,000	-0,250	-0,250	-0,250	-0,250
K2	-0,125	1,000	-0,250	-0,063	-0,125
K3	-0,063	-0,125	1,000	-0,063	-0,125
K4	-0,188	-0,188	-0,125	1	-0,188
K5	-0,125	-0,063	-0,188	-0,125	1

Tablo 26. Fark Matrisi Ters

(I-X) ⁻¹	K1	K2	K3	K4	K5
K1	1,251	0,505	0,595	0,448	0,534
K2	0,249	1,173	0,437	0,201	0,301
K3	0,162	0,231	1,164	0,158	0,244
K4	0,348	0,386	0,409	1,188	0,409
K5	0,246	0,228	0,371	0,247	1,183

Tablo 27. Dematel Uygulaması Sonuç Matrisi

T	K1	K2	K3	K4	K5
K1	0,251	0,505	0,595	0,448	0,53431 1192
K2	0,249	0,173	0,437	0,201	0,30127 9087
K3	0,162	0,231	0,164	0,158	0,24443 5619
K4	0,34763 3064	0,38623 9615	0,40861 1394	0,188	0,40895 9593
K5	0,24576 3127	0,22798 3221	0,37100 5914	0,247	0,18257 0469
Rİ	1,256	1,523	1,976	1,242	1,672

$$T=X(I-X)^{-1} \quad W_i=\sqrt{(D_i+R_i)^2+(D_i-R_i)^2}$$

Formülü yardımıyla seçeneklerin ağırlıklandırılması hesaplanmıştır. Formülde kullanılan değerler en iyi, en kötü değerlerin kareleri toplamının ve farkının kareleri ile elde edilmiştir.

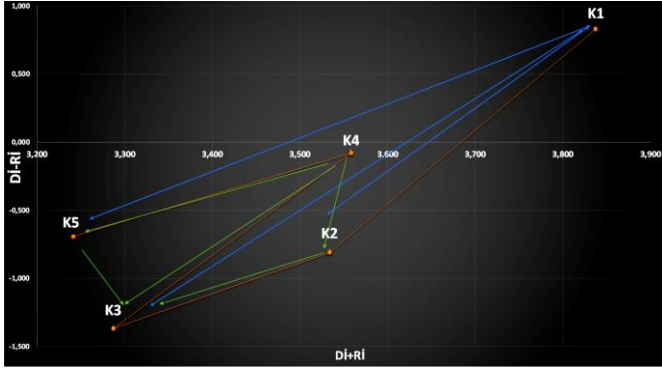
Alfa değeri 0,360 olarak belirlenmiştir. Alfa değeri Dematel yönteminde kullanılan bir parametredir. Matrisler arasında etkiyi anlamak ve çıkan sonucu doğrulamak için kullanılmış bir parametredir.

Tablo 28. Dematel Uygulaması Kriter Ağırlıkları Hesaplaması

Dİ	Rİ	Dİ+Rİ	Dİ-Rİ	Wi	Wi'
2,334	1,504	3,837	0,830	3,926	0,218
1,362	2,172	3,534	-0,810	3,625	0,202
0,959	2,328	3,287	-1,369	3,560	0,198
1,739	1,819	3,558	-0,080	3,559	0,198
1,274	1,967	3,241	-0,693	3,314	0,184
				17,985	1,000

Yapılan dematel uygulamasında kriterler arasındaki ilişki değerleri hesaplanmış olup en iyi ve en kötü değerler göz önüne alarak kriter ağırlıklarına ulaşılarak kriterlerin önem dereceleri

hesaplanmıştır. Bulunan kriter ağırlıkları toplamının 1 olması sonucun doğruluğunu göstermiş bulunmaktadır.



Şekil 1. Dematel Kriterler Arası İlişki Grafik Gösterimi

Dematel uygulama sonuç matrisinden elde edilen veriler kriterler arası ilişki grafiğinde yerine konulmuş ve grafik 1 oluşturulmuştur.

Oluşturulan grafikten çıkarılacak sonuç, K2, K3, K4 ve K5 değerlerinin K1 kriterinden etkilenmektedir. Yapılan çalışmada, DEMATEL yöntemi sonucunda K1 kriterinin diğer tüm kriterleri etkileyen önceliğinde olduğuna ulaşılmaktadır.

IV. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışma sonucunda, hastanelerin afete hazırlık durumu ile ilgili çeşitli kriterlerin değerlendirildiği bir model önerisi geliştirilebilmek adına DEMATEL ve AHP yöntemleri kullanılmıştır. Bu çalışmada 5 adet ana kriter kullanılmış ve her ana kriter için 3 adet alt kriter belirlenmiştir. Ana ve alt kriterlerin bulunduğu yapı Tablo 1.' de verilmiştir. Çalışmada, DEMATEL yönteminden kriterlerin birbiri üzerindeki etkisini gözlemlemek için yararlanılırken, AHP yöntemi tüm kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesine yol göstermiştir. İnsan kaynakları ve eğitim, acil durum planlama ve müdahale, iletişim ve koordinasyon, fiziksel altyapı, iş sürekliliği planlaması, hastanelerin afete hazırlığı ile ilgili belirlenen bu kriterlerin birbiri üzerindeki etkileri değerlendirilip, acil afet durumunda hızlı çözümler ve insani ihtiyaçların daha etkin karşılanabilmesi amaçlanmıştır.

Yapılan uygulamalar sonucunda en önemli kriterin “İnsan Kaynakları ve Eğitim” olduğu sonucuna ulaşılmıştır. “İnsan Kaynakları ve Eğitim” afet durumları için çalışanların eğitimi, kullanılacak ekipmanların eğitimi ve durum yönetimi açısından oldukça önemli olduğunu yapılan çalışmalar sonucunda da desteklemiştir. Bu ana kriterin 3 alt kriter desteklemektedir. Bunlar; “Acil Durum ve Eğitim Programları”, “Personel Sayısı ve Dağılımı”, “Acil Durum Yönetimi Ekipleri” şeklinde sıralanmıştır.

Problem ilk olarak AHP yöntemi ile çözülmüş ve kriterlerin önem derecelerine ve sıralamalarına ulaşılmıştır. Daha sonra DEMATEL yöntemi ile de çözülerek benzer sonuçlara varılmıştır. Tüm yapılan işlemler sonucunda en önemli kriterin “İnsan Kaynakları ve Eğitim” olduğu sonucuna varılmıştır. 0,472 oranıyla “İnsan Kaynakları ve Eğitim” en önemli ağırlıklı değere sahip kriter olarak bulunmuştur. 0,337 oranıyla “Acil Durum Planlama ve Müdahale” takip ederken 0,073 oranıyla “Fiziksel Altyapı, 0,070 oranıyla “İletişim ve Koordinasyon” ve son olarak 0,047 oranı ile “İş Sürekliliği Planlaması” kriteri olmuştur.

Yapılan çalışmaya öneri olarak, tüm hastanelerin belirlenen kriterlerin birbiri üzerindeki ağırlıklı etkilerini göz önüne alarak önlemler alınması ve gerekli düzenlemeler ve güncellemeleri aktif olarak yapıp afet sonrası sürece hazırlıklı olabilmesi önerilmektedir. Ayrıca, en önemli faktörün insani eğitim olduğu sonucu ışığında, çalışanların her konuda düzenli olarak eğitim ve seminerlere katılması önerilmektedir. Hastanelerin afete hazırlık durumlarını arttırması ve iyi bir koordinasyon ekibi oluşturması, afet sonrasında daha iyi hizmet verebilmelerini sağlayacağı öngörülmektedir. Bu model önerisinin tüm sağlık kuruluşlarına fayda sağlayacak bir çalışma olması planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] (2021) Sağlık Bakanlığı website. [Online]. Available: <https://www.saglik.gov.tr>
- [2] (2023) AFAD website. [Online]. Available: <https://www.afad.gov.tr/>

- [3] Alfaro-Saiz, J.-J., GÜL, M., Yucesan, M., Jiménez-Delgado, G., Ortiz-Barrios, M., and Jaramillo-Rueda, N., "A Fuzzy Hybrid MCDM Approach for Assessing the Emergency Department Performance during the COVID-19 Outbreak," *International Journal of Environmental Research and Public Health* vol.20.5 pp.4591, Mar. 2023.
- [4] Cheng, Lian Hua, Dong Qiang Cao, and Hui Min Guo. "Analysis of coal mine occupational disease hazard evaluation index based on AHP-DEMATEL." *Archives of Environmental & Occupational Health.*, Vol. 76.7, pp. 372-384, Jul. 2022.
- [5] Das, Debashree, et al. "Building supply chain resilience in the era of COVID-19: An AHP-DEMATEL approach." *Operations Management Research.*, vol.15.1, pp. 249-267, Jun. 2021.
- [6] Gupta, Shaili, and Daniel G. Federman. "Hospital preparedness for COVID-19 pandemic: experience from department of medicine at Veterans Affairs Connecticut Healthcare System." *Postgraduate medicine.*, vol.132.6, pp. 489-494, May.2020.
- [7] Hajbabaie, Mahdyeh, et al. "Model of ecological resilience in Hyrcanian forests that combines the decision-making trial and evaluation method (DEMATEL) and system dynamics." *Environmental Monitoring and Assessment*, vol.195.4, pp.448, Mar. 2023.
- [8] Hsu, Min-Chih, and Hsuan-Shih Lee. "Applying AHP-IFNs-DEMATEL in Establishing a Supplier Selection Model: A Case Study of Offshore Wind Power Companies in Taiwan." *Energies.*, vol. 16.11, pp.4481, Oct. 2023.
- [9] Karaman, Z. T. Bütünleşik Afet Yönetimi, 1. Baskı, Z.T. Karaman ve A. Altay, Ed. İzmir, Türkiye İlkem Ofset, 2016.
- [10] Karasan, Ali, et al. "Customer-oriented product design using an integrated neutrosophic AHP & DEMATEL and QFD methodology." *Applied Soft Computing.*, vol. 118, pp. 108445, Mar. 2022.
- [11] Opricovic, Serafim, and Gwo-Hshiung Tzeng. "Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS." *European journal of operational research.*, vol.156.2, pp. 445-455, Jul. 2004.
- [12] Ortiz-Barrios, Miguel, et al. "Evaluation of hospital disaster preparedness by a multi-criteria decision making approach: The case of Turkish hospitals." *International journal of disaster risk reduction.*, vol.49, pp.101748, Oct. 2020.
- [13] Saaty, Thomas L. "Decision making with the analytic hierarchy process." *International journal of services sciences.*, vol.1.1, pp. 83-98, Mar. 2008.
- [14] Sodangi, Mahmoud, and Alaa Salman. "AHP-DEMATEL modelling of consultant related delay factors affecting sustainable housing construction in Saudi Arabia." *International Journal of Construction Management.*, vol. 23.16, pp. 2859-2868, Aug. 2023.
- [15] Opricovic, Serafim, and Gwo-Hshiung Tzeng. "Extended VIKOR method in comparison with outranking methods." *European journal of operational research.*, vol. 178.2, pp.514-529, Apr. 2007.
- [16] M. Kabaka, Y.Çınar, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri: MS Excel® Çözümlü Uygulamalar, 2. baskı, M. Kabaka, Y.Çınar, Ed. Ankara, Türkiye: Nobel, 2023.
- [17] Yavuz, K. U. L., Alper ŞEKER, and Mustafa YURDAKUL. "Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Alışılmamış İmalat Yöntemlerinin Seçiminde Kullanılması." *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, vol.29.3, pp. 589-603, Jul. 2014.
- [18] Dalbudak, Eda, and Ömer Faruk Rençber. "Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Üzerine Literatür İncelemesi." *Gaziantep Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi.*, vol. 4.1, pp. 1-16, May.2022.
- [19] Ak, M. Fatih. "Multi Criteria Decision Making Based Model For Supplier Selection." *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, vol.7.2, pp.410-423, Feb.2020.
- [20] ASLAY, Fulya. "TOPSİS çok kriterli karar verme yöntemi ile güneş enerjisi sistemlerinde panel seçimi." *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* vol. 28, pp.548-551. Nov.2021.