

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

Pınar MİÇ

**ÇOK AMAÇLI MODELLEME İLE ÇATIŞMA ALANLARINDA
SAĞLIK TESİSİ YERİ SEÇİMİ: SURİYE İDLİB
UYGULAMASI**

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA,2019

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇOK AMAÇLI MODELLEME İLE ÇATIŞMA ALANLARINDA SAĞLIK
TESİSİ YERİ SEÇİMİ: SURİYE İDLİB UYGULAMASI**

Pınar MİÇ

DOKTORA TEZİ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 07/10/2019 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Dr.Öğr.Üyesi Melik KOYUNCU
DANIŞMAN

.....
Prof.Dr. Ali KOKANGÜL
ÜYE

.....
Doç.Dr. Bahadır GÜLSÜN
ÜYE

.....
Dr. Öğr. Üyesi Fikri EGE
ÜYE

.....
Dr. Öğr. Üyesi Z. Figen ANTMEN
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FDK-2017-8162

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların
kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere
tabidir.

ÖZ

DOKTORA TEZİ

**ÇOK AMAÇLI MODELLEME İLE ÇATIŞMA ALANLARINDA SAĞLIK
TESİSİ YERİ SEÇİMİ: SURİYE İDLİB UYGULAMASI**

Pınar MİÇ

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Melik KOYUNCU
Yıl: 2019, Sayfa: 148

Jüri : Dr. Öğr. Üyesi Melik KOYUNCU
: Prof. Dr. Ali KOKANGÜL
: Doç. Dr. Bahadır GÜLSÜN
: Dr. Öğr. Üyesi Fikri EGE
: Dr. Öğr. Üyesi Z. Figen ANTMEN

Suriye Krizi 15 Mart 2011’de başlamıştır ve günümüzde dünyadaki en kanlı ve karmaşık çatışmalardan birisidir. Bu felaketin üzerinden 8 yıldan fazla zaman geçmiş olmasına rağmen; siviller, hala bölgedeki çatışmalardan ve yıkımlardan zarar görmeye devam etmektedir. Bunun sonucu olarak, bu durum insan hayatını hiçe saymaktadır ve ihtiyaç halindeki insanların sayısı günden güne artmaktadır. Özellikle çatışma alanlarında yaşamak zorunda olan insanlar; sağlık, sığınak, yiyecek ve diğer ihtiyaçlar ile ilgili ciddi zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada, Suriye’nin İdlib ilindeki sağlık ocağı yerleşimlerinin belirlenmesine odaklanılmıştır. Veri, ildeki toplam 338 topluluktan ve 23 alt bölgeden oluşan bir örnekten çekilmiştir. Karışık tam sayılı-ağırlıklı hedef programlama modeli formüle edilmiş ve Coğrafi Bilgi Sistemi (ArcMap) ile birleştirilmiştir. Geliştirilen model bir optimizasyon paket yazılımı ile çözülmüş ve bunlara ilaveten konu ile ilgili detaylı bir çalışma gerçekleştirmek için duyarlılık analizleri yapılmıştır. Bu doğrultuda, modelin çıktılarının ve gerçekleştirilen duyarlılık analizlerinin bu gibi durumlarda karar vericilere yardımcı olması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sağlık ocağı, Çok amaçlı model, Ağırlıklı hedef programlama, Coğrafi bilgi sistemi (CBS), Analitik hiyerarşi prosesi (AHP)

ABSTRACT

PhD THESIS

DETERMINING HEALTH CARE FACILITY LOCATION AT CONFLICT AREAS WITH MULTI OBJECTIVE MODELING: A CASE STUDY IN SYRIA IDLEB

Pınar MİÇ

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING

Supervisor : Asst. Prof. Dr. Melik KOYUNCU
Year: 2019, Pages: 148
Jury : Asst. Prof. Dr. Melik KOYUNCU
: Prof. Dr. Ali KOKANGÜL
: Assoc. Prof. Dr. Bahadır GÜLSÜN
: Asst. Prof. Dr. Fikri EGE
: Asst. Prof. Dr. Z. Figen ANTMEN

The Syrian Crisis began on 15 March 2011 and it is one of the bloodiest and complicated conflicts in the world today. Although more than eight years have passed over this tragedy, civilians continue to suffer from conflicts and destructions in the area. As a result, this situation disregards human life and the number of people in need increases day by day. Particularly, people who have to live in the conflict area encounter serious troubles with regard to health, shelter, food and other needs. Thus, in this study, we have focused on identifying the Primary Health Care Center (PHCC) locations within Idleb Governorate in Syria. Data is extracted from a sample containing 23 sub-districts in the governorate and a total of 338 communities. We have formulated a mixed integer-weighted goal programming model and combined it with Geographic Information System-GIS (ArcMap). The model is solved via an optimization package and moreover, sensitivity analyses are conducted to achieve a more in-depth study. Accordingly, the model's outputs and sensitivity analyses are expected to help decision-makers in case of such disasters.

Key Words: Primary health care center (PHCC), Multi-objective model, Weighted goal programming, Geographic information system (GIS), Analytic hierarchy process (AHP)

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

15 Mart 2011’de ülkenin güneybatısındaki Dera şehrinde ortaya çıkan ve oradan tüm ülkeye yayılan Suriye Krizi, üzerinden 8 yıldan fazla bir süre geçmiş olmasına rağmen hâlâ devam etmektedir. Üstelik dünyanın en kanlı ve en karmaşık çatışmalarından da birisidir. Bu zarar verici ve yıkıcı durum nedeniyle, ülkede, özellikle sivil can kayıpları gün geçtikçe artmaktadır. Ne yazık ki, krizin beraberinde getirdiği sonuçlar sadece can kaybı ile sınırlı değildir. Ülkede hâlihazırda sürmekte olan çatışmalar insan hayatını hiçe saymaktadır ve ihtiyaç halindeki insanların sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Bölgede yaşamak zorunda kalan insanlar; yiyecek ve su gibi temel ihtiyaçlarının yanında sağlık, eğitim gibi önemli temel ihtiyaçlarını karşılarlarken bile ciddi zorluklarla karşılaşmaktadır.

Tüm bu bilgiler ışığında, bu çalışmada, Suriye’nin İdlib ilindeki sağlık ocağı yerleşimlerinin belirlenmesi konusu ele alınmıştır. Uygulamanın yapıldığı bölgedeki veri, ildeki toplam 338 topluluktan ve 23 alt bölgeden; 5 Mart 2018 - 30 Mayıs 2018 tarihleri arasında, bölgedeki hizmet bekleyen insanların temsilcileri, topluluktaki olaylardan haberi olan kişiler ve muhtarlar ile temel kaynak görüşmeleri yaparak elde edilmiştir. Bu veriler, ildeki talep (düğüm) noktalarındaki kişi sayısını, aday sağlık ocaklarının yerlerini ve kapasitelerini, bu sağlık ocaklarının uygunluk faktörleri özelliklerini (güneş enerjisi, bodrum, internet hizmeti, laboratuvar hizmeti, kan gruplama hizmeti ve aşılama hizmeti) ve her aday bölgedeki ekonomik faktörü içermektedir. Bu materyal eşliğinde, çalışmada, bölgedeki sağlık hizmetine ihtiyacı olan kişilerin atanması için sağlık ocaklarının hangilerinin hangi bölgelere açılacağı ve talep noktalarındaki insanların hangi sağlık ocaklarına atanacağı belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç için, öncelikle, karışık tam sayılı çok amaçlı model formüle edilmiş ve bu model ağırlıklı hedef programlama modeline dönüştürülmüştür. Geliştirilen model Coğrafi Bilgi Sistemi (ArcMap) ile birleştirilmiştir. Bu noktada, Coğrafi Bilgi Sistemi vasıtasıyla yol şebeke veri seti oluşturularak, bu veri seti çıkış-varış matrisini kurmak için riskli

yollar ile bağlantılı olacak şekilde güncellenmiştir. Modelin amaçları ve kısıtları ise Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve odak grup görüşmeleri aracılığıyla belirlenmiştir.

Geliştirilen model bir optimizasyon yazılım paketi ile çözülmüştür. Amacımız, aday olarak belirlenen 77 sağlık ocağından, bütçesel ve yönetsel düşüncelerden dolayı, en çok 60 tanesini yerleştirmek olmuştur ve model toplamda 42 sağlık ocağını yerleştirerek toplam 1,000,353 Amerikan Doları ile neticelenmiştir. Model, açılan bu 42 sağlık ocağına 379,080 kişiyi atamıştır. Bu sonuçlar ve diğer tüm elde edilen sonuçlar yorumlanmış ve konu ile ilgili daha detaylı bir çalışma yürütmek amacı ile duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir.

Duyarlılık analizleri üç farklı bakış açısı ile gerçekleştirilmiştir. Bunlar: "maliyet bütçesi", "atanan insan sayısı hedefi" ve "uygunluk faktörleri" dir. Bu üç başlık altındaki duyarlılık analizlerinde, hedef parametresinin değeri belirli aralıklarla değiştirilerek model yürütülmüş, elde edilen sonuçlar raporlanmış ve yorumlanmıştır. Ayrıca sonuçların gösterimi grafiklerle desteklenmiştir.

Geliştirilen modelin çıktılarının ve yürütülen duyarlılık analizlerinin bu gibi durumlarda karar vericilere yardımcı olması beklenmektedir.

İnsani bir bakış açısından, çok amaçlı matematiksel modeli bölgedeki gerçek veriden faydalanarak Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile birleştirerek en olurlu çözümü elde etmek için, önerilen metodoloji, çatışma alanlarında uygulanabilir.

Sonuncu ama son derece önemli olarak, bu çalışmanın ana amacı çalışma bünyesinde geliştirilen modelin herhangi bir ülke, otorite veya kuruluş tarafından erişilebilirliğini sağlamaktır. Çalışmanın gayesi, böyle savaş alanlarında kullanılmak üzere temel bir model oluşturmaktır. Bu çalışmada bir çatışma alanında belirli kısıtlar altında sağlık ocaklarının yerleşimleri belirlenmiştir. İlgili problem alanının (bu problem alanı genel hizmet merkezleri, eğitim veya diğer hizmetler olabilir) kendine özel çerçevesine bağlı olarak karar değişkenleri, parametreler veya kriterler değişse bile, çalışmadan geliştirilen model diğer ülkelerdeki veya çalışma alanlarındaki farklı durumlar için kullanılabilir.

TEŞEKKÜR

Doktora öğreniminin ve çalışmamın her aşamasında benden yardımlarını esirgemeyen, yapıcı ve yönlendirici fikirleri ile bana daima yol gösteren çok değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Melik KOYUNCU' ya sonsuz teşekkür ederim.

Doktora Tez İzleme Komitesi üyeleri Sayın Prof. Dr. Ali KOKANGÜL' e ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Fikri EGE' ye çalışmamın tüm aşamalarında yönlendirici ve olumlu katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Her zaman güler yüzü, desteği ve fikirleri ile yanımda olan değerli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Z. Figen ANTMEN' e çok teşekkür ederim.

Akademik hayatım boyunca yardım, bilgi ve tecrübeleri ile bana her zaman yardımcı olan değerli hocam Sayın Doç. Dr. Bahadır GÜLSÜN' e içten teşekkür ederim.

Doktora çalışmamdaki kıymetli katkılarından ve yardımlarından dolayı arkadaşım Jamil HALLAK' a çok teşekkür ederim.

Doktora öğrenimim süresince sağladığı burslarla maddi yönden katkıda bulunan TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU (TÜBİTAK) BİLİM İNSANI DESTEKLEME DAİRE BAŞKANLIĞI (BİDEB)'na ve 2211-A Genel Yurt İçi Doktora Burs Programı'na en içten teşekkürlerimi borç bilirim.

Doktora çalışmalarım esnasında maddi destek veren Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje No: FDK-2017-8162) teşekkür ederim.

Her ihtiyacım olduğunda bana destek olan sevgili arkadaşlarım Arş. Gör. Olcay KALAN ve Arş. Gör. Melek IŞIK'a çok teşekkür ederim.

Son olarak, çalışmam ve hayatım boyunca maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme tüm destekleri için sonsuz teşekkürler ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	V
ÇİZELGELER DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XIV
1. GİRİŞ	1
1.1. Suriye Krizi.....	2
1.2. Problemin Tanımı	4
1.3. Çalışmanın Amacı	5
1.4. Çalışmanın Kapsamı.....	6
1.5. Çalışmanın Özgün Katkısı.....	6
1.6. Çalışmanın Adımları ve Organizasyonu.....	7
1.6.1. Çalışmanın Adımları	7
1.6.2. Çalışmanın Organizasyonu	8
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	9
2.1. Afetlerde Sağlık Ocağı Merkezleri ile İlgili Çalışmalar	16
2.1.1. Doğal Afetlerde Sağlık Ocağı Merkezleri ile İlgili Çalışmalar.....	16
2.1.2. İnsan Kaynaklı Afet Ortamlarında Sağlık Ocağı Merkezleri ile İlgili Çalışmalar	19
2.2. Afetlerde Yerleştirme-Atama Problemleri.....	23
3. MATERYAL VE METOT	35
3.1. Materyal.....	35
3.2. Metot.....	44
3.2.1. Tesis Yerleştirme Problemleri.....	47

3.2.1.1. Kapsama Problemleri.....	48
3.2.1.2. Merkez Problemleri.....	51
3.2.1.3. Medyan Problemleri.....	55
3.2.1.4. Sabit Maliyetli Tesis Yerleşim Problemleri.....	58
3.2.2. Çok Amaçlı Programlama	62
3.2.3. Hedef Programlama	65
3.2.3.1. Önceliksiz (Ağırlıklı) Hedef Programlama	68
3.2.3.2. Öncelikli Hedef Programlama	70
3.2.4. Hedef Programlamada Normalizasyon	71
3.2.4.1. Yüzde Normalizasyon	71
3.2.4.2. Sıfır-Bir Normalizasyon	71
3.2.4.3. Öklit Normalizasyon	72
3.2.4.4. Toplam Normalizasyon	72
3.2.5. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)	72
3.2.5.1. Coğrafi Bilgi Sisteminin Temel Elemanları	73
3.2.5.2. Coğrafi Bilgi Sistemi Verileri ve İşleyişi	75
3.2.6. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV)	78
3.2.6.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)	79
3.2.6.2. AHP'nin Aşamaları	81
3.3. Model Geliştirme.....	86
3.3.1. Çok Amaçlı Model Formülasyonu	87
3.3.2. Ağırlıklı Hedef Programlama Formülasyonu.....	91
3.3.3. Ağırlıklı Hedef Programlama için Ağırlıkların Hesaplanması.....	92
3.3.4. Amaç Fonksiyonlarının Sağ Taraf Değerlerinin Hesaplanması	93
3.3.5. Ağırlıklı Hedef Programlama için Hesaplanan Amaçların Sağ Taraf Değerleri	95
4. BULGULAR VE ARAŞTIRMALAR	97
4.1. Bulgular	99

4.2. Duyarlılık Analizleri.....	106
4.2.1. Maliyet Bütçesi Duyarlılık Analizleri	108
4.2.2. Atanan İnsan Sayısı Hedefi Duyarlılık Analizleri	110
4.2.3. Uygunluk Faktörleri Duyarlılık Analizleri	112
4.3. Matematiksel Model Sonuçlarının Çatışma Bölgesi Açısından Değerlendirilmesi	117
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	119
5.1. Sonuçlar	119
5.2. Öneriler.....	121
KAYNAKLAR	123
ÖZGEÇMİŞ	137
EKLER.....	139



ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 2.1. Önceki Çalışmaların Kıyaslanması.....	32
Çizelge 3.1. Amaç Tipine Göre Sapma Değerleri İlişkisi.....	68
Çizelge 3.2. AHP'de Faydalanılan Önem Dereceleri.....	83
Çizelge 3.3. AHP'de İkili Kıyaslama Matrisi.....	83
Çizelge 3.4. Tesadüfi Endeks Değerleri.....	85
Çizelge 3.5. Her Amacın AHP'nin İkili Kıyaslamaları ile Elde Edilen Ağırlığı.....	93
Çizelge 3.6. Her n Amaç Fonksiyonu için p_n^- ve p_n^+ Değerleri	93
Çizelge 4.1. Amaçların Hedeflenen ve Başarılan Yüzdeleri.....	102
Çizelge 4.2. Maliyet Bütçesindeki Duyarlılık Analizi Sonuçları.....	108
Çizelge 4.3. Atanan İnsan Sayısı Hedefindeki Duyarlılık Analizi Sonuçları	111
Çizelge 4.4. Güneş Enerjisi Uygunluk Faktöründeki Duyarlılık Analizi Sonuçları.....	113
Çizelge 4.5. Bodrum Uygunluk Faktöründeki Duyarlılık Analizi Sonuçları.....	113
Çizelge 4.6. Kan Gruplama Hizmeti Uygunluk Faktöründeki Duyarlılık Analizi Sonuçları.....	114
Çizelge 4.7. Laboratuvar Hizmeti Uygunluk Faktöründeki Duyarlılık Analizi Sonuçları.....	115



ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1. Suriye ve İdlib'in Haritadaki Yeri	36
Şekil 3.2. İncelenen Topluluklardaki Talepler ve Tesis Tipi Bulunma Durumları.....	37
Şekil 3.3. Popülasyon Piramidi	38
Şekil 3.4. Popülasyonun Cinsiyete Göre Dağılımı.....	38
Şekil 3.5. Popülasyonun Yaşlara Göre Dağılımı.....	39
Şekil 3.6. İncelenen Topluluklardaki En Ulaşılabilir Sağlık Hizmetleri.....	40
Şekil 3.7. İncelenen Topluluklardaki En Yaygın Sağlık İhtiyaçları.....	40
Şekil 3.8. Sağlık Hizmetleri Ulaşılabilirliği	41
Şekil 3.9. Tesis Tiplerinin İnternet Erişimi Bilgisi	42
Şekil 3.10. Tesis Tiplerinin Yol Durumu Bilgisi	43
Şekil 3.11. Tesis Tiplerinin Kapasite Bilgisi	44
Şekil 3.12. Çalışmada Kullanılan Metodoloji	45
Şekil 3.13. Küme Kapsama, Maksimum Kapsama ve Merkez Problemleri Arasındaki İlişki.....	53
Şekil 3.14. Medyan ve İlişkili Problemler için Uzaklığa Karşı Maliyetin Değişimi	56
Şekil 3.15. CBS’de Kullanılan Veri Türleri.....	74
Şekil 3.16. Vektör Modelinde Kullanılan Semboller.....	76
Şekil 3.17. CBS Raster Modeli	76
Şekil 3.18. CBS’de Gerçek Dünyanın Raster ve Vektör Model ile Gösterimi	77
Şekil 3.19. CBS’de Katmanlı Veri Yapısı	78
Şekil 3.20. Ağırlıklı Hedef Programlamada Hedef Değerlerinin Hesaplanması Süreci	94
Şekil 4.1. Ele Alınan Yerleştirme-Atama Problemi için Aday Sağlık Ocaklarının ve Döğümlerin Popülasyon Yoğunluğuna Göre Dağılımı	98

Şekil 4.2. Ele Alınan Yerleştirme-Atama Problemi için Aday Sağlık Ocaklarının ve Talep Düzgümlerinin Dağılımı	98
Şekil 4.3. Toplam Maliyet için Hedeflenen ve Başarılan Değerler.....	100
Şekil 4.4. Ekonomik Faktör Değeri için Hedeflenen ve Başarılan Değerler	100
Şekil 4.5. Uygunluk Faktörleri için Amaçlanan Hedefler ve Elde Edilen Sonuçları	101
Şekil 4.6. Çalışmada Ele Alınan Sağlık Ocağı Yerleştirme-Atama Probleminin Sonuçları	104
Şekil 4.7. Yerleştirilen Sağlık Ocaklarında İnternet Hizmeti, Güneş Enerjisi ve Bodrum Bulunma Durumları	105
Şekil 4.8. Yerleştirilen Sağlık Ocaklarının Sağlık Faktörleri Bulunma Durumları	106
Şekil 4.9. Maliyet Bütçesi Hedefinde Duyarlılık Analizi Yaparak Amaçlarda Elde Edilen Başarı Oranları	109
Şekil 4.10. Atanan İnsan Sayısı Hedefinde Duyarlılık Analizi Yaparak Amaçlarda Elde Edilen Başarı Oranları.....	112
Şekil 4.11. Uygunluk Faktörleri Hedefinde Duyarlılık Analizi Yaparak Amaçlarda Elde Edilen Başarı Oranları.....	116
Şekil 4.12. Çatışma Alanındaki Sağlık Ocağı Seçimi için Risk Değerlendirmesi.....	117
Şekil 4.13. Matematiksel Model Sonuçlarının Risk Değerlendirmesi	118

SİMGELER VE KISALTMALAR

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CPLEX	: IBM ILOG tarafından ticarileştirilmiş optimizasyon yazılım paketi
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
GIS	: Geographic Information System – Coğrafi Bilgi Sistemi
GRADE	: The Grades of Recommendation, Assessment, Development and Evaluation – Tavsiye, Değerlendirme, Gelişim ve Tespitlerin Puanları
HIV	: Human Immunodeficiency Virus – İnsan Bağışıklık Yetmezliği Virüsü
HVA	: Hasar Yaratabilme Analizi
SEIR	: Şüpheli – Maruz Kalmış – Enfekte - İyileşmiş
WHO	: World Health Organization – Dünya Sağlık Örgütü
UNHCR	: United Nations High Commissioner for Refugees – Birleşmiş Milletler Mülteciler Yüksek Komiserliği
UNISDR	: Birleşmiş Milletler Afet Riskini Azaltma Ofisi
USD	: Amerikan Doları



1. GİRİŞ

Afet, bir topluluğun fonksiyonlarının düzenini bozan ve yıkıcı ölümlere neden olan beklenmedik bir durum olarak tanımlanabilir. Afetin neden olduğu kayıplar insan kaybı, malzeme kaybı, ekonomik ve çevresel kayıpları içerir. Dolayısıyla, etkilenen topluluğun afet ile kendi kaynaklarıyla mücadele etme yeteneğini de olumsuz yönde etkiler (de Ville de Goyet ve ark, 2006).

Afetler, dünyanın herhangi bir yerinde ortaya çıkabilir ve *doğal afet* ve *insan kaynaklı afet* olarak sınıflandırılabilir. Bir doğal afet dünyadaki doğal tehlikelerden meydana gelirken (sel, deprem, volkanik patlamalar, kasırgalar, dev dalgalar, muson yağmurları, çığlar, tornadolar, kontrol edilemeyen yangınlar, salgınlar, vb.), insan kaynaklı afetler insan davranışlarından kaynaklanırlar. Bunlardan bazıları endüstriyel, taşıma veya halk sağlığı kazaları, insanlık suçları ve savaşıdır. Fakat tüm bu insan kaynaklı afetler arasında, hem şiddetli hem de uzun vadeli etkileri olduğu için; savaşlar, insan kaynaklı afetler içinde belki de en yıkıcı etkilere sahip olanıdır. Çünkü savaş veya çatışma sona erse bile; ülkeye, çevreye, altyapıya, sağlık bakım hizmetlerine verdiği tahripler; yiyecek, su ve diğer kaynaklarda sebep olduğu yetersizlikler, yerlerinden edilmiş insanlar ve hastalık salgınları ortaya çıkmaya ve ilerlemeye devam eder (UNISDR, 2018).

Tüm dünyada savaş ve çatışmalar birçok kez meydana gelmiştir. Ne yazık ki dünyada hala devam etmekte olan savaşlar/çatışmalar vardır ve bunlar yüksek sayıda ölümler ile neticelenmektedir. Maalesef, savaşların insanların ölümüne sebep olmak dışında başka zararları da mevcuttur. Bu zararların arasında; zorunlu göç ve yer değiştirme önemli bir yer tutmaktadır. Günümüzde, Birleşmiş Milletler Mülteciler Yüksek Komiserliği (United Nations High Commissioner for Refugees - UNHCR), dünyada, savaşlar ve silahlı çatışmalar dolayısıyla evlerini terk etmek zorunda kalan yaklaşık 68,5 milyon zorla yerinden edilmiş insan olduğunu tahmin etmektedir. Dahası, dünya genelinde devam etmekte olan savaşlar nedeniyle bu sayı gün geçtikçe hızlı bir şekilde artmaktadır (UNHCR, 2017). Zorla yerlerinden

edilmiş bu 68,5 milyon insandan yaklaşık 40 milyon insan ülkesinde yerlerinden edilmiş kişilerdir; yaklaşık 25,4 milyon kişi mültecidir ve yaklaşık 3 milyon kişi de sığınmacı olmak istemektedir (Sweileh, 2017). Bu terimleri açıklayacak olursak; *mülteciler*, kendi ülkelerini ülkedeki zulümden dolayı terk etmeye zorlanmış kişilerdir. *Ülke içinde yerlerinden edilmiş insanlar* ise evlerinden veya meskenlerinden ayrılmış; fakat uluslararası bir sınırı geçmemiş insanlar veya insanlar grubudur (Sweileh, 2017). Yerlerinden olmalarının sebebi kendi ülkelerindeki çatışmalar bile olsa, ülke içinde yerlerinden edilmiş insanlar kendi hükümetlerinin korumasını beklemeye devam etmektedir. Mültecilere değinecek olursak, mülteciler için acı gerçek, tüm dünyadaki yaklaşık 24,5 milyon mültecinin yarısından fazlasının sadece üç ülkede bulunmasıdır: Güney Sudan (yaklaşık 2,4 milyon), Afganistan (yaklaşık 2,6 milyon) ve Suriye Arap Cumhuriyeti (yaklaşık 6,3 milyon). Bu gerçek, bu üç ülke içinde Suriye'nin en büyük paya sahip olduğunu göstermektedir ve bu durum da bizi 2011 yılı Mart ayında başlayan Suriye Krizi'ne götürmektedir.

1.1. Suriye Krizi

Suriye Krizi (İç Savaşı), 15 Mart 2011'de ülkenin güneybatısındaki Dera şehrinde başlamıştır. Yaşanan kriz, başladığı tarihten itibaren uluslararası bir kriz haline gelmiştir ve bu kriz dolayısıyla II. Dünya Savaşı'ndan beri dünyadaki en büyük insan göçü yaşanmıştır. Aradan geçen yıllara rağmen; kriz, şekil ve öncelik değiştirerek sürmeye devam etmektedir. Bu durum; mülteci kampları, sığınak arama çalışmaları ve farklı ülkelerde mülteci olma arayışları durumlarının ortaya çıkması ile çok önemli bir insanlık acil durumuna yol açmıştır. Bu insani acil durumlar, yerel kapasitenin; krizden etkilenen popülasyona yiyecek, kıyafet, sığınak, su, yiyecek dışı malzemeler (battaniye, çarşaf, pişirme malzemeleri, sabunlar, vb.), güvenlik ve sağlık tesisleri sağlama yeteneğine büyük ölçüde hasar vermektedir.

Bunlara rağmen, mülteci kampında yaşayan insanlar veya bir sığınma bekleyen/arayan veya hâlihazırda sığınaklarda yaşayan ülke içinde yerlerinden edilmiş insanlar; minimum sağlık hizmeti servislerinin olduğu sert çevresel ve sağlık koşullarında yaşamaktadır (Albadra ve ark, 2018). Örneğin, böyle durumlarda, özellikle çoğu kampın iskân ettiği sert iklimli yerlerde, sığınaklar sağlıklı yaşama koşulları için yeterli değildir (Beiser, 2005). Dolayısıyla, mültecilerin ve ülke içinde yerlerinden edilmiş insanların güvenliği ve sağlık hizmeti ihtiyaçları, tüm dünyada çok daha fazla öneme sahip bir konu haline gelmiştir. Suriye krizi de; mültecilerin, ülke içinde yerlerinden edilmiş insanların ve ev sahibi ülkelerin karşılaştığı sağlık mücadelelerinin tipik bir örneği olarak karşımıza çıkmaktadır (Albadra ve ark, 2018). Nitekim, bu gibi çatışmal alanlarındaki mülteciler, yaşadıkları sıkıntılı koşullardan ötürü savunmasızlardır ve tükenmişlik, yiyecek, temiz içme suyu eksikliği ve kötü hijyen gibi elementler sağlıklarını olumsuz etkilemektedir (Connolly ve ark, 2004). Bu durumların bir sonucu olarak; insanların solunum sistemi hastalıklarına, sıtma ve kızamığa duyarlılıkları artabilir; dahası, bu durum bazı kamplarda ölüm oranının yaklaşık %40'ına neden olabilen diyarenin yüksek tekrarlanma sıklığını oluşturabilir (Toole ve Waldman, 1993; WHO, 2007). Savaşın bu sonuçları ve sağlık hizmeti üzerine olan etkileri, hastane ve acil hizmetlerin yükünü arttırdığı için sağlık konusunu afet yönetiminin en üst basamağına çıkarmaktadır.

Bu nedenle, doğal ve insan kaynaklı afetlere karşı sağlık hizmetinin planlaması son yıllarda daha fazla ilgi çekmeye başlamıştır (WHO (World Health Organisation-Dünya Sağlık Örgütü), 2008, 2009; Panos ve ark, 2009; Leppold ve ark, 2016; UNHCR 2017). Resmi kurum tabiplikleri, verem savaş dispanseri, anne-çocuk sağlığı ve aile planlaması merkezi gibi birinci basamak bir sağlık kuruluşu olan yerel seviyedeki sağlık ocakları (temel sağlık bakım merkezi), sağlık tesisi ve hizmeti tedarik etmede hayati derecede önemli oldukları için, bu noktada onlardan bahsetmek gerekecektir. Gerek doğal gerekse insan kaynaklı afet olsun, bir afet boyunca, sağlık ocakları olabildiği kadar çok insanın hayatını kurtarmada kritik bir

rol üstlenirler. Ayrıca, Suriye’de olduğu gibi gelişmekte olan ülkelerdeki halk sağlığı hizmetlerinin anahtar yapısal ve işlevsel parçalarıdır.

Sağlık ocakları; ekonomik bir maliyet ile kapsamlı, ulaşılabilir ve topluluğa dayalı sağlık hizmeti sağlarlar ve bu hizmet bireylerin yaşamları boyunca sağlık ihtiyaçlarını karşılar. İhtiyaçların tahmini, sağlık ocaklarının yerlerinin ve uygun ihtiyaçlarının belirlenmesi zordur. Özellikle savaş ve zorunlu göçlerin yaşandığı insani acil durum yerlerinde – bilhassa Suriye örneğinde, durum çok büyük bir tehlike arz etmektedir. Bölgedeki zorunlu göç uzun süren bir süreç olmasına ve halk sağlığına tehditleri bariz olmasına rağmen, hâlâ, dünya çapında bir sağlık konusu olarak kategorize edilmemiştir. Tersine, zorla yerlerinden edilmiş insanların fazla sayısından kaynaklanan halk sağlığı cevapları büyük oranda yetersiz kalmaktadır.

1.2. Problemin Tanımı

Günümüzde dünyadaki en karmaşık ve kanlı çatışmalardan biri olması ve yukarıda saydığımız tüm nedenlerden ötürü, insani yardım topluluklarının Suriye bölgesine acil ve hayat kurtarıcı sağlık ocakları sağlaması beklenmektedir. Nitekim 8 yılı aşkın süredir devam eden Suriye Krizi; sadece altyapı, eğitim, barınma gibi unsurları etkilemekle kalmamış, bireylerin hayatlarını devam ettirebilmeleri için gerekli olan sağlık sistemini de derinden etkilemiştir. Her gün, ilgili hizmetlerin yetersizliğinden ötürü krizde yaralanmış yüzlerce insan kurtarılmayı beklemektedir. Sağlık çalışanlarının büyük bir çoğunluğu ülkedeki krizden dolayı ülkeyi terk etmiştir ve krizin yanında sağlık sistemindeki bu çökmelerden dolayı da ülkedeki ölümler hızlı bir şekilde artmaktadır. Ülkedeki ambulansların yarısından fazlası kullanılamaz hale gelmiş; 80’den fazla hastane büyük hasar görmüş, yaklaşık 20 hastane kapanmıştır. Bu ağır şartlar da; halkı; açlık, ruhsal hastalıklar ve ölüm ile yüz yüze getirmektedir.

Kriz şiddetlendikçe ve derinleştikçe, sağlık sistemi altyapısında yıkımlara devam etmekte ve bu da yerlerinden edilmiş popülasyonlara temel sağlık hizmeti

sağlamanın artan gereksinimini ortaya koymaktadır. Özellikle sağlık hizmeti tesislerinin hızlı bir şekilde gerilediği veya çatışmadan dolayı tahrip edildiği bölgelerde, temel sağlık hizmetlerine olan ihtiyaç kritik düzeydedir.

Bu bilgiler ışığında, bu çalışmada, uygulamanın yapılacağı bölge olan Suriye'nin İdlib şehri ile ilgili sahadan gerçek veriler toplanmıştır. Bu veriler; şehirdeki talep noktalarındaki kişi sayısını, aday sağlık ocaklarının yerlerini ve kapasitelerini, bu sağlık ocaklarının özelliklerini içermektedir. Çalışma dâhilinde, sağlık hizmetlerine ihtiyacı olan kişilerin atanması için sağlık ocaklarının hangilerinin açılacağı, açılan sağlık ocaklarına hangi talep düğümündeki insanların atanacağı geliştirilen ağırlıklı hedef programlama ile belirlenmiş ve model bir optimizasyon paket programı ile çözülmüştür.

1.3. Çalışmanın Amacı

Yapılan bu çalışmada, amaç, hâlihazırda devam etmekte olan Suriye Krizi'nden ötürü yaralanmalar ve can kayıpları yaşanan bölgede, insanlara sağlık hizmeti vermek için, bölgedeki insanların açılacak sağlık merkezlerine atanmalarını sağlamaktır. Eğer bu konu ile ilgili yapıcı önlemler bir an önce alınmazsa, kayıp sayısının artması ve bunların ciddi toplumsal sorunlara yol açması kaçınılmazdır.

Bu çalışmada, uygulama yapılacak bölge ile ilgili doğru ve tutarlı veri, bölgedeki paydaşlardan ve lehtarlardan sağlanmıştır. Bunu takiben, vaka çalışması için, önce çok amaçlı karışık tamsayılı bir model geliştirilmiş ve bu model, karışık tamsayılı ağırlıklı hedef programlama modeline dönüştürülmüştür.

Bu çok amaçlı modelde, tüm talep içinden hizmet gören insanların sayısını maksimize etmek ve aynı zamanda toplam maliyetleri minimize etmek amaçlanmıştır. Bu amaçları gerçekleştirirken, yerleştirilen sağlık ocaklarının elverişli sağlık faktörlerine (güneş enerjisi, bodrum, internet hizmeti, laboratuvar hizmeti, kan gruplama hizmeti ve aşılama) istenilen sayıda sahip olmalarını sağlamaya ve eş zamanlı olarak yerleştirilen sağlık ocaklarında çalışanlar için ücret

miktarını maksimum yapmaya odaklanılmıştır. Önerilen model bir optimizasyon paket yazılımı ile çözülmüştür.

Model sonucunda açılması beklenen sağlık ocaklarının, bölgede çatışma hala devam ettiği için, çatışma alanlarına yakınlık açısından bir risk değerlendirilmesi yapılmıştır. Böylece, karar vericilere, yüksek riskli bölgede açılması beklenen sağlık ocakları ile ilgili fikir vermek hedeflenmiştir.

1.4. Çalışmanın Kapsamı

Çalışmada irdelenen problem, aşağıdaki kapsamda ele alınmıştır:

1. Vaka çalışması olarak, Suriye'nin kuzeyindeki İdlib şehri seçilmiştir.
2. Uygulama yapılan bölgedeki gerçek zamanlı veri, 5 Mart - 30 Mayıs 2018 tarihleri arasında toplanmıştır.
3. Çalışmaya 23 alt bölge ve 338 topluluk dâhil edilmiştir.
4. Aday sağlık ocaklarının belirli kapasiteleri vardır ve bunlar modele dâhil edilmiştir. Sağlık ocaklarının kapasiteleri, sağlık ocağının sahip olduğu personel sayısı ve oda sayısına istinaden belirlenmiştir.
5. Talep miktarları ve bunların yerleri sabittir.
6. Bir talep noktasının sadece bir sağlık ocağından hizmet alacağı varsayılmıştır.

1.5. Çalışmanın Özgün Katkısı

Konunun önemine rağmen, yapılan detaylı literatür taramasında Suriye koşullarında sağlık ocağı yerleşimi - insan atama (sağlık ocaklarının yerleştirileceği doğru yerlerin saptanması ve bölgedeki sağlık sorunları olan insanların bu sağlık ocaklarına atanması) konusu ile ilgili çalışmalara çok fazla rastlanmamıştır. Çalışma, bu alana katkı sunmayı hedeflemektedir. Bu nedenle, Suriye Krizi'nin önemi, günümüzde onun tüm dünyadaki dolaylı problemleri ve daha önce belirttiğimiz durumlar bakımından, bu çalışma, literatürdeki bu boşluğu

doldurmayı ve çok amaçlı bir model formüle ederek ve onu bölgedeki bir gerçek vaka çalışması ile bütünleştirerek, bu gibi çatışma alanlarına katkı sunmayı amaçlamaktadır.

Çalışmada, ayrıca, sahadan toplanan gerçek veriler kullanılmıştır.

1.6. Çalışmanın Adımları ve Organizasyonu

Bu bölüm, takip eden iki alt başlık altında incelenmiştir.

1.6.1. Çalışmanın Adımları

Çalışma bünyesinde sonuca ulaşmak için takip edilen adımlar şunlardır:

1. *Problemin belirlenmesi:* Çalışmaya konu olan problem belirlenmiştir. Bu problemin elemanları, parametreleri, ulaşılacak istenen hedefleri ortaya konmuştur.
2. *Literatür incelemesi:* Konu ile ilgili önceki çalışmalar gözden geçirilmiş, literatürdeki eksiklikler belirlenmiştir. Bundan yola çıkarak, bu çalışmanın hangi orijinal katkıları yapabileceği belirlenmiştir.
3. *Model geliştirilmesi:* Model geliştirme adımı aşamalarla ilerlenmiştir. Önce, çok amaçlı karışık tamsayılı programlama modeli geliştirilmiş, daha sonra bu model ağırlıklı hedef programlama modeline dönüştürülmüştür.
4. *Vaka çalışması:* Geliştirilen model, çalışmanın özgün katkısı olan Suriye'nin İdlib şehrindeki gerçek veriler ile birleştirilerek bir vaka çalışması için kullanılmıştır.
5. *Sonuçların değerlendirilmesi:* Elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır.
6. *Duyarlılık Analizleri, risk değerlendirmesi ve öneriler:* Elde edilen sonuçlar ile kıyaslamak adına modeldeki bir veya birden fazla parametrede değişiklik yaparak duyarlılık analizleri

gerçekleştirilmiştir. Matematiksel model sonuçlarının, çatışma alanlarına yakınlık açısından risk değerlendirmesi yapılmıştır. Bunlar ile birlikte, gelecek çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

1.6.2. Çalışmanın Organizasyonu

Çalışmanın geri kalanı şöyle düzenlenmiştir: İkinci bölümde, ilgili başlıklar altında konunun literatür taraması yapılmıştır ve bu çalışmalar özetlenmiştir. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan materyal ve metot açıklanmıştır. Bu bölüm verinin toplanması, verinin sunulması ve model geliştirmeyi (çok amaçlı model ve ağırlıklı hedef programlama) içerir. Geliştirilen model, vaka çalışmasının uygulandığı bölgedeki sağlık ocağı yerleştirme-hasta atama problemini çözmek için kullanılmıştır. Dördüncü bölüm model sonuçlarını, yorumlarını ve duyarlılık analizlerini kapsamaktadır. Bu bölüm dâhilinde, ayrıca, elde edilen sonuçların bir risk değerlendirmesi yapılmıştır. Sonuçlar ve öneriler son bölüm olan beşinci bölümde sunulmuştur.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çalışmada ele alınan konu ile ilgili detaylı bilgilere ulaşmak ve konuyu daha iyi anlayabilmek için; literatür iki başlık altında toplanarak incelenmiştir. Bu başlıklar “afetlerde (hem doğal hem de insan kaynaklı afetler) sağlık ocağı merkezleri üzerine olan çalışmalar” ve “afetlerde yerleştirme-atama problemleri üzerine olan çalışmalar” dır.

Fakat, afetlerde sağlık ocakları ile ilgili literatür taramasına geçmeden önce, konuya bir dayanak oluşturması açısından, öncelikle doğal afetler ve insan kaynaklı afetlerde sağlık konusu ile ilgili çalışmalar araştırılmıştır. Bu araştırma neticesinde, doğal afetlerde sağlık konusu ile ilgili çalışmaların az olduğu ve yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunun depremlere dayandığı görülmüştür.

Doğal afetlerde sağlık konusu ile ilgili çalışmalar kısaca özetlenecek olursa; Broach ve ark. (2010), Haiti’nin Port-au-Prince şehrinde 2010 yılında meydana gelen depremde sonra, bu şehrin yakınındaki çadır kamplarında yaşayan insanların karşılaştığı hastalık tiplerini belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışmanın veri kaynağı, 2010 yılının Ocak ayının son haftası boyunca Port-au-Prince’de 100’den fazla orta-büyük çadır kampının 4 tanesinde tıbbi müdahale yapan tıbbi hizmet sağlayıcı tarafından toplanan bilgidir. Çalışma, vakaların %53’ünün 20 yaşından küçük hastalar olduğunu ve %25’inin 5 yaşından küçük olduğunu ortaya çıkarmıştır. Çalışmanın, sığınmacıların ve ülkesinde yerlerinden edilmiş kişilerin durumlarında gelecekteki tıbbi müdahaleler için bir rehber görevi görmesi beklenmektedir.

Anwar ve ark. (2011), Pakistan’da 2011 yılındaki depremde etkilenen bölgelerden rastgele seçilmiş üreme çağında 387 kadın içeren bir örnekleme kesitsel bir çalışma uygulamıştır. Hopkins Semptom Kontrol Listesi-25 kullanılarak örneklemdaki depresyon ve kaygı ölçülmüştür. Çalışmanın amacı, Pakistan’da 2005 yılı Ekim ayında meydana gelen depremde etkilenen üreme çağındaki (15-49 yaş) kadınlar arasında depresyon ve anksiyeteyi ifade eden sosyal

içeriksel faktörleri araştırmaktır. Çalışma neticesinde, kadınların deprem sonrası ruh sağlığı ve üreme sağlığı, sosyoekonomik durum ve sağlık hizmeti ulaşımı arasındaki ilişkinin karmaşık olduğu ve bunun özellikle kadınların sosyokültürel rolü ile açıklandığı sonucuna varılmıştır.

Augusterfer ve ark. (2015), uluslararası ve afet sonrası ortamlarda ruh sağlığı ihtiyaçlarını temin etmek için bilhassa telefon vasıtasıyla tedavinin kullanımına odaklanarak global sağlık gereksinimlerini incelemiştir ve 2010 yılı Haiti depreminin ruh sağlığı üzerine etkisini ve afet sonrası Haiti’de telefon vasıtasıyla tedavinin kısıtlı kullanımını sunmuşlardır. Telefon vasıtasıyla tedavi, tıpta ve ruh sağlığında yetersiz hizmet alan yerlere ve afet sonrası ortamları içeren dünyanın ulaşması zor yerlerine kanıta dayalı en iyi tedavileri getirme kapasitesine sahiptir. Çalışma bünyesinde, afet sonrası ortamlarda telefonla tedavi kullanımı üzerine yapılan çalışmaların yetersiz olduğunun da üstünde durmuştur.

Popülasyona dayalı sağlık risk değerlendirmesi, vaka belirlemeyi ve hizmet tasarımı hızlandırdığından dolayı, bütünleşmiş hizmetin büyük ölçekli uygulamaları ile büyük ölçüde ilişkili olarak düşünülmektedir. Dolayısı ile, Espín ve ark. (2016) çalışmalarında, Hizmet Koordinasyonunu Geliştirme ve teknoloji yoluyla sağlıkla ilgili hizmetlerin dağıtımına katılan beş bölgede (İskoçya, Bask Ülkesi, Katalonya, Lombardiya ve Groningen) kullanılan beş sağlık risk değerlendirme stratejisini ve sağlık göstergelerini analiz etmeyi amaçlamışlardır. Çalışma neticesinde, sağlık risk tahmini modellemesi oluşturmak için bir popülasyon sağlık yaklaşımına ihtiyaç olduğu konusunda anlaşmaya varılmıştır.

Afet sığınmacılarını ağırlayan ailelerin ruh sağlığı üzerine yapılmış çalışmaların yetersizliğinden dolayı, Messiah ve ark. (2016); 2010 yılındaki Haiti deprem afeti sığınmacılarını ağırlayan hanelerde yaşayanları kıyaslamak için Florida’nın Miami-Dade ilçesinde Ekim 2011 ile Aralık 2012 arasında rastgele bir örnek anketi uygulamıştır. Standart hale getirilmiş puanları ve eşikleri kullanarak Haitili katılımcılar; yaygın üç davranış bozukluğu olan travma sonrası stres bozukluğu, genelleştirilmiş kaygı bozukluğu ve majör depresif rahatsızlığının

semptomları için değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, afetin kendisine maruz kalma durumundan ötürü risklerden bağımsız olarak, bir doğal afet sığınmacılarını ağırlamanın majör depresif rahatsızlık ve diğer yaygın davranış bozukluklarının riskini yükselttiği, dolayısıyla sığınmacıları ağırlayan ailelerin özel ilgiyi hak ettiği gözlemlenmiştir.

Pérez-Martín ve ark. (2017), gerçekleştirdikleri vaka raporunda, 2011 yılı Mayıs'ında Lorca (İspanya)'daki depremin mağdurları için geçici bir kamptaki popülasyonun demografik karakteristiklerini belirlemeyi amaçlamıştır. Dört suçiçeği vakasını takiben yerinden edilmiş popülasyonda kontrol önlemleri alınmıştır. Bu önlemler suçiçeğine karşı; aşılanmanın yanında, komşu bölgelerde kızamık vakalarının olmasından dolayı; kızamık, kabakulak, kızamıkçık aşılarını da içermektedir. Çalışma bünyesinde, salgını kontrol önlemleri, aşılama kapsamı ve aksiyonların maliyetleri tanımlanmıştır. Yapılan çalışma ikincil vakaların önlenmesinde büyük bir etkinlik göstermiştir, zira sadece iki vakaya rastlanmıştır ve bunların biri suçiçeğine karşı aşı almıştır.

Kaya ve ark. (2019), çalışmalarında, hastanelerdeki mevcut risk değerlendirme uygulamaları ile bir takım zorlukları belirlemiştir: yeterince geniş paydaş grupları ile konsültasyon eksikliği, tutarlılık ve şeffaflık eksikliği ve yetersiz risk değerlendirme kılavuzluğu. İlk değerlendirmede, kullanıcı ihtiyaçlarını ve gereksinimlerini belirlemek için görüşmeleri ve doküman analizini de içeren karışık yöntemler ile V sistem gelişimsel model kullanılmıştır. Temel risk değerlendirme adımlarını gösteren bir risk değerlendirme modeli, her adımı uygulamaya yardım etmek için teşvik sağlayan risk değerlendirme açıklama kartları ve risk değerlendirmeyi sistematikleştirmek ve bulguları dokümanete etmeye yardım etmek için risk değerlendirme formu içeren bir risk değerlendirme çerçevesi tasarlanmıştır. 10 katılımcı ile görüşmeler yapılmış ve elde edilen raporlanmıştır.

İnsan kaynaklı afet ortamlarında sağlık üzerine yapılan çalışmalar beş başlık altında toplanabilir ve bunların özeti aşağıda verilmiştir:

Afete müdahale: Ev sahibi sağlık hizmetlerinin bir afete müdahalesi hakkında basılmış çalışmalar çok aydınlatıcı olmadığı için, Porignon ve ark. (1995), çalışmalarında, Ruanda sığınmacı krizinde özellikle Zaire'nin sağlık hizmetlerinin rolüne odaklanmıştır. Çalışma için, kamplar hariç en önemli yerleşim alanlarından biri olması dolayısıyla Coma'nın kuzeyinde bulunan Rutshuru Sağlık Bölgesi seçilmiştir. Rutshuru Sağlık Bölgesi'nin dışında konumlanmış Ruandalı sığınmacılar ile ilgili veri çeşitli kaynaklardan toplanmıştır: Öncelikle, yerel seviyede sağlık programının uygulanması ve görüntülenmesi için gerekli veriyi sağlayabilecek olan yerel sağlık bilgi sisteminden faydalanılmıştır. Takiben, WHO tarafından tanımlanan ilkelere göre Rutshuru Sağlık Bölgesi çalışanları tarafından hazırlanmış haftalık epidemiyolojik raporlar analiz edilmiştir. Son olarak, ek bilgiler toplamak için bir aylık saha ziyaretleri yapılmıştır. Bulgular, Ruandalı sığınmacıların Zaire'nin sağlık hizmetlerine gerçekten bir yük olduğunu ve bu hizmetlere aşırı yüklenmeye sebebiyet verdiğini göstermiştir. Bununla birlikte, krizin yerel popülasyon için halk sağlığı sonuçlarının afetin tamamlayıcı bir parçası olarak düşünülmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Sağlık sistemi performansı: Porignon ve ark. (1998), kırsal bir bölgenin, tahrip edici koşullar altında tıbbi aktivitelerini uyumlandırma ve muhafaza etme yeteneğini göstermeyi amaçlamıştır. Bu amaçla, yerel sağlık sistemlerinin performansı, 1985-1995 yılları arasında Rutshuru Sağlık Bölgesi'nde bir araya getirilmiş tıbbi veri ile değerlendirilmiştir. Ruanda sığınmacı krizi boyunca toplanmış belirli veri, sığınmacılardan dolayı Rutshuru Sağlık Bölgesi'ndeki aşırı yüklenmeler ile ölçülmüştür. Çalışma neticesinde, Rutshuru Sağlık Bölgesi'nin çeşitli baskılardan ciddi bir şekilde etkilendiği fakat yine de bölgenin hizmetlerinin bu krizlere önemli ve etkili müdahale sağlamayı başardığı sonucuna varılmıştır. Sağlık bölge sistemleri bu gibi olumsuz şartlar altında sağlık hizmeti sağlamada etkili bir araç teşkil etmektedir.

Tanaka ve ark. (2004), Lugufu Kampı'nda yürüttükleri çalışmada, kamp kurmuş sağlık hizmetlerinde sığınmacı katılımını analiz etmiştir. Buna ek olarak,

bu sağlık hizmetlerinin başarısı araştırılmış ve gelişmiş sağlık hizmetleri için sığınmacıların başka ihtiyaçları da çalışma dâhilinde tanımlanmıştır. Bu kesitsel gözlemsel çalışma için, yapılandırılmış anketler kullanılmıştır. Ayrıca, odak grup görüşmeleri vasıtasıyla ilave bilgiler de toplanmıştır. Çalışma bünyesinde sağlık bilgi sistemi sığınmacıların sağlık hizmetlerine katılımlarının, kendi bilgi ve hizmetleri ile ve bir takım olarak birlikte çalışarak akranlarının sağlık problemlerini çözmeye katkıda bulunabilecekleri duygusunu yeniden kazanmalarına yol açmıştır.

Sağlık aktiviteleri ve kapasiteleri: Chynoweth (2008), krizlerde kadınların ve kızların sağlığını ve yaşamlarını korumak için, Irak'taki savaştan kaçan Ürdün'deki sığınmacılar kapsamında insani koordinasyon; cinsel şiddetten korunma ve müdahale; HIV (Human Immunodeficiency Virus- İnsan Bağışıklık Yetmezliği Virüsü) yayılımının minimizasyonu; gebelikte anne ölümü, yeni doğan ölümü ve engelliliğinin azaltılması ve kapsamlı üreme sağlığı hizmetlerinin planlanması şeklinde beş üreme sağlığı aktivitesini incelemiştir. Özellikle cinsel şiddetin koordinasyonu, önlenmesi ve hayatta kalanlar için tedavi olmak üzere, bu kapsamların her birinde önemli boşluklar mevcuttur. Bu krize cevap verme için öneriler; üreme sağlığı hizmetlerine öncelik vererek uygulanmasını koordine etmek için bir merkez noktası belirlemeyi, cinsel sömürüyü önleme ve cinsel şiddetten hayatta kalmışlara tıbbi tedavi sağlamayı, tüm sığınmacılar için acil doğum tedavisi sağlamayı, HIV yayılımını önlemek için standartlara uyum sağlamayı garanti etmeyi içermektedir.

Crooks ve Hailegiorgis (2013), Kenya'da Dadaab sığınmacı kamplarında kolera yayılımını araştırmak için mekânsal olarak belirgin çoklu bir ajan tabanlı model geliştirmiştir. Çalışmadaki ana ajan, kamplarda yaşayan bireysel bir sığınmacıyı temsil eden sığınmacı ajandır. Modelin dinamikleri ajanların çevreleri ile etkileşiminden hareket eder. Çalışmada, kirli suyun alımından belirti göstermeye kadar geçen süre Şüpheli-Maruz Kalmış-Enfekte-İyileşmiş (SEIR-Suspected-Enfected-Infectious-Recovered) modeli ile gösterilmiştir. Modelin

sonuçları, kolera yayılımının kirlenmiş su kaynaklarından radyal (ışınsal) olarak geliştiğini ve hizmet koşullarına etkisi olabileceğini göstermiştir.

Akl ve ark. (2015), çalışmalarında; insani krizler boyunca ve sonrasında; sağlık hizmeti sağlayan veya finanse eden organizasyonlar, ajanslar ve kuruluşlar arasındaki farklı mekanizmaların ve koordinasyon modellerinin sağlık hizmetlerine ve sağlık çıktılarına erişim açısından nasıl kıyaslanacağını değerlendirmiştir. Seçim, veri soyutlama ve önyargı değerlendirmesinin riski için standart sistematik inceleme metodolojisi takip edilmiştir. Bulguların kalitesi için GRADE (The Grades of Recommendation, Assessment, Development and Evaluation-Tavsiye, Değerlendirme, Gelişim ve Tespitlerin Puanları) yaklaşımı kullanılmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgular araştırma gündemini bilgilendirebilir ve gelişmiş tutumlara ve bu alandaki raporlamaya olan ihtiyacı vurgulamaktadır.

İnsani ortamlarda üreme sağlığını düzenlemek için organizasyonel kapasite hakkında az şey bilindiğinden ötürü, Tran ve ark. (2015), çevrimiçi bir anket aracı kullanarak insani ortamlarda üreme sağlığının devam eden kurumsal deneyimlerini ve kapasitelerini detaylandırmayı amaçlamıştır. Elde edilen sonuçlar insani ortamlarda üreme sağlığının kurumsal kapasitesinde kapsamlı bir büyüme önermektedir. Şimdiye kadar olan ilerlemeleri sağlamlaştırmak, boşlukları irdelenmek ve hızlanmayı sürdürmek kritik önemdedir.

Psikolojik konular: Alpak ve ark. (2015), travma sonrası stres bozukluğunun tekrarlanma sıklığını araştırmak ve sığınmacılar arasındaki farklı sosyoekonomik değişkenler ile bağlantısını incelemek için Türkiye’de Suriyeli sığınmacıları içeren bir çadır kampında kesitsel bir çalışma uygulamıştır. Elde edilen bulgular, Türkiye’de Suriyeli sığınmacılar arasındaki travma sonrası stres bozukluğunun, özellikle iki veya daha fazla travmatik olaya maruz kalmış ve kendisinin veya ailesinin psikolojik bozukluk geçmişi olan kadın sığınmacılar için önemli bir ruh sağlığı konusu olabileceğini göstermiştir.

Afet, çatışma ve yer değiştirmenin ruh sağlığı ve psikolojik etkilerinin belirlenmesinin, insani yardım dâhilinde kısmen yeni kavramlar olması nedeniyle,

Meyer ve Morand (2015), Birleşmiş Milletler Mülteci Ajansı'nın sığınmacılar için ruh sağlığı ve psikolojik yardım hakkındaki bir incelemesindeki bulguları detaylı bir şekilde açıklamış ve karakterize etmiştir. Bu inceleme çalışması insani alanda özellikle bir kuruluşa odaklanmasına rağmen, yerinden edilme senaryoları arttığı ve yerinden edilmenin ruh sağlığı ve psikolojik açıdan etkileri artan bir şekilde belli olduğundan dolayı, birçok insani kuruluş için de yararlı olacaktır.

Ghumman ve ark. (2016), sığınmacıların ruh sağlığı gereksinimlerini araştırmış ve bilhassa travma sonrası stres bozukluğuna odaklanmıştır. Çalışmanın çıktıları, özellikle kadın ve çocuk olmak üzere sığınmacıların travma sonrası stres bozukluğuna ve onun semptomlarına yatkın olduklarını ortaya çıkarmıştır. Travma sonrası stres bozukluğu bedensel sağlık komplikasyonları gibi negatif sonuçlara yol açabilmesine rağmen, birçoğunun yardım araması muhtemel değildir ve sığınmacılara tedavi oldukça ulaşılmaz kalmaktadır.

Alfadhli ve Drury (2018), Ürdün'de bir Suriyeli mülteci topluluğunda psikolojik yardım (özellikle sığınmacıların strese neden olan ikincil etkenlerle mücadelesini destekleyen yardım) deneyimlerini araştırmıştır. Çalışma, 13 sığınmacı ile tetkik ve görüşmeleri içererek 8 aylık bir etnografi uygulayarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya katılanların büyük çoğunluğunun kendilerini diğer sığınmacılar ile bir grup içinde düşündükleri ve onlara birçok formda destek (kitlesel veya bireysel) sağladıkları bulunmuştur.

Sağlık gereksinimleri: Massey ve ark. (2017), hem doğal afetleri hem de silahlı çatışmaları içeren, düşük ve orta gelirli ülkelerdeki insani krizlerde yaşlı popülasyonların sağlık gereksinimlerinin ispatını analiz etmek için sistematik bir inceleme sunmuştur. Bu amaçla, beş bibliyografik veri tabanından faydalanılarak sistematik bir inceleme metodolojisi yapılmıştır. Araştırma stratejisinde düşük ve orta gelirli ülkelerdeki yaşlı popülasyonlar ve insani krizler ile ilişkili terimler kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, ana sağlık çıktılarının ruh sağlığı, bedensel sağlık, işleyiş ve beslenme olduğu ortaya çıkmıştır. Çalışmanın hassasiyet faktörleri; ileri yaş, kadın cinsiyeti, dul olma, travmatik olaylara artan bir şekilde

maruziyet, önceden gelen ruh sağlığı problemleri, düşük gelir ve eğitim ve kırsal yerde ikamet etmeyi içermektedir.

Chan ve ark. (2018), Bangladeş'teki Rohingya insanlarını bir vaka durumu olarak kullanarak, sağlığı ve hayatta kalmayı destekleyici beş ana alan (su ve sanitasyon, besin ve beslenme, sığınak ve gıda dışı maddeler, sağlık hizmetlerine erişim ve bilgi) ile ilişkili olası anahtar sağlık riskleri ile ilgili yayınlanmış kaynaklardaki bulguları değerlendirmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, sürekli şiddet ve kaynak istikrarsızlığı, kötü koşullardaki Rohingya popülasyonuna neden olmuştur ve Rohingya sığınmacılarının gelecekleri ve refahları için global işbirliklerinin acil bir şekilde Myanmar ve Bangladeş arasındaki müzakereleri sağlamlaştırması ve hızlandırması gerektiğini belirtmişlerdir.

2.1. Afetlerde Sağlık Ocağı Merkezleri ile İlgili Çalışmalar

2.1.1. Doğal Afetlerde Sağlık Ocağı Merkezleri ile İlgili Çalışmalar

Teeter (1996), 1994'de; Northridge Depremi sonrası afet başvuru merkezlerindeki kamu çalışanları ve müdahale çalışanları tarafından devam ettirilen zararları ve hastalıkları detaylandırmıştır. Raporun amacı, Northridge Afet Başvuru Merkezleri'ndeki 17,883 bireyde görülen hastalıkları ve yaralanmaları değerlendirmektir. Tüm hastalardan edinilen yaş, cinsiyet, temel şikâyet, ziyaret tarihi, Afet Başvuru Merkezi lokasyonu, çıktı (tedavi edilmiş/reddedilmiş) ve afete müdahale eden (evet/hayır) bilgiler veri tabanı olarak kullanılmıştır. Sonuçlar, afet başvuru merkezlerinin yerel sağlık hizmetleri üzerindeki baskıyı hızlandırdığını göstermiştir. Neticede, bir afet meydana gelmeden önce, acil durum yöneticileri; tıbbi ilaçlar, haberleşme, su, sığınak, vb. gibi kaynakların elde bulunma durumunu belirlemek zorundadır. Ayrıca; mühendis, sağlık hizmeti sağlayıcı gibi belirli yetenekleri olan personeli edinmek için de gelişmiş olmak zorundadır.

Edwards ve ark. (2007), temel bakım doktorlarından tıbbi afet planlarında nadiren bahsedildiği için, çalışmalarında, çoğunlukla doktorları ve yöneticileri içeren bir grubun Katrina Kasırgası'nda tahliye edilen 3,700 kişi için üstlendiği

sorumluluğa odaklanmıştır. Çalışma bünyesinde, tahliye edilen kişilerin en sık rastlanan ihtiyaçları, kronik hastalıklar için ilaç tedavisi ve cilt enfeksiyonları için tedavi olarak belirlenmiştir. Çalışma, afetzedelerin tıbbi ihtiyaçları ile ilgili etkili bir yaklaşım olmuştur ve bir acil servis bölümü ve hastaneye aşırı yüklenmeyi önlemiştir. Bu çalışmanın, özellikle pandemik tehditler olmak üzere doğal veya insan kaynaklı afetler için gelecek planlama girişimlerine rehberlik etmesi beklenmektedir.

Sağlık hizmetinin topluluk hazırlığına entegrasyonunun durumunu değerlendirmek için, Wineman ve ark. (2007), kendi topluluklarındaki sağlık hizmetleri ve acil durum hazırlığı ve müdahale planlaması girişimleri arasındaki bağlantıların ulusal bir çalışmasını yapmıştır. Çalışmanın ana amaçları, sağlık hizmetlerinin ulusal bir şekilde temsil edildiği bir örnekleme mevcut bağlantıların daha iyi anlaşılmasını sağlamaktır. Bu amaçla, 2005 yılı Şubat ayında Temel Sağlık Hizmeti İnsan Kaynakları ve Hizmet Yönetim Bürosu tarafından desteklenen sağlık hizmetleri popülasyonuna 60 maddeli bir anket yollanmıştır. Sonuçlar bir araya toplanmıştır ve ki-kare analizi ile aralarında güçlü bağlantılar olan faktörler belirlenmiştir.

Abbas ve Routray (2013), sel boyunca sağlık ocağı hizmetindeki sekmeler için semi kantitatif bir risk değerlendirme yöntemi geliştirmiştir. Model, Sudan temel sağlık hizmeti kapsamında geliştirilmiştir ve daha geniş kapsamda uygulanması için valide edilmiştir. Çalışma neticesinde sekiz sağlık merkezinin orta risk seviyesinde olduğu, bir sağlık merkezinin ise hizmette kesinti olmasının yüksek riskinde olduğu elde edilmiştir. Yine de, hizmet edilen popülasyonun büyüklüğü ve kullanım katsayısı gibi faktörler de müdahale için karar verirken dikkate alınmalıdır.

Fares ve ark. (2014), olası tehditleri katmanlaştırmak, bu tehditlerin olasılığını ölçmek ve afet hazırlığını yönlendirmek için tehlikenin hasar yaratabilme analizini (HVA) kullanmıştır. Çalışmanın ana amacı, Harvard Tıp Fakültesi'ndeki Afet Tıbbi Bölümü ile işbirliği yaparak ve HVA aracını kullanarak

Abu Dabi Emirliği'ndeki halk hastanelerinin afet hazırlık seviyelerini analiz etmektir. İkincil amaç ise her tesisin afet planını incelemek ve HVA bulgularına göre tavsiyeler yapmaktır. İncelemeye dayanarak, bu çalışmada daha doğru veriye olan ihtiyaç, daha iyi tehlike değerlendirme yetenekleri, gelişmiş arıtma kapasiteleri ve hastaneye özel acil yönetim programları, hastane olay komuta sistemi ve merkezileştirilmiş, özel bir bölgesel afet koordinasyon merkezini içeren sekiz gözlem yapılmıştır. Çalışma ile, Abu Dabi'deki sağlık hizmeti tesislerinde ilk defa HVA başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Çalışma, çok disiplinli acil durum hazırlığı süreçlerinin başarılı bir diğer örneği olarak da hizmet etmektedir.

Kanter ve ark. (2015), bozulmuş topluluklardaki sağlık hizmetini geliştirmeyi ve değerlendirmeyi amaçlamıştır ve bu amaçla yetersiz hizmet alan yerlerde temel bakım için mevcut politikaların, uygulamaların ve araştırma çerçevelerinin faydalı olabileceğini ortaya çıkarmıştır. Evde sağlık hizmeti unsurları yerel veya bölgenin dışındaki geçici sağlayıcılar tarafından sunulabilir. Afete maruz kalmış popülasyon için finansal yardımın afet sonrası kaynakları sıklıkla geçicidir ve gelişmektedir; sabit hizmetler ve sigorta kapsamı iyileşene kadar tedavinin maliyetlerini karşılamak için güncel bilgi gerektirmektedir. Dahası, çalışma dâhilinde, evde sağlık hizmeti konsepti ve bununla ilişkili hizmetler incelenmiştir.

Al-Ali ve Abu Ibaid (2015), sağlık hizmetleri uzmanlarının afet yönetimi için kendi bilgilerini, yeteneklerini ve hazırlıklarını kavramalarını değerlendirmek için Kuzey Ürdün'deki sağlık ocaklarında bir anket yapmıştır. Bu amaçla 57 sağlık merkezini içeren çok aşamalı tesadüfi bir örneklem kullanılmıştır. Toplamda 207 katılımcı Afete Hazırlık Değerlendirme Aracı'nın Arapça versiyonunu tamamlamıştır. Çalışma neticesinde katılımcıların afet algılarında, bilgi ve yeteneklerinde; cinsiyetlerine, uzmanlıklarına ve afet durumuna maruz kalmalarına göre farklılıklar ortaya çıkmıştır. Ürdün'de afet yönetimi için sağlayıcıların hazırlıklarını geliştirmek için ileri eğitime ve eğitim kurslarına ihtiyaç vardır.

2.1.2. İnsan Kaynaklı Afet Ortamlarında Sağlık Ocağı Merkezleri ile İlgili Çalışmalar

İsrail ve Filistin arasında 2009 yılı Ocak ayından beri devam eden çatışma, suya erişimde ve sanitasyonda sıkıntılara yol açtığından dolayı, Abouteir ve ark. (2011), Gazze şeridinde bir sağlık ocağında diyare olunması ve suya erişimi içeren çeşitli risk faktörleri arasındaki bağlantıyı araştırmıştır. Bu amaçla, ileriye yönelik veri kaydı ile birlikte, eşleştirilmiş olgu-kontrol çalışması yürütülmüştür. Vakalar, bir sağlık ocağına diyare için gelen hastalardır ve kontroller önceki üç ay dâhilinde veya doğuştan diyare haricindeki başka bir nedenden gelen hastalardır. Katılma günü, yaşı ve cinsiyeti açısından 133 vaka ile 133 kontrol eşleştirilmiştir. Vakalara, bakteri ve parazitler için gaita tahlili yapılmıştır. Çalışma neticesinde tedavilerin Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tavsiyeleri ile bağdaşmadığı gözlemlenmiştir. Suya erişimi güçlendirmek için daha fazla çaba gösterilmelidir ve Gazze şeridindeki diyarenin daha iyi yönetilebilmesi için talimatlar uygulanmalıdır.

Kane ve ark. (2014); ruhsal, nörolojik ve madde kullanımı problemlerinin tedavisi için sağlık ocaklarına ziyaretlerin oranları vasıtasıyla sığınmacı kamplarındaki ruhsal, nörolojik ve madde kullanımı hizmetlerinin temas kapsamını araştırmıştır. Çalışma, Birleşmiş Milletler Mülteciler Yüksek Komiserliği'nin Sağlık Bilgi Sistemi'nden edinilen ve düşük ve orta gelir düzeyindeki 90 sığınmacı kampından 2009 yılı Ocak ayı ile 2013 yılı Mart ayı arasında toplanan gözlem verisini kullanmıştır. Bu birinci basamak tedavi ortamlarına ziyaretler yedi ruhsal, nörolojik ve madde kullanımı kategorisi açısından kaydedilmiştir: epilepsi/nöbet; alkol/madde kullanımı; zihin geriliği/zihinsel engellilik; psikotik bozukluk; duygusal bozukluk; tıbben açıklanamayan bedensel şikâyet ve diğer psikolojik şikâyetler. Ruhsal, nörolojik ve madde kullanımı ziyaretlerinin oranı ülke, cinsiyet ve yaş grubu açısından sunulmuştur. Her ay; 1000 kişi için ruhsal, nörolojik ve madde kullanımı ziyaretlerinin oranlarını oluşturmak için veri, kamp popülasyonu verisi ile birleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, stres ile ilişkili akli durumlara ek

olarak şiddetli nöropsikiyatrik engelleri yönetebilmek için, sığınmacı sağlık sistemlerinin de hazırlıklı olması gerektiği gözlemlenmiştir.

Van Der Veen ve ark. (2015), personelin sağlığı ve stres yönetimi üzerine olan anlayışını arttırarak, Kosova’da temel sağlık hizmetine personelin sağlığının entegrasyonunu belirlemiştir. Bu amaçla, çalışma bünyesinde, 18 ulusal temel sağlık hizmeti personeli eğitilmiş ve 1000’den fazla aile hekimi ve hemşire stres yönetimi seminerlerine katılmıştır. Programın uygulanmasını denetlemek için temel paydaşları içeren bir komite bu işten sorumlu tutulmuştur. Bu komite, revize edilmiş sağlık stratejisi 2014-2020’ye personelin sağlık ve stres yönetiminin entegrasyonunu başarılı bir şekilde savunmuştur. Değerlendirme bulguları ile yapılandırılmış destek sunmanın, iş ile ilgili problemleri tartışmak için fırsatlar yaratmanın, iş ve kişisel hayat ile ilgili stres ile başa çıkmak için araçlar sağlamamanın, personelin zorlayıcı koşullar altında profesyonel görevlerine devam etmelerine yardımcı olduğu görülmüştür.

Tedavi edici sağlık hizmeti vermede sivil toplum kuruluşları önemli bir rol oynadığından ötürü, Yagub ve Mtshali (2015), çalışmalarında, özellikle Batı Sudan’ın Kuzey Darfur eyaletindeki çatışma sonrasında, tedavi edici sağlık hizmetlerini vermede sivil toplum kuruluşlarının performansını etkileyen zorlukları ve mücadeleleri analiz etmeyi amaçlamıştır. Birincil veriler hükümet ve sivil toplum kuruluşları temsilcileri ile yapılan görüşmeler vasıtasıyla toplanırken; ikincil veriler, hükümet ofisleri ve Sudan ve Kuzey Darfur eyaletindeki tıbbi kuruluşları içeren farklı kaynaklardan toplanmıştır. Sonuçlara göre, Kuzey Darfur eyaletindeki hükümet, finansal bütçesinin %1’inden azını sağlık hizmetleri sağlamaya harcarken %70’ini güvenliğe harcamıştır. Uluslararası sivil toplum kuruluşları sağlık bütçesinin %52,9’una ve 1,390 sağlık personeline katkıda bulunarak eyaletin tedavi edici sağlık hizmetlerinin %70’ini sağlamaktadır. Bunlar neticesinde, 50’den fazla hemşire hizmet ve tedavi vermek için eğitilmiştir; 23 doktordan fazlası laboratuvar ekipman operasyonunda eğitilmiştir ve yaklaşık 6 kıdemli doktor ve hastane yöneticisi yönetim eğitimi almıştır.

Daw ve ark. (2016), silahlı çatışmadan olumsuz bir şekilde etkilenen Libya sağlık hizmetini değerlendirmeyi amaçlamıştır ve problemleri belirlemeye, öncelik ve engelleri özetlemeye odaklanmıştır. Çatışma sonrası acil periyottaki Libya sağlık sistemindeki zarar, ihtiyaç ve problemleri belirlemek için; karakterize etme, gözlem ve doğal tepki anketlerini içeren entegre olmuş kantitatif ve kalitatif metodolojiler kullanılmıştır. Çalışma, Libya'nın batı kısmında bölgedeki silahlı çatışmadan etkilenen çeşitli 216 sağlık hizmeti tesisini içermektedir. Sonuçta, bu 216 sağlık hizmeti tesisindeki yapısal hasar %28,7 olarak bulunmuştur. Bu hasarlı tesislerin %5,1'i tamamıyla tahrip olmuştur ve %23,6'sı kısmen hasar görmüştür. Hasarın kapsamı bir bölgeden diğerine değişmektedir. Olağandışı problemler, ihmal edilmiş yetimlerden, cesetlerden ve özellikle yeri değiştirilmiş iller arasındaki olağan olmayan enfeksiyonun belirmesinden ortaya çıkmaktadır. Çalışma neticesinde elde edilen sonuçlara göre Libya sağlık sistemini yeniden yapılandırmak için ulusal ve uluslararası çabalar birleştirilmelidir ve uzun vadede sürdürülebilir stratejiler uygulanmalıdır.

Doocy ve ark. (2016), Lübnan'da Suriyeli sığınmacılar ve ev sahibi topluluklar arasında iki aşamalı bir küme anketinden faydalanarak kesitsel bir anket çalışması uygulamıştır. Bu doğrultuda, çalışma; sığınmacılar arasında sağlık hizmetlerinin tıbbi durumunu, karşılanmayan gereksinimleri ve bunların uygulanmasını değerlendirmiştir. Kronik bulaşıcı olmayan hastalıklar üzerine bilgi edinebilmek için, katılımcılara hipertansiyon, kardiyovasküler hastalık, diyabet, kronik solunum hastalığı ve eklem iltihabı hakkında bir dizi soru sorulmuştur. Sığınmacıların (%50,4) ve ev sahibi topluluğun (%60,2) yarısından fazlası bulaşıcı olmayan beş hastalıktan birine sahip olduğunu bildirmiştir. Kronik solunum hastalığı hariç tüm durumlar için ev sahibi topluluğun prevalansı sığınmacılardan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Çalışma sonucunda, kamu kesimi sağlık sisteminde yapılacak daha büyük yatırımlardan tüm tarafların faydalanabileceği sonucuna varılmıştır. Temel bakım seviyesinde bulaşıcı olmayan hastalıklar için hizmetin kalitesini geliştirmede gösterilecek çabalar da; olumsuz sonuçları

önlemenin ve bulaşıcı olmayan hastalıklar için hizmetin toplam maliyetini düşürmenin kritik bir bileşenidir.

Rahman ve ark. (2016), birinci basamak tedavi ortamlarında sağlık çalışanlarının ruhsal endişeleri olan yetişkinlere çok unsurlu müdahalelerinin etkinliğini analiz etmek için Pakistan'ın Peşaver şehrindeki üç Sağlık Ocağında 2014 yılı Kasım ayı ile 2016 yılı Ocak ayı arasındaki rastgele hale getirilmiş bir klinik denemeyi ele almıştır. Başlıca çıktılar, anksiyete ve depresyon semptomları, Hastane Anksiyete Depresyon Ölçeği ile bağımsız olarak ölçülmüştür. Birinci basamak tedavi ortamlarında randomize edilmiş bu klinik deneme ile psikolojik sıkıntı ile zarar görmüş 346 yetişkine rastgele olarak ya müdahale edilmiştir ya da gelişmiş hizmet verilmiştir. Üç aylık bir tedavi sonrasında, müdahale grubundakilerin gelişmiş hizmet alan gruba kıyasla daha düşük anksiyete ve depresyon skorlarına ve depresif bozukluk oranlarına sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Ürdün'deki Suriyeli sığınmacılar arasındaki bulaşıcı olmayan hastalıkların çok büyük prevalansını göz önünde bulundurarak, Sethi ve ark. (2017), bulaşıcı olmayan hastalıklar için tedavideki eksiklikleri araştırmıştır. Sığınmacılar için kronik hastalık tedavisi vermek için bir program başlatmışlar ve bulaşıcı olmayan hastalıklar ve topluluk üyeleri için sağlık gelişmelerini ve hastalık kontrolünü teşvik etmek için 500 gönüllü sığınmacı yapısı oluşturmuşlardır. Çalışma, diğer kapsamlarda topluluk sağlık programlarının başarısı üzerine kurulmuştur ve katılımcı ihtiyaç tespiti ve topluluk anketlerine dayanmaktadır. Geliştirilen model, gönüllü sığınmacı sağlık çalışanlarının karmaşık insani acil durumlarda temel sağlık aktivitelerini uygulayabileceğini göstermiştir.

Sığınmacı krizi Avrupa'nın tüm ulusal sağlık hizmeti sistemlerinde çok önemli zorluklar oluşturmuştur. Buna ek olarak, entegre edilmiş bir tedavi verilmesini teşvik etmek için temel sağlık hizmetinin rolü üzerinde sınırlı bir şekilde durulmaktadır. Açıklanan bu nedenlerden dolayı, Lionis ve ark. (2018), hızlı kapasite aktiviteleri açısından sığınmacılar için temel sağlık hizmetini

geliştirmede faydalanılan yöntemleri dokümanle etmişlerdir. Kullanılan yöntemler; çalışma periyodu boyunca Avrupa'ya ulaşan tüm insanların sağlık ihtiyaçlarının değerlendirilmesini ve eğitimsel araçların belirlenmesini, geliştirilmesini ve test edilmesini içermektedir. Geliştirilen araçlar seçilen Avrupa birinci basamak tedavi ortamlarında uygulanmalarını takiben değerlendirilmiştir.

2.2. Afetlerde Yerleştirme-Atama Problemleri

Rawls (2008), hazırladığı doktora tezi araştırmasında, yerleşim ve depolama tesislerinin kapasiteleri ile birlikte acil durum yardımlarının miktarlarını ve yerini belirleyen büyük ölçekli bir acil durum müdahale planlama aracı geliştirmeyi amaçlamıştır. Çalışmada, kasırgalar veya diğer doğal afet tehditleri için böyle bir acil durum müdahale yerleştirme-öncesi stratejiyi tasarlayan iki aşamalı bir stokastik karışık tam sayılı program sunulmuştur. Stokastik karışık tam sayılı program, tahmin edilen talepteki ve şebeke güvenilirliğindeki değişkenliği dikkate alan güçlü bir modeldir. Modelin bilgisayarlı karmaşıklığından dolayı, iki metodolojiyi birleştirerek, stokastik karışık tam sayılı program ile bütünleşmiş şebeke yapılarını göz önünde bulunduran sezgisel bir çözüm geliştirilmiştir: L-biçimli yöntem ve lagrange gevşetmesi. Bu Lagrange L-biçimli yöntemin bilgisayarlı yeteneklerini test etmek için çeşitli sayısal deneyler yürütülmüştür. Bu deneyler, yöntemin, standart bir tam sayılı program çözücüsüne (örneğin Lingo) kıyasla bilgisayarlı tutarlılığını göstermiştir. Deneylere dayanarak, Lagrange L-biçimli yöntemin büyük ölçekli yerleştirme öncesi planlama araçları için güvenle kullanılabileceği bildirilmiştir.

Lee ve ark. (2009), matematiksel modelleme, büyük ölçekli simülasyon ve güçlü optimizasyon araçlarını birleştirerek ve bunları otomatik grafik çizim araçları ve kullanıcı dostu bir ara yüz ile eşleyerek; hızlı ve pratik bir acil durum müdahalesi karar destek aracı olan RealOpt'u tasarlamış ve uygulamıştır. Geliştirilen RealOpt'un halk sağlığı acil durum koordinatörlerine sağladığı bazı özellikler şunlardır: (1) dağıtım noktası tesisi kurulumu için yerlerin belirlenmesi,

(2) otomatik bir grafik çizim aracı ile dağıtım noktaları için özelleştirilmiş ve etkin kat planları tasarlanması, (3) bir dağıtım noktası dâhilinde gerekli iş gücü kaynaklarının belirlenmesi ve bireysel yerlerdeki personelin etkin bir şekilde yerleştirilmesi, (4) hastalık-yayılması analizi uygulama ve kayıpları hafifletmek için dinamik müdahale stratejileri türetilmesine yardımcı olunması. Bu gelişmiş ve güçlü bilgisayarlı stratejiler; acil durum koordinatörlerinin tasarım kararlarını hızlı bir şekilde analiz etmelerine, en iyi tahminler ve kullanılabilir uygulamalar üzerine uygun bölgesel ilaç hazırlama planları oluşturmalarına olanak sağlar. Çünkü planlama stratejilerini analiz etme yeteneği, çeşitli seçenekleri kıyaslama ve ilaç hazırlama stratejilerinin maliyet açısından en etkin kombinasyonunu belirleme; herhangi bir ilaç hazırlama çabasının nihai başarısı için kritik önemdedir.

Amram ve ark. (2012), çalışmalarında kitlesel zayıat olaylarının yönetimini desteklemek için bir model geliştirmiştir. Geliştirilen bu kitlesel zayıat hasta atama modeli sürme zamanlarını ve gerçek zamanlı yatak kapasitelerini içererek yakındaki hastaneler hakkında anahtar bilgi sağlayarak etkili tahliyeleri hızlandırmak için tasarlanmıştır. Bu veriler, kitlesel zayıat olayları boyunca zamanında ve uygun hasta atamalarına destek olacak şekilde doktor yardımcılarının bilgiye dayalı bir şekilde karar almalarına olanak sağlayacaktır. Model, ayrıca afet hazırlığı ve ilk müdahale eğitimi için senaryo tatbikatlarına da olanak sağlamaktadır. Bu doğrultuda, çalışma bünyesinde, Metro Vancouver'daki tüm lokasyonlardan tüm Seviye I ve III travma hastanelerine yol ulaşım süresini önceden hesaplamak için yol şebekesi ve hastane konumu verisi kullanılmıştır. Hastane kapasite verisi hastanelerden elde edilmiştir ve hastanın kitlesel zayıat olayı lokasyonundan tahliyesini takip ederek güncellenmiştir. Bu veriler, acil durum müdahalesi personeli tarafından kullanılmak üzere çok yönlü ve internet temelli bir benzetim modeli oluşturmak için kombinasyon halinde kullanılmıştır. Çalıştırılan model; karar verme sürecine saniyeler içinde kritik bilgi sağlamaktadır. Bu bilgi en yakındaki hastaneye sürüş süresini, her hastanenin travma seviyesini, olaya ilişkin hastanelerin lokasyonunu ve güncel hastane kapasitesini içermektedir.

Yerleştirme-atama problemleri kombinasyonel bir optimizasyon problemidir ve deterministik olmayan çok terimli zor optimizasyon olarak tanımlanabilirler. Böyle bir problemin çözümü, problemin karmaşıklığından ötürü, tam-kesin çözümlerden sezgisel veya üst-sezgisellere kaymalıdır. Tıbbi merkezleri yerleştirmek ve bir depremden zarar görmüş kişileri buralara atamak deprem afet yönetiminde yüksek öneme sahiptir ve bu durum üzerine düzgün bir yöntem geliştirmek yardım harekâtının süresini azaltacak ve dolayısıyla kayıpların sayısını azaltacaktır. Bu sebeplerden yola çıkarak, Aghamohammadi ve ark. (2013), çalışmalarında, bu yerleştirme-atama problemini optimize etmek için Coğrafi Bilgi Sistemi'ni (Geographic Information System-GIS) kullanarak ve iç içe geçmiş iki genetik algoritmaya dayanarak sezgisel bir yöntem geliştirmiştir. Önerilen yöntemde amaç tahliye operasyon süresinin minimize edilmesidir ve dıştaki genetik algoritma problemin lokasyon kısmına uygulanırken içteki genetik algoritma ise kaynak atamasını optimize etmek için kullanılmıştır. Uygulanan yöntemin nihai çıktısı, gereken yeni tıbbi merkezlerin mekânsal konumlarını içerir. Önerilen yöntemin sonuçları, yaralanan insanların makul bir sürede tıbbi merkezlere atanmasının gerekeceği bir afet durumundan kaynaklanabilecek kapasiteli bir yerleştirme-atama problemini çözmede yüksek performans göstermiştir.

Muaafa ve ark. (2014), çalışmalarında, acil tıp müdahale stratejilerinin tasarımını hızlandırmak için çok-amaçlı bir optimizasyon modeli (ve çözümü için evrimsel bir algoritma) geliştirmiştir. Geliştirilen model şu parametrelerin seçimi ile karakterize edilmiştir: (1) geçici acil ünitelerinin lokasyonları, (2) acil durum taşıtlarının rotaları ve (3) her geçici acil üniteye nakledilecek felaketzedelerin sayısı. Çok-amaçlı optimizasyon modeli iki amacı optimize etmektedir: (1) tüm felaketzedeleri etkilenmiş alanlardan geçici acil ünitelerine tahliye etmek için gereken toplam süre olarak tanımlanan müdahale zamanı ve (2) ambulansların ve geçici acil ünitelerinin temin maliyetinin ve acil araçları tarafından gidilen uzaklığa dayalı stratejinin operasyonel maliyetinin bir fonksiyonu olarak maliyet. Çok-

amaçlı optimizasyon modelini çözmek için, Olasılıksal Çözüm Bulma Algoritması olarak adlandırılan evrimsel bir algoritma kullanılmıştır. Bu algoritma çoklu acil tıbbi müdahale stratejilerini oluşturmak için kullanılmıştır ki her strateji bir çözüm sunmaktadır ve Pareto optimum çözümlerin yaklaşık bir kümesini bulmaktadır. Çalışma bünyesinde geliştirilen bu yaklaşımın farklı müdahale zamanı ve maliyet değerleri olan stratejiler arasındaki ödünleşimleri değerlendirmede karar vericilere yardımcı olması beklenmektedir.

Katrina Kasırgası'nı ve 2009 yılında meydana gelen H1N1 salgını takiben, pediatrik yoğun bakım doktorları standartlaştırılmış triyaj/atama sistemine olan acil ihtiyacın farkına varmışlardır ve Johnson ve ark. (2014), çalışmalarında, bir afet/pandemi ortamında hizmet ataması ve pediatrik triyaj konuları üzerine bölgesel sağlayıcı düşünceleri toplamıştır. Çalışma, Amerika Birleşik Devletleri sağlık hizmeti sağlayıcılarının ve halk sağlığı çalışanlarının kesitsel bir anketidir. Anket elektronik bir dinleyici cevap sistemi kullanmıştır ve demografik, etik ve mantıklı sorular içermektedir. Katılımcılar arasındaki düşüncelerdeki farklılıklar mesleklerine göre gruplandırılmıştır ve çalışma yerleri ki-kare testi kullanılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, toplamdaki 116 katılımcıdan 112'si (%97) en az bir soruya cevap vermiştir, bu katılımcılardan 4'ü her soruya cevap vermede başarısız olmuştur. Katılımcıların 62'si (%55) hemşiredir, 29'u (%26) doktor ve 21'i (%19) diğer mesleklerdendir. Çalışma neticesinde, aileler ve engelli çocuklar için hizmet veren sağlayıcıları içerecek şekilde topluluğun daha fazla bir şekilde katılımının uygulanması gerektiği önerilmiştir. Kaynaklar, kronik olarak hasta çocukların kaynakları alamayacağı anlamına gelse bile, hayatta kalma şansı en yüksek olanlara önceliklendirilmelidir. Hem pediatrik kaynak ataması hakkında kamuoyunu araştırmak hem de pediatrik hastalarının görülebileceği herhangi bir ortamda kullanılabilecek faydalı bir triyaj skorum sistemi geliştirmek için bu konu üzerinde daha detaylı çalışmalara ihtiyaç vardır.

Farahani ve ark. (2014), çalışmalarında, tesisler için başarısızlık olasılığını göz önünde bulundurmıştır ve toplam karşılanan talebi maksimize etmek için

tesislerin bir hiyerarşisinin yerleştirildiği bir model geliştirmiştir. Bu model sağlık hizmeti ve katı atık yönetimi gibi farklı alanlarda uygulanabilir. Sonrasında, modeli etkin bir şekilde çözmek için melez bir yapay arı kolonisi algoritması sunulmuştur. Algoritma, lokal arama olarak 2-opt ile melezleştirilmiştir. Dahası, algoritma, yenilerini oluşturmak için kendi uygunluklarına dayanan mevcut çözümleri kullanmaktadır ki bu, algoritmanın daha verimli bir şekilde çalışmasına yardım etmektedir. Önerilen algoritmanın etkinliği, sonuçları küçük-boyutlu problemlerden elde edilen kesin sonuçlar ile kıyaslayarak test edilmiştir. Kıyaslama, sonuçların oldukça tatmin edici olduğunu göstermektedir. Sonuçta, validasyondan sonra, algoritma gerçek hayattan bir vaka çalışması üzerinde test edilmiştir. Yine de, çalışmadaki bazı varsayımların gelecekteki çalışmalarda daha fazla incelenmesi gerektiği bildirilmiştir. Ana sınırlama başarısızlık olasılıkları ile ilgilidir ve bunlar da tüm tesis seviyeleri için aynıdır. Bu varsayım da daha kolay işlenebilir bir modele yol açmaktadır. Gelecekte, problem, her tesis seviyesinin diğerlerinden farklı olarak kendi başarısızlık olasılığına sahip olduğu durumlar için araştırılabilir.

Caunhye ve ark. (2015), kitlesel akın kapasitesinin oluşturulması, kazazede önceliklendirilmesi ve planlamaya kendi kendini kurtarmanın katılması gibi konuları irdeleyerek radyolojik bir kazaya kazazede müdahalesini araştırmıştır. Çalışma dâhilinde, yıkıcı radyolojik olaylar için bir kazazede atama planı geliştirmede triyaj ve kendi kendini kurtarma hareketini göz önünde bulundurarak alternatif hizmet tesislerini yerleştiren bir yerleştirme-atama modeli geliştirilmiştir. Model, kazazedelerin toplam ağırlıklı taşınma süresini minimize eder ve kaynak sınırlamalarını dikkate alarak tedbirli bir şekilde kazazedeleri önceliklendirmek için triyaj sonuçlarını kullanır. Model, Los Angeles'daki bir radyolojik dağıtım cihazı istasyonunun vaka çalışmasına uygulanmıştır. Geliştirilen modelin, merkezi planlamacıların radyolojik kazalara etkin bir şekilde müdahale etmelerine ve müdahale tedarik zincirini daha iyi anlamalarına yardımcı olması amaçlanmıştır. Bu nedenle, ölümleri engellemeye ve özellikle terörizmin artan tehlikesinin

gelecekteki radyolojik saldırının her zamankinden çok daha engin olacağı yönündeki endişeleri arttırdığı mevcut şartlarda, acıları azaltmaya yardımcı olabilir.

Decker (2016), doktora tez çalışmasında, mevcut aday sığınakların bir kümesine dayanarak acil durum sığınağı yerleşimlerini ve kaynak atamalarını optimize etmek için karışık tam sayılı bir tesis yerleşim modeli formüle etmiştir. Geliştirilen model, etkilenmiş bir sayım bloğu ile olası bir acil durum sığınağı arasındaki şebeke erişimi süresini, sığınak kapasitesinin bir fonksiyonu olarak bir sığınağı işletme maliyetlerini ve planlama aşamasında tahliye edilen tüm kişileri bir acil durum sığınağına yerleştirememenin maliyetini minimize eder. Modelin uygulanabilirliğini ve sonuçların potansiyel kullanımlarını göstermek için Connecticut eyaleti için eyaletin tüm sahil şeridini etkileyen 4. kategoride bir kasırga fırtınası için bir vaka çalışması yürütülmüştür. Gerçekleştirilen duyarlılık analizleri model parametrelerinin etkisini incelemiştir. Sonuçta, tahliye edilen kişilerin sayısı ve planlama aşamasında tahliye edilen tüm kişiler için kapasite sağlamanın önemi hakkındaki varsayımların, çözümleri önemli derecede etkilediği bulunmuştur. Duyarlılık analizleri ve vaka çalışması, sadece sığınakların toplam sayısının değil aynı zamanda önerilen sığınakların büyüklüklerinin dağılımlarının da farklı senaryolar altında değişime uğradığını göstermiştir.

Mohamadi ve Yaghoubi (2016), yaralı kişileri tedavi etmek için zamanında çabuk müdahale sağlanması ve ilaçların ve tıbbi ekipmanların dağıtımı için güvenilir ve güvenilir depoları belirlemek için transfer yerlerinin belirlenmesi amacıyla çok-amaçlı bir model sunmuştur. Modeldeki amaç fonksiyonu, rotalardaki aksamaları göz önünde bulundurarak tesisler arasındaki toplam talep ağırlıklı taşınma süresini minimize eder. Bu terim talep noktası ile transfer noktası veya hastane arasındaki seyahat süresini, hastaneler ve ilaç depoları arasındaki seyahat süresini kapsar. Modeldeki diğer amaç fonksiyonu ise talep noktaları ve hastanelerdeki kayıp talebin maliyetini ifade eder. Büyük krizlerin dinamik doğasından ötürü, modelin parametreleri belirsiz ve dinamiktir. Modeli çözmek için, benzetilmiş tavlama algoritması ve CPLEX'den (IBM ILOG tarafından

ticarileştirilmiş optimizasyon yazılım paketi) oluşan meta-sezgisel bir algoritma geliştirilmiştir. Sonuçlar kıyaslanmış ve önerilen meta-sezgisel melez algoritmanın iyi ve etkin bir performans gösterdiği gözlemlenmiştir.

Khojasteh ve Macit (2017), afet yönetimi için tıbbi malzemelerin yerleştirilmesi ve atanmasını optimize etmek için bir çözüm olacak şekilde stokastik bir programlama modeli sunmuştur. Doğal afetlere hazırlanmak için, bu stokastik optimizasyon yaklaşımının amacı; tıbbi malzemelerin depo yerlerini seçmek, stok seviyelerine karar vermek ve tıbbi malzemelerin her tipini atamaktır. Model, aynı zamanda, büyük deprem senaryoları için yeni bir sınıflandırma kullanarak afetlerin olası etkilerini ve afet detaylarını yansıtmaktadır. Model, Türkiye’de depreme eğilimli bir şehir olan Adana için bir vaka çalışması olarak uygulanmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında depoların mevcut bir kümesinden depolar seçilmiş ve bunların stok seviyeleri belirlenmiştir. İkinci aşamada, tıbbi malzemelerin dağıtım miktarını içeren bir taşıma planı saptanmıştır. Deneysel değerlendirmeler modelin güçlü ve etkin olduğunu göstermiştir ve önerilen metodolojinin afet yönetiminde farklı paydaşlardan gerekli bilgi sağlandığında herhangi bir şehir için uygulanabileceği vurgulanmıştır.

Gao ve ark. (2017), geçici acil tıbbi merkezlerin yerleştirme-atamasını belirlemek için hem başlangıç ölüm riski değerinin hem de seyahat mesafesinin (seyahat süresi) sebep olduğu nihai hasta ölüm riski değerini (hasar şiddeti) göz önünde bulundurmıştır. Afet sonrası etkili kurtarma görevleri geliştirebilmek için modellerin iki amacı geliştirilmiştir. Bu amaçlar tüm afet alanındaki hastaların toplam ölüm riski değerini ve toplam seyahat süresini minimize etmeyi içerir. Sonrasında, geçici acil tıbbi merkezlerin yerlerine ve atamalara karar vermek için modifiye edilmiş bulanık C-yol kümeleme algoritması geliştirilmiştir. Önerilen modelin geçici tıbbi hizmet merkezlerinin yerleşimini ve atamasını nasıl optimize ettiğini göstermek ve Portland bölgesinde deprem sonrası acil durumları ele almak için açıklayıcı örnekler verilmiştir. Dahası, önerilen algoritmanın afete müdahalede geçici tıbbi hizmet merkezleri için toplam seyahat süresini ve toplam ölüm riski

değerini minimize etmede avantajlarını göstermek üzere sonuçların kıyaslaması çalışma dâhilinde sunulmuştur.

Alinaghian ve Goli (2017), eş zamanlı olarak etkilenmiş alanlarda geçici sağlık merkezlerini yerleştirme, etkilenmiş alanları bu merkezlere atama ve onlar için gerekli malzemeleri nakliye etmek için rotalama amaçlarıyla bütünleştirilmiş belirsiz bir model dikkate almıştır. Sağlık merkezleri, etkilenmiş alanların birine veya onların dışında bir yere kurulabilir; bu nedenle, önerilen model, etkilenmiş alanların malzemelerini (ki bu malzemelerin müşterileridir) tedarik etmek olası ise en iyi yardım operasyonu politikasını sunar. Problem deterministik olmayan çok terimli zor bir problem olduğu için, geniş ölçekte problemi çözmek için uyum arama algoritmasına dayalı bir meta-sezgisel algoritma geliştirilmiştir ve bunun performansı küçük ve büyük ölçekteki test problemleri üzerinde temel uyum arama algoritması ve komşuluk arama algoritması ile kıyaslanmıştır. Sonuçlar, önerilen uyum arama algoritmasının uygun bir verimliliğe sahip olduğunu göstermiştir.

Bir kitlesel zayıat olayına müdahalede kullanılmak üzere bir optimizasyon modeli tasarlarlarken, yaralı hastaların yoğun ve fazla talebi ve hastalara hizmet sağlamak için yetersiz kaynak ve personel ile karşılaşmak olağandır. Pouraliakbarimamaghani ve ark. (2018), gerçek hayatta daha pratik olarak bir model yaratmayı amaçlayarak, çalışmalarında, kaynak ve personel eksikliklerini tahmin etme konseptini kullanmıştır. Model, bir kitlesel zayıat olayı boyunca kaynak ve personel eksikliklerini tahmin etmeye yardım eder. Bu eksikliklerin üstesinden gelmek için, hastanelerin yakınında bazı geçici acil durum operasyon merkezleri yaratılmıştır ve hastanelerin performansını arttırma, hastanelerdeki sıkışıklığı azaltma ve hastanelere başvuranların rahatını gözetme amaçları ile hastalar hastanelerin en yakın acil durum operasyon merkezlerine atanmıştır. Modeli çözmek için baskın olmayan ayıklama genetik algoritmasını ve baskın olmayan sıralama genetik algoritmasını içeren iki çok-amaçlı meta-sezgisel algoritma geliştirilmiştir. Bunların performansı; maksimum yayılım endeksi, mesafe, Pareto çözümlerin sayısı ve merkezi işlemci yürütüm süresi değerlerini

kapsayan dört çok-amaçlı ölçü açısından kıyaslanmıştır. Kıyaslama amacı ile eşleştirilmiş t-testi kullanılmıştır. 15 sayısal örneğin sonuçları, maksimum yayılım endeksi, uzaklık ve Pareto çözümleri sayısına bağlı olarak önemli farklar olmadığını ve merkezi işlemci yürütüm süresi açısından baskın olmayan sıralama genetik algoritmasının baskın olmayan ayıklama genetik algoritmasından önemli derecede daha iyi çalıştığını göstermiştir.

Memari ve ark. (2018), çalışmalarında, bir afet durumunda, tedavi için önceliği ciddi derecede yaralanan kişilere vererek hastaların maksimum atanmasını gerçekleştirmeyi amaçlamıştır. Bu amaç ile birden çok tıbbi dağıtıcı ile yeni bir bulanık dinamik iki-amaçlı yerleştirme-atama modeli ve M/M/c kuyruk sistemi çerçevesi ortaya çıkarılmıştır. Hastalara müdahale edilmiştir ve hastalar dört farklı öncelik seviyesine sınıflandırılmıştır. Hasta tipi değiştiğinde, model dinamik olacaktır. Model, ayrıca, yeni hastaları da kabul edebilir ve tıbbi dağıtıcılar her periyotta bölgelerin taleplerine göre geçici acil istasyonları arasında yer değiştirebilir. Modeldeki ilk amaç, geçici acil durum istasyonlarını kurmanın maliyetini ve acil durum tıbbi hizmetin müdahale edemediği hastaları kaybetmenin oranını minimize etmektir. İkinci amaç, hastaların seyahat süresini ve kuyruk zamanını eş zamanlı olarak minimize etmektir. Verilen problemler için modeli çözmek ve validasyonunu sağlamak için genişletilmiş ε -kısıt yöntemi ve baskın olmayan sıralama genetik algoritması kullanılmıştır. Son olarak, çalışma, Tahran şehrinin acil durum tıbbi hizmet sisteminin hazırlık ve müdahale aşamalarını dikkate almıştır.

Tavakkoli-Moghaddam ve ark. (2018), çalışmalarında, bir afete müdahalede, optimum ambulans rotalarını bulmak için acil tıbbi hizmetler için eş zamanlı olarak geçici acil istasyonların yeni bir dağıtımını gerçekleştirmiştir. Planlama ve hazırlık, afet öncesi durumların aktivitelerinin bir kümesidir. Gerçekleşen son afetler ölümleri ve ölüm oranını düzgün bir şekilde azaltmak için müdahaleye hazır olunması gerektiğini öğretmiştir. Bu çalışmada, afet sonrası bir ortamda hastaları çok yüksek acil ve normal hastalar olarak sınıflandırarak hastalar

için daha iyi bir plan çıkarmaya çalışılmıştır. Sunulan modelin ana amacı toplam müdahale zamanını minimize ederek en iyi ambulans rotasını bulmaktır. Bu esnada geçici acil durum istasyonlarının optimum sayısı ve maliyetleri göz önünde bulundurularak en iyi bölge kurulumu da bulunacaktır. Model, ε -kısıt yöntemi ile tam olarak çözülmüştür ve bu çalışma karar vericiler için optimum planlamayı önerebilir. Çalışma, geliştirilen modelin afet durumlarındaki faydasını göstermiştir. Dahası bu çalışma, daha gerçekçi durumlar için uygulanabilir bir plan geliştirmek için farklı senaryoları da göz önünde bulundurmıştır.

Aşağıdaki Çizelge 2.1’de, afetlerde yerleştirme atama problemi başlığındaki çalışmaların model / kullanılan yaklaşım, amaçları, tesis tipi, afet tipi ve vaka çalışması açısından bir kıyaslaması sunulmuştur.

Çizelge 2.1. Önceki Çalışmaların Kıyaslanması

Yazar (Yıl)	Model / Kullanılan Yaklaşım	Amaçlar	Tesis Tipi	Afet Tipi	Vaka Çalışması
Rawls (2008)	Stokastik karışık tamsayılı program	Acil durum müdahale planı geliştirmek	Yerleşim ve depo tesisleri	Kasırga / diğer doğal afet	Sayısal uygulama
Lee ve ark. (2009)	Matematiksel modelleme, simülasyon, optimizasyon	Acil durum müdahalesi karar destek aracı sağlamak	Acil durum tesisi	Genel afet	Sayısal uygulama
Amram ve ark. (2012)	İnternet tabanlı model, simülasyon	Kitlesel kayıp olaylarının yönetimine destek	Travma hastane- leri	Kitle kaybı kazaları	Vancouver (Kanada)
Agha- moham- madi ve ark. (2013)	CBS, genetik algoritmalar	Tahliye operasyon süresinin minimize edilmesi	Tıbbi merkez	Deprem	Sayısal uygulama
Abbas ve Routray (2013)	Yarı kantitatif risk değerlendirme modeli	Sağlık ocaklarında hizmet kesilmesi riskini	Sağlık ocağı	Sel	Kassala (Sudan)

değerlendirme					
Muaafa ve ark. (2014)	Çok amaçlı optimizasyon	Acil tıp müdahale stratejileri tasarımını hızlandırma	Acil tıp tesisleri	Genel afet	Sayısal uygulama
Johnson ve ark. (2014)	Anket, ki-kare testi	Kritik sağlık kaynakları tahsisi	Pediyatrik triyaj	Kasırğa	Sayısal uygulama
Fares ve ark. (2014)	Tehlikelerin hasar yaratabilme analizi	Kamu hastanelerinde afet hazırlığı seviyesini analiz etme	Kamu hastanesi	Genel afet	Abu Dabi (Birleşik Arap Emirlikleri)
Farahani ve ark. (2014)	Melez yapay arı kolonisi	Toplam karşılanan talebi maksimize etmek	Sağlık merkezi	Genel afet	Orta Doğu
Caunhye ve ark. (2015)	Yerleştirme-atama modeli	Kazazedelerin toplam ağırlıklı taşıma zamanını minimize etme	Tıbbi merkez	Radyolojik kaza	Los Angeles (Amerika Birleşik Devletleri)
Decker (2016)	Karışık tamsayıli tesis yerleşim modeli	Tüm maliyetlerin minimize edilmesi	Acil durum sığınağı	Kasırğa	Connecticut (Amerika Birleşik Devletleri)
Mohamadi ve Yaghoobi (2016)	Çok amaçlı stokastik yerleştirme-atama modeli	Tesisler arasında toplam talep ağırlıklı taşıma süresini minimize etme	Acil tıbbi hizmetler	Genel afet	Sayısal uygulama

Khojasteh ve Macit (2017)	Stokastik optimizasyon	Depo yerleri seçimi, stok seviyeleri ve tıbbi malzeme tipi kararları	Tıbbi malzeme depoları	Deprem	Adana (Türkiye)
Gao ve ark. (2017)	Melez genetik algoritma	Ölüm riski değeri ve toplam seyahat süresi minimizasyonu	Tıbbi hizmet merkezleri	Deprem	Portland (Amerika Birleşik Devletleri)
Alinaghian ve ark. (2017)	Meta-sezgisel algoritma	Geçici depo yerleşimi ve atama	Geçici sağlık merkezleri	Genel afet	Sayısal uygulama
Pouraliakbari-mamaghani ve ark. (2018)	Çok amaçlı tesis yerleştirme modeli, çok amaçlı meta-sezgisel algoritma	Kitlemel kayıp olayı boyunca kaynak ve personel eksikliklerini tahmin etme	Hastane, acil durum birimi ve depo	Genel afet	Sayısal uygulama
Tavakkoli – Moghaddam ve ark. (2018)	İki amaçlı yerleştirme-atama modeli	Optimum ambulans rotalarını bulmak	Geçici acil durum istasyonları	Genel afet	Tahran (İran)

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışmada, vaka çalışması yapılacak bölge olarak Suriye'deki 14 ilden biri olan İdlib şehri seçilmiştir. Hâlihazırda bölgeye yerlerinden edilmiş insanların devam etmekte olan bir akışı vardır ve bölgede aşırı kalabalık kamplar ve geçici sığınaklar mevcuttur. İldeki en sıkıntılı ihtiyaçlar geçim ve gelirdir ve bunlar yiyecek ve diğer temel maddeleri almada zorluklara yol açmaktadır. Dahası, okullar, hastaneler ve diğer sivil altyapıları tahrip olmuştur veya büyük zarar görmüştür ve temel hizmetlere erişim bozulmuştur. İdlib'deki temel sağlık ocaklarının çoğu, bölgedeki sağlık müdürlüğü ile koordinasyon içinde olarak yerel bir sivil toplum kuruluşu veya uluslararası sivil toplum kuruluşu tarafından işletilmektedir. İnsani sivil toplum kuruluşları, insanların acılarını dindirmeye çalışsa da, böyle büyüklükteki uzun vadeli bir insani krize tamamiyle cevap verememektedir. Bu konular, temel sağlık ocaklarının yerlerini belirleme ve bu insan kaynaklı afetin etkilerini hafifletmek amacıyla bölgedeki insanları bu temel sağlık ocaklarına atama problemimiz için bu ili vaka çalışması uygulamak amacıyla seçmeye bizi teşvik etmiştir.

İdlib şehri, Suriye'nin kuzeybatısında konumlanmıştır ve Türkiye ile bir sınırı vardır. Suriye ve İdlib'in konumu aşağıdaki Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Şehir, Suriye Krizi'nin başladığı 2011 yılından beri bir çatışma alanıdır. Kapladığı alan yaklaşık olarak $6,097 \text{ km}^2$ 'dir ve savaş öncesi nüfusu (2010) yaklaşık 1,464,000 kişidir. Ülkedeki ve dolayısıyla bölgedeki krizden dolayı, bu bölge için güncellenmiş bir nüfus tahmini bulunmamaktadır. Üstelik ülkedeki krizden dolayı popülasyonda dalgalanmalar vardır ve Halep, Doğu Guta, Humus veya Dera'dan İdlib'e birçok insan göç etmiştir. Bu göçlerin sebebi İdlib'in Suriye'deki diğer illere kıyasla daha güvenli bir yer olarak görünmesi ve bu durumun da onu ülke içinde yerlerinden edilmiş insanlar için yerleşilecek iyi bir yer haline getirmesidir.

Bu nedenle, veri toplama süreci, ülkenin son nüfus tahmininden daha fazla bir sayı ile (1,852,440 kişi) ile sonuçlanmıştır.

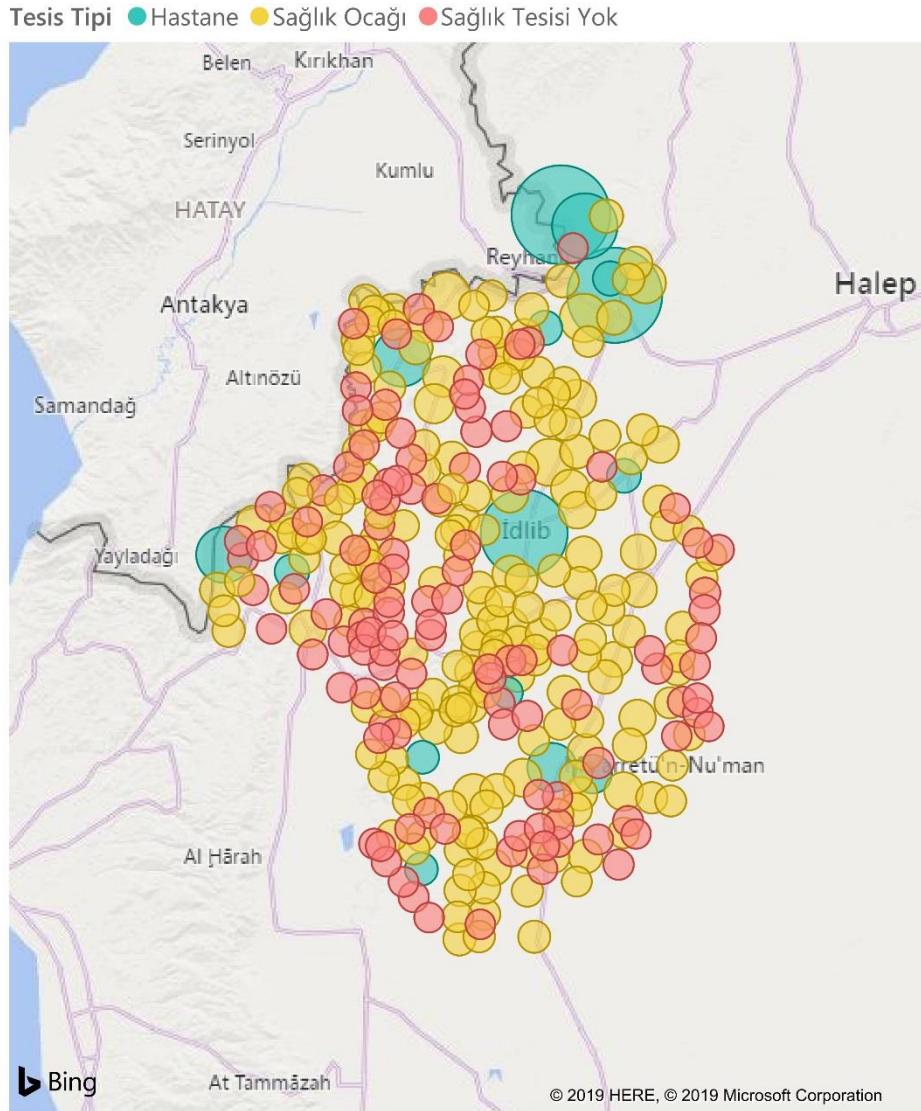


Şekil 3.1. Suriye ve İdlib'in Haritadaki Yeri

Çalışmada kullanılmak üzere veri toplama süreci aşağıda belirtilen biçimde gerçekleşmiştir: Bölgede hizmet bekleyen insanların temsilcileri, muhtarlar ve uzman bilirkişiler ile iletişime geçerek ve topluluktaki olaylardan haberi olan kişiler ile temel kaynak görüşmeleri, odak grup görüşmeleri, anket, vb. yardımı ile bir ihtiyaç değerlendirme çalışması yürütülmüştür. Bunun amacı, hâlâ bir çatışma alanı olan bölgede ihtiyaç duyulan veriyi temin edecek yetkili bulunmadığı için, tüm ilgili paydaşların ihtiyaçlarını ve en önemli konuları belirlemektir. Veri, 5 Mart 2018 - 30 Mayıs 2018 tarihleri arasında toplanmıştır. Başlangıçta, tüm İdlib ilinin çalışmaya dâhil edilmesi düşünülmüş ise de, devam eden çatışmalardan dolayı bazı güvenlik problemleri neticesinde, bazı düğümler çalışmaya dâhil edilmemiştir. Kullanılan veri, il dâhilinde, toplamda 338 topluluk ve 23 alt-bölge içeren bir örneklemden alınmıştır. Elde edilen veri, ilerleyen bölümlerde analiz edilmiştir. Her şekilden sonra şekildeki veriler ile ilgili ayrıntılı bilgi sunulmuştur.

Şekil 3.2 İdlib şehri dâhilinde incelenen 338 topluluktaki talep düğümleri (sağlık hizmeti bekleyen insanlar) ve bu topluluklarda tesis tiplerinin bulunma durumunu göstermektedir. Şekil 3.2'de, Yeşil balonlar hastane bulunan toplulukları

ve Sarı balonlar sağlık ocağı bulunan toplulukları gösterirken; Kırmızı balon ile gösterilen topluluklarda hiçbir sağlık tesisi bulunmaktadır. Şekil 3.2’de kırmızı balonların çokluğu, bu konunun kritik önemini ve bir an önce alınması gereken önlemler olduğunu ifade etmektedir.



Şekil 3.2. İncelenen Topluluklardaki Talepler ve Tesis Tipi Bulunma Durumları

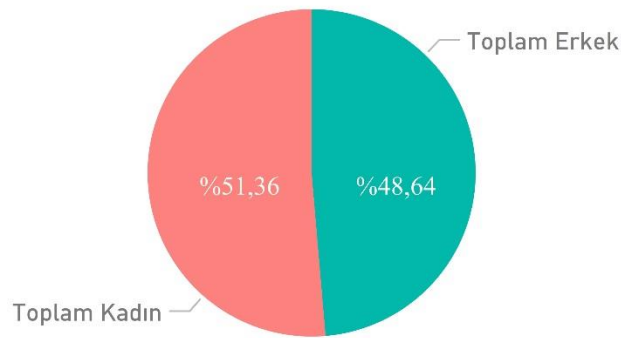
Şekil 3.3’de, incelenen toplulukların popülasyon piramidi sunulmuştur.



Şekil 3.3. Popülasyon Piramidi

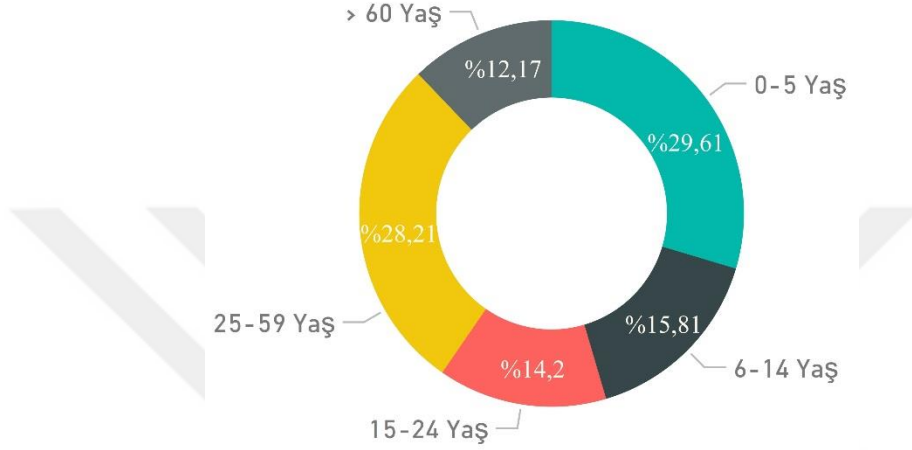
Şekil 3.3’ün sol tarafında yeşil çubuklar ile yaş gruplarına göre popülasyondaki kadınlar, sağ tarafında ise turuncu çubuklarla yaş gruplarına göre popülasyondaki erkekler gösterilmiştir. Her iki cinsiyette de en büyük çoğunluğu 0-5 yaş aralığındaki çocuklar oluşturmaktadır. Bunu, yine her iki popülasyon için, sırasıyla 25-59 yaş aralığındaki yetişkinler, 6-14 yaş aralığındaki çocuklar, 15-24 yaş aralığındaki gençler ve 60 yaşından büyük yaşlılar takip etmektedir.

Şekil 3.4’de, popülasyondaki kişilerin cinsiyete göre dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Popülasyonun Cinsiyete Göre Dağılımı

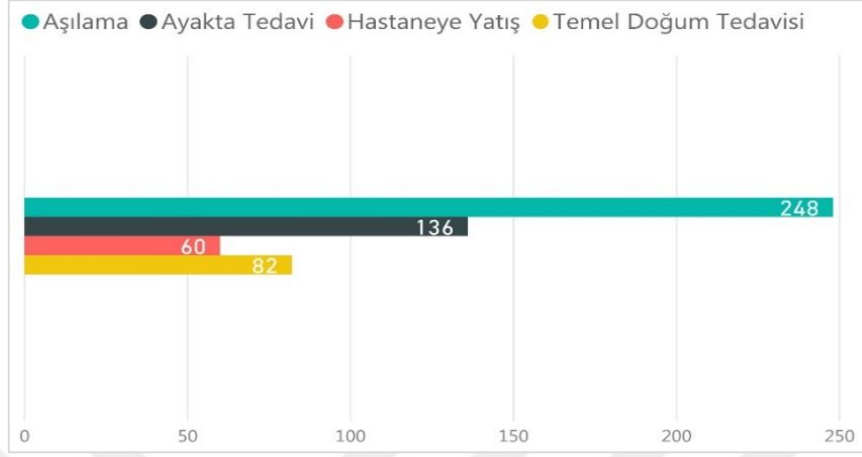
Şekil 3.4'den görüldüğü üzere; 1,852,440 kişiden oluşan popülasyonda, kadınlar 951,337 kişi ile popülasyonun %51,36'sını; erkekler ise 901,103 kişi ile popülasyonun %48,64'ünü oluşturmaktadır.



Şekil 3.5. Popülasyonun Yaşlara Göre Dağılımı

Şekil 3.5'de popülasyon cinsiyetten bağımsız olarak yaş gruplarına göre sınıflandırılmıştır. Şekil 3.5'e göre, popülasyondaki 0-5 yaş aralığındaki 548,497 çocuk toplam popülasyonun %29,61'ini oluşturmaktadır. Diğer yaş gruplarının sayısı ve oranları şöyledir: 6-14 yaş aralığındaki 292,962 çocuk popülasyonun %15,81'ini; 15-24 yaş aralığındaki 263,005 genç popülasyonun %14,2'sini; 25-59 yaş aralığındaki 522,508 yetişkin popülasyonun %28,21'ini ve 60 yaşından büyük 225,468 yaşlı da popülasyonun %12,17'sini oluşturmaktadır.

İncelenen topluluklardaki en ulaşılabilir sağlık hizmetleri Şekil 3.6'da verilmiştir. İncelenen 338 topluluğun en rahat ulaşabildiği sağlık ihtiyacı, 248 topluluğun ulaşabilmesi ile “aşılama” olarak gözlemlenmiştir. “Ayakta tedavi” sağlık hizmetine 136 topluluk ulaşabilmektedir. En az ulaşılabilen sağlık hizmetleri, sadece 82 topluluğun ulaşabildiği “Temel doğum tedavisi” ve 60 topluluğun ulaşabildiği “Hastaneye yatış” tır.



Şekil 3.6. İncelenen Topluluklardaki En Ulaşılabilir Sağlık Hizmetleri

Aslında, bu bulgular, bir nevi çalışmanın neden bu konu üzerine kurulduğunu da göstermektedir. Çünkü çatışma alanındaki halkın sağlık ihtiyacı yoğun ve önemli düzeyde olmasına rağmen, bunlara ulaşmaları ve sağlık hizmetlerinin bulunması çok kısıtlıdır.

Şekil 3.7’de incelenen topluluklarda gözlemlenen en yaygın sağlık ihtiyaçları verilmiştir.

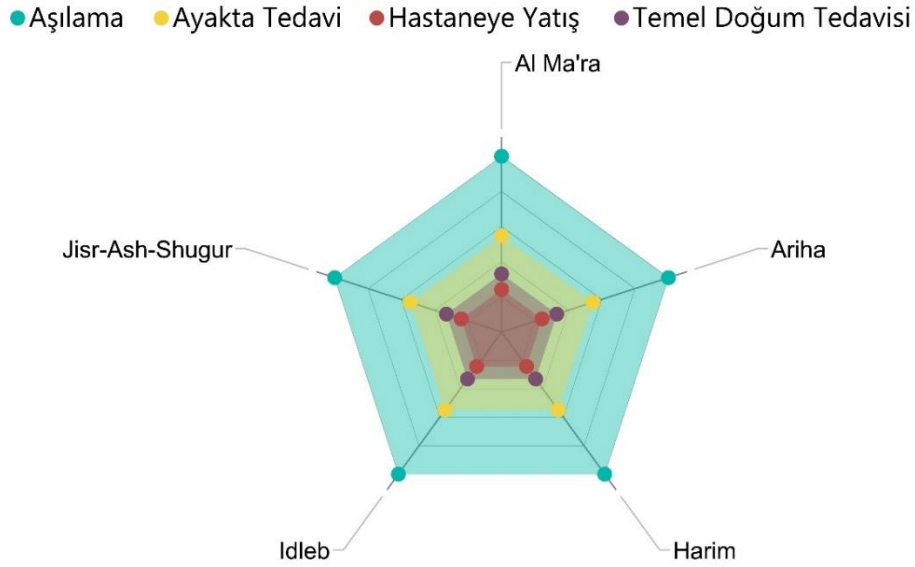


Şekil 3.7. İncelenen Topluluklardaki En Yaygın Sağlık İhtiyaçları

Şekil 3.7’de görüldüğü üzere, en yaygın sağlık ihtiyacı, 167 toplulukta gözlemlenen, yaralanma ve kazalar için acil bakım hizmetidir. Bir diğer yaygın

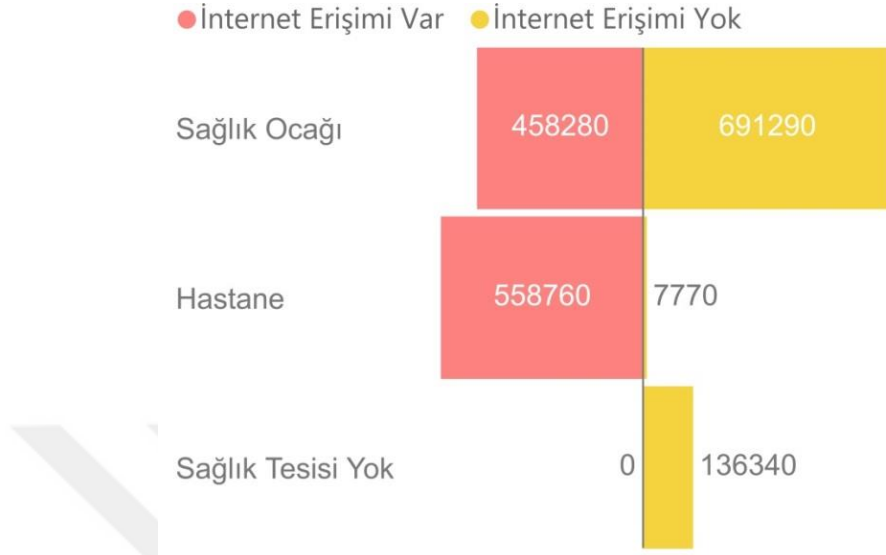
sağlık ihtiyacı, sağlık hizmetlerinin sürdürülebilmesi için elzem olan tıbbi malzemelerdir ve 150 toplulukta bu ihtiyaca rastlanmıştır. Bir önceki şekilde (Şekil 3.6) ulaşılabilirliği düşük olarak karşımıza çıkan kadın hastalıkları ve doğum tedavisi ihtiyacı 123 toplulukta gözlemlenmiştir. Kronik hastalıkların tedavisi ihtiyacı 122 toplulukta, psikiyatrik bozukluk tedavisine olan ihtiyaç 87 toplulukta ve ameliyat ekipmanı ihtiyacı 43 toplulukta gözlemlenmiştir. Ameliyat ekipmanına olan ihtiyacın azlığı, Şekil 3.2’de gösterildiği üzere incelenen bölgede çok az sayıya hastane olmasına bağlanabilir.

Şekil 3.7’nin topluluktaki ilçeler bazındaki gösterimi aşağıdaki Şekil 3.8 ile sunulmuştur. Bu şeklin yorumu, kenarlardan merkeze doğru ulaşılabilirliğin azaldığı şeklinde olacaktır. Yani, İdlib ili dâhilindeki ilçelerde en ulaşılabilir sağlık hizmeti yeşil renk ile ifade edilen aşılama olurken; ulaşması en güç sağlık hizmeti merkezde yer alan ve kırmızı renk ile simgelenen hastaneye yatıştır.



Şekil 3.8. Sağlık Hizmetleri Ulaşılabilirliği

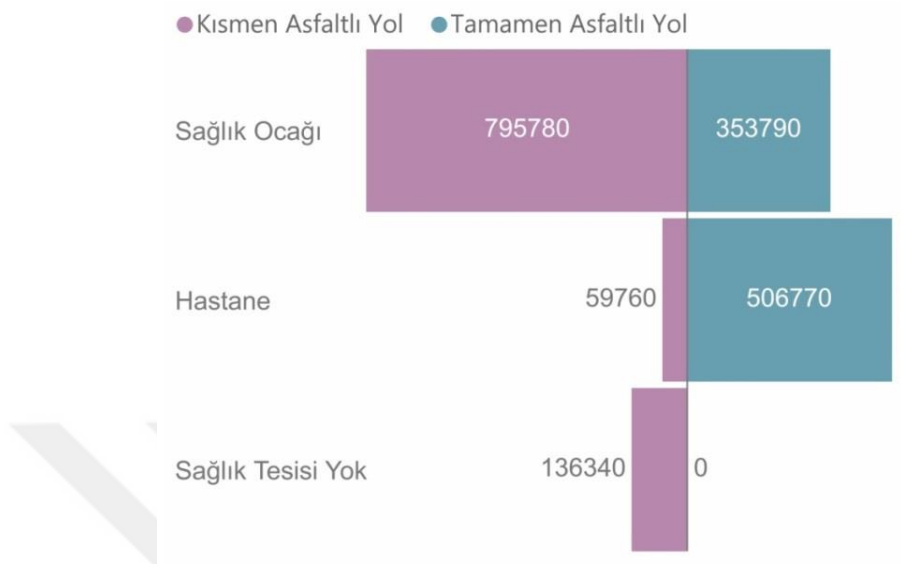
Şekil 3.9, incelenen bölgelerdeki tesis tiplerinin internet erişimi bilgisini göstermektedir.



Şekil 3.9. Tesis Tiplerinin İnternet Erişimi Bilgisi

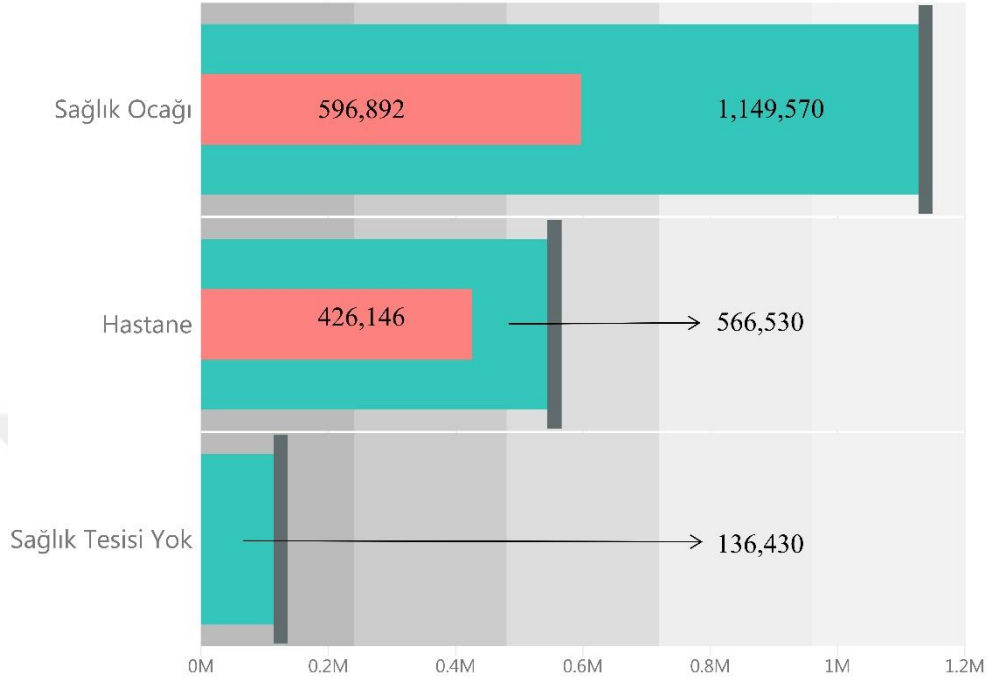
Şekil 3.9'dan görüldüğü üzere, İdlib dâhilindeki toplam 1,149,570 kişiye hizmet veren sağlık ocaklarının; 691,290 kişiye hizmet veren kısmında internet hizmeti mevcut değilken; 458,280 kişiye hizmet veren kısmında internet hizmeti mevcuttur. Toplamda 566,530 kişiye hizmet veren hastanelerin sadece 7,770 kişiye hizmet veren kısmında internet erişimi mevcut değildir ve geri kalan kişilere hizmet veren hastanelerde internet erişimi mevcuttur. Hiç sağlık tesisi olmayan ve 136,340 kişilik talep olan yerlerde ise maalesef hiç internet hizmeti bulunmamaktadır.

Şekil 3.10'da, tesis tiplerine erişimdeki yol durumu bilgisi sunulmuştur. Sağlık ocaklarına erişimde; 795,780 kişinin hizmet aldığı sağlık ocaklarının yolları kısmen asfaltlı; 353,790 kişinin hizmet aldığı sağlık ocaklarının yolları ise tamamen asfaltlıdır. Hastanelere ulaşımında durum daha iyidir; nitekim 506,770 kişinin hizmet aldığı hastanelerin yolları tamamen asfaltlıdır. 59,760 kişinin ulaştığı hastanelerde ise yol kısmen asfaltlıdır. Sağlık tesisi bulunmayan ve 136,340 kişilik talep olan yerlerde ise tüm yollar kısmen asfaltlıdır.



Şekil 3.10. Tesis Tiplerinin Yol Durumu Bilgisi

Şekil 3.11’de tesis tiplerine göre kapasite bilgileri ve bu tesislere olan talepler verilmiştir. Şekilde turuncu renkler ilgili tesis tipinin kapasitesini gösterirken, yeşil renk ilgili tesisin kapasitesini göstermektedir.

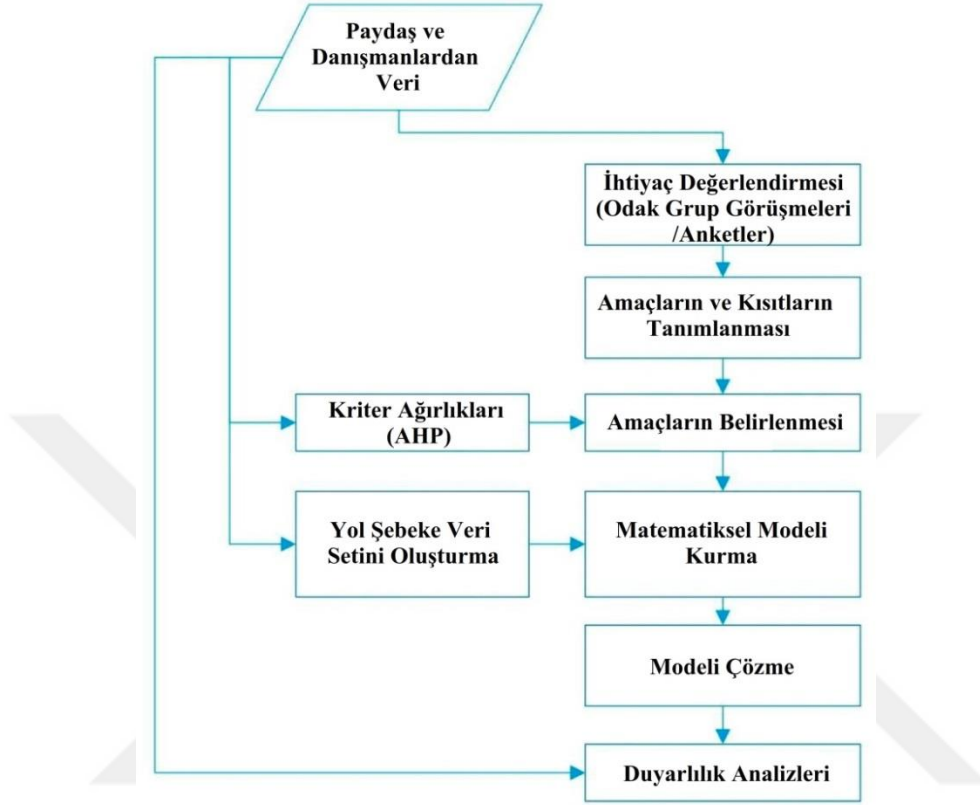


Şekil 3.11. Tesis Tiplerinin Kapasite Bilgisi

Görüldüğü üzere, mevcut sağlık ocaklarının kapasitesi 596,892 kişi iken; sağlık ocaklarına olan talep 1,149,570 kişidir. Hastanelere olan talep ise 566,530 kişi ve mevcut hastanelerin kapasitesi 426,146 kişidir. Sağlık tesisi bulunmayan yerlerde ise 136,340 kişinin talebi vardır.

3.2. Metot

Çalışmada açılacak sağlık ocaklarını belirlemek ve insanları bu sağlık ocaklarına tahsis etmek için kullanılan metodoloji Şekil 3.12’de verilmiştir. Bu çatışma alanındaki ve ayrıca bu çalışmadaki en önemli unsur paydaşlar olduğu için ve bu kişiler çatışmanın hasar veren etkilerinin üstesinden gelmeye çaba gösterdikleri için; yaklaşımımız ağırlıklı olarak paydaşlara dayalıdır.



Şekil 3.12. Çalışmada Kullanılan Metodoloji

Şekil 3.12’de de gösterildiği üzere kullanılan metodoloji dört ana aşamadan oluşmaktadır: İlk aşamada paydaş ve danışmanlardan alınan veriye istinaden odak grup görüşmeleri, anketler yardımıyla ihtiyaç değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Bunun amacı; çatışma alanında bu veriyi yayınlamak için gerekli otoriteler mevcut olmadığından, tüm ilgili paydaşlar için en önemli konuları ve ihtiyaçları değerlendirmektir. Veri, 5 Mart 2018 - 30 Mayıs 2018 tarihleri arasında toplanmıştır. İdlib İli ile ilgili veri, sağlık hizmeti bekleyen insanların temsilcileri, uzman bilirkişiler ve muhtarlar ile temas kurarak ve topluluktaki sorunlardan haberdar olan insanlarla yapılan anahtar kaynak görüşmeleri ile elde edilmiştir ve il dâhilindeki 23 alt bölgeden ve toplamda 338 topluluktan oluşmaktadır.

Metodolojinin ikinci aşamasında modeldeki amaçlar ve kısıtlar tanımlanmıştır. Bu aşama aynı zamanda çok kriterli bir karar verme tekniği olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile her amacı ağırlıklandırarak önceliklerin ve amaçların cezalarının belirlenmesini de içermektedir.

Üçüncü aşamada CBS'den faydalanarak üzerinde çalışılan alanda yol şebeke veri seti oluşturulmuştur. Bu veri seti, düğümler (topluluklar) ve sağlık ocakları arasındaki uzaklık ile çıkış-varış maliyet matrisini belirleme amacı ile riskli yolları kapsayacak şekilde güncellenmiştir. Bu aşama daha detaylı şöyle açıklanabilir: CBS'de Şebeke Çözümleyici fonksiyonu ile çıkış-varış matrisi oluşturulmuştur. Bu matrisi oluşturmak için, CBS'de, çıkış yeri olarak sisteme daha önce katman olarak girilen talep düğümleri katmanı seçilmiştir. Varış yeri olarak ise, yine sisteme daha önce katman olarak girilen aday sağlık ocakları katmanı girilmiştir. Ancak, sisteme çözmesini komut vermeden önce, riskli yollar sisteme girilerek, çıkış-varış matrisinin bu riskli yolları almaması için sınırlandırılmıştır. Bu işlemten sonra, çözümleyici çözülerek her bir talep noktası ile her aday sağlık ocağı arasındaki minimum uzaklık matrisi elde edilmiştir. Bu matristen çalışmada iki yönlü faydalanılmıştır: i) Bu matristeki uzaklıklardan kapsama uzaklığı olarak belirlenen 20 km'nin fazlası olan uzaklıklar, o talep düğümündeki insanların ilgili sağlık ocağına atanamayacağını ifade etmektedir. Dolayısı ile elde edilen matris, her talep düğümü ile her aday sağlık ocağı arasındaki uzaklık açısından kontrol edilmiş, ve 20 km'den küçük-büyük olma durumlarına göre değerlendirilmiş ve modele dâhil edilmiştir. ii) Yol-şebeke veri seti ile elde edilen uzaklık matrisleri, modelde, taşıma maliyetini hesaplamak için kullanılmıştır.

Modelin dördüncü ve son aşamasında matematiksel model kurulmuştur: sağlık ocaklarını belirlemek ve bu merkezlere insanları atamak için karışık tamsayılı model tanıtılmış ve bir optimizasyon paket yazılımı olan GAMS (General Algebraic Modeling System) ile çözülmüştür. Sonuçları tartışmak için duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir.

İlerleyen bölümlerde, tezde kullanılan yöntemler detaylandırılmıştır.

3.2.1. Tesis Yerleştirme Problemleri

Bu çalışmada ele alınan problem, tesis yerleştirme-atama probleminin bir dalıdır. Tesis yerleştirme-atama problemleri ise mevcut veya aday tesisler arasından en az bir tane yeni tesis atanması/yerleştirilmesi ile ilişkili yöneylem araştırmasının bir dalıdır. Bu yöneylem araştırması alanının amacı; kâr, gelir, maliyet, seyahat mesafesi, kapsama gibi bir veya birden fazla amaç fonksiyonunu optimize etmektir (maksimizasyon/minimizasyon).

Literatürde, yerleşim teorisi, 1909 yılında Alfred Weber bir depoyu kendisi ile bazı müşteriler arasındaki toplam mesafeyi minimize edecek şekilde nasıl yerleştireceğini araştırdığında başlamıştır (Weber, 1929). Bu ilk araştırmayı takiben, yerleşim teorisi bir dizi alandan araştırmacıların ilgisini çekmiş ve bazı uygulamalarda kullanılmıştır. Yerleşim teorisi 1964 yılında, Hakimi tarafından yayımlanan ve bir haberleşme şebekesindeki iletişim santrallerini ve bir anayol sistemindeki polis merkezlerini yerleştirmeyi amaçladığı çalışma ile yeniden ilgi çekmeye başlamıştır (Hakimi, 1964). Bunu gerçekleştirmek için, Hakimi, müşteriler ve onlara en yakın tesis arasındaki mesafeyi minimize edecek veya böyle bir maksimum uzaklığı minimize edecek şekilde bir veya daha fazla tesisi bir ağ üzerinde yerleştirmenin daha genel bir problemini göz önünde bulundurmıştır (Hakimi, 1964).

1960'ların ortalarından sonra ise yerleşim teorisi çalışmaları gelişmiştir. Temel tesis yerleşimi problemi formülasyonlarının çoğu, hem statik hem de deterministik olarak karakterize edilebilir. Bu problemler girdi olarak sabit ve bilinen nicelikleri alır ve zamanın bir noktasında uygulanmak üzere tek bir çözüm çıkartırlar. Çözüm, karar verici tarafından seçildiği üzere birçok olası kriterin (veya amacın) birine göre tercih edilecektir.

Yerleşim teorisine ve yerleşim modellerine gösterilen bu büyük ilgi bazı nedenlerden kaynaklanmaktadır. Öncelikle, tesis yerleşim kararları yaygın olarak

mevcuttur. Aileler, firmalar veya resmi daireler tarafından bu kararlar alınabilir. İkincisi, bu kararlar tabiatı gereği genellikle stratejiktir. Yani, büyük meblağlarda sermaye kaynakları içerirler ve ekonomik etkileri de uzun vadelidir. Üçüncüsü, en azından optimum olacak şekilde çözümleri genellikle zordur. Weber problemi (Weber, 1929; Fernandes ve ark, 2014), kapasitelendirilmemiş tesis yeri seçimi problemi (Krarup ve Pruzan, 1983; Galvão, 2005; Verter, 2011; De Armas ve ark, 2017), p-medyan problemi (Hakimi, 1964; ReVelle ve Swain, 1970; Bastı, 2012), küme kapsama yerleşim problemi (ReVelle ve ark, 1976; Mihelic ve Robic, 2004) ve maksimum kapsama yerleşim problemleri (Church ve ReVelle, 1974; Fazel ve ark, 2011; Murray, 2016) bile deterministik olmayan polinomsal sürede çözülürler (np-hard). Bununla birlikte, hem kısıtlar hem de amaç fonksiyonu uygulamaya göre değişmektedir.

Bunlara ilaveten; tesis yerleşimi problemleri, insani yardım çerçevesinden, literatürde bazı araştırmacılar tarafından da çalışılmıştır (Balcık ve Beamon, 2008; Li ve ark, 2011; Abounacer ve ark, 2014; Boonmee ve ark, 2017; Trivedi ve Singh, 2018).

Konu ile ilgili detaylı bilgi edinmek açısından, aşağıda, tesis yerleşimi problemlerini çözmede en sık kullanılan yöntemler verilmiştir.

3.2.1.1. Kapsama Problemleri

Yerleşim kapsamlarının çoğunda, müşterilere hizmet, (yerleştirilen tesislerden) müşteri ve müşterinin atandığı tesis arasındaki uzaklığa dayanır. Müşteriler, her zaman olmasa da genellikle en yakın tesise atanırlar. Eğer müşteri, tesisin verilmiş bir uzaklığı dâhilinde ise, hizmet yeterli kabul edilir; fakat eğer uzaklık bazı kritik değerleri aşarsa hizmet yetersiz kabul edilir.

Bu durum, bizi, kapsama gösterim biçimine (notasyonuna) yönlendirir. Her $i \in I$ talep düğümü, N_i kümesinin bir alt kümesidir ve J ($j \in J$ olacak şekilde), talep kümesini kapsayabilen aday tesislerin kümesidir. N_i kümesi aynı zamanda, $j \in J$ aday bölgesindeki bir tesis $i \in I$ talep noktasındaki talepleri karşılayabilirse 1, aksi

halde 0 değerini alan a_{ij} ikili katsayıları açısından da belirlenebilir. Genellikle, eğer talep düğümü ile tesis arasındaki en kısa yol uzaklığı kapsama uzaklığından küçük veya eşit ise, talep düğümlerinin kapsandığı düşünülür (Daskin, 1995). Kapsama problemleri ikiye ayrılır ve bunlar aşağıda detaylandırılmıştır.

i. *Küme Kapsama Modeli*

Küme Kapsama Modeli, tesis yerleşim problemlerinin en sade halidir. Her talep düğümünün en az bir tesisten kapsandığı, sınırlı bir aday tesisler kümesinden tesislerin minimum maliyetli kümesini bulmaya çalışır. Aşağıdaki notasyonu kullanarak matematiksel olarak formüle edilebilir (Daskin, 1995):

Girdiler

a_{ij} : $\begin{cases} 1 & \text{eğer } j \in J \text{ aday bölgesi } i \in I \text{ düğümündeki talepleri karşılarsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$

f_j : $j \in J$ aday bölgesine bir tesis yerleştirmenin maliyeti

Karar Değişkenleri

x_j = $\begin{cases} 1 & \text{eğer } j \in J \text{ aday bölgesine bir tesis yerleştirilirse} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$

Bu notasyonlar ile küme kapsama problemi şöyle formüle edilebilir (Daskin, 1995):

$$\min \quad \sum_{j \in J} f_j x_j \quad (3.1)$$

s.t.

$$\sum_{j \in J} a_{ij} x_j \geq 1 \quad \forall i \in I \quad (3.2)$$

$$x_j \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J \quad (3.3)$$

Denklem (3.1) ile ifade edilen amaç fonksiyonu, seçilen tesislerin toplam maliyetini minimize eder. İlk kısıt olan Denklem (3.2), her $i \in I$ talep düğümünün

en az bir tesis tarafından kapsanmasını şart koşar. Bu kısıtın sol taraf değerinin $i \in I$ talep düğümünü kapsayabilecek yerleştirilmiş tesis sayısını verdiği dikkate alınmalıdır. Bu kısıt; N_i , $i \in I$ talep düğümünü kapsayacak $j \in J$ aday yerleşimlerinin kümesi olacak şekilde şu şekilde de (Denklem 3.4) yazılabilir:

$$\sum_{j \in N_i} x_j \geq 1 \quad \forall i \in I \quad (3.4)$$

Denklem (3.3) ile verilen son kısıt ise, bütünlük/integrallik kısıtıdır. Eğer, tesis maliyetlerinin tümü aynı ise (örneğin tüm $j \in J$ aday bölgeleri için $f_j = 1$ ise); amaç fonksiyonu Denklem (3.5) ile verilen şekilde sadeleştirilebilir:

$$\min \quad \sum_{j \in J} x_j \quad (3.5)$$

ii. *Maksimum Kapsama Yerleşim Modeli*

Küme kapsama problemi ile ilişkili ana problemlerden biri, tüm talep düğümlerini kapsamak için ihtiyaç olunan tesislerin sayısının büyük ihtimalle gerçekte kurulabileceklerin sayısını aşmasıdır (bütçesel veya diğer nedenlerden ötürü). Buna ek olarak, küme kapsama modeli tüm düğümlere aynı davranır. Küme kapsama probleminde, hizmet için yılda 10 çağrı oluşturan bir talep düğümünü kapsamak ile yılda 10,000 talep oluşturan bir düğümü kapsamak eşit derecede önemlidir. Bu, mesela; 10,000,000 kişilik bir popülasyon ile 100'den az sayıda insanın olduğu bir grubun aynı önemde kapsanması gibidir (Daskin, 1995).

Bu iki endişe, yerleştirilecek tesislerin sayısını sabitlemeye ve kapsanan taleplerin sayısını (kapsanan talep düğümlerinin sayısına karşılık olarak) maksimize etmeye yönlendirir. Bu, tam da, maksimum kapsama yerleşim modelinin yaptığı şeydir. Bu modeli formüle etmek için [ilk olarak Church ve ReVelle (1974) tarafından önerilmiştir] aşağıdaki ek notasyonları yaparız (Daskin, 1995):

Girdiler

h_i : $i \in I$ düğümündeki talep

P : Yerleştirilecek tesis sayısı

Karar Değişkenleri

$$z_i = \begin{cases} 1 & \text{eğer } i \in I \text{ düğümü kapsandıysa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

Bu ek notasyon ile maksimum kapsama problemi şu şekilde formüle edilebilir (Daskin, 1995):

$$\max \quad \sum_{i \in I} h_i z_i \quad (3.6)$$

s.t.

$$z_i \leq \sum_{j \in J} a_{ij} x_j \quad \forall i \in I \quad (3.7)$$

$$\sum_{j \in J} x_j \leq P \quad (3.8)$$

$$x_j \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J \quad (3.9)$$

$$z_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I \quad (3.10)$$

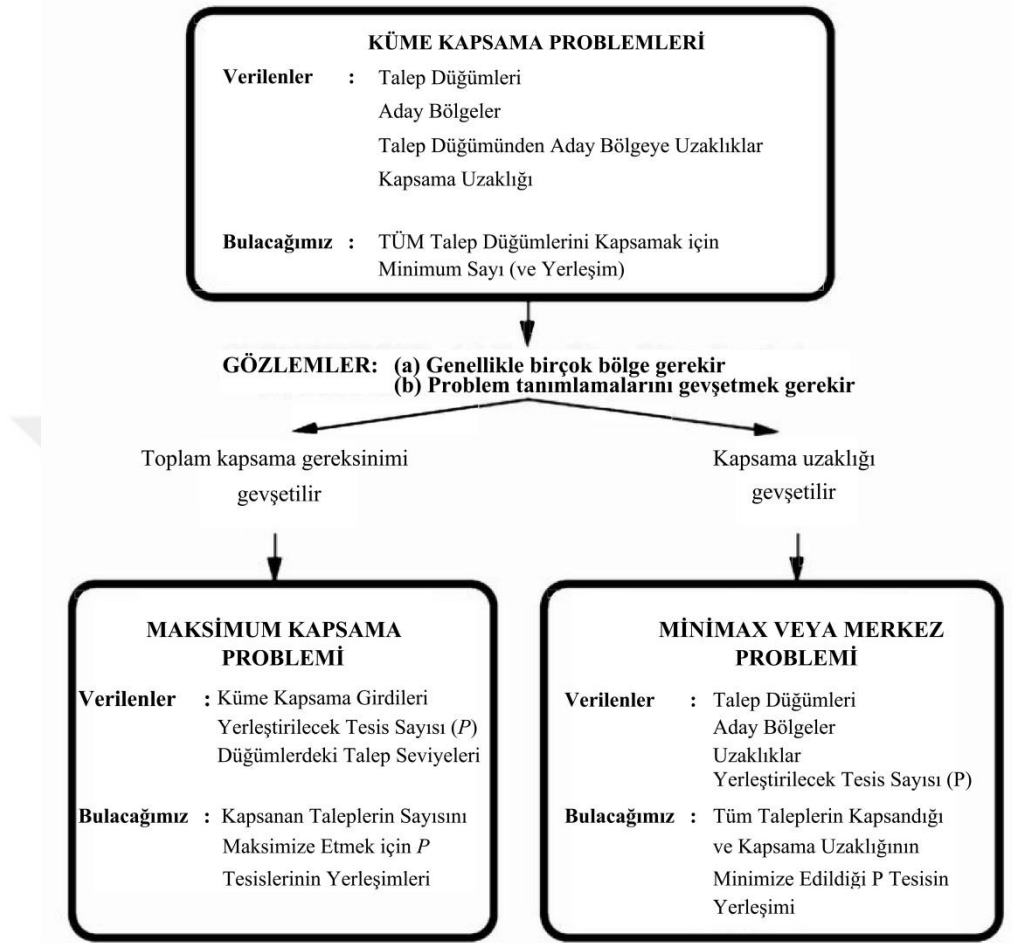
Burada, Denklem (3.6) ile verilen amaç fonksiyonu, kapsanan taleplerin sayısını maksimize eder. Denklem (3.7) ile verilen kısıt, $i \in I$ düğümündeki her talebin i düğümünü kapsayacak en az bir tesis bölgesi seçilmedikçe kapsanamayacağını ifade eder. Bu kısıtın sağ tarafı $(\sum_{j \in J} a_{ij} x_j)$, $i \in I$ düğümünü kapsayabilecek seçili tesislerin sayısını verir. Denklem (3.8) ile verilen kısıt ise, P adetten fazla tesis yerleştiremeyeceğimizi şart koşar. Denklemler (3.9) ve (3.10) ile ifade edilen son iki kısıt ise, karar değişkenleri üzerine olan integrallik/bütünlük kısıtlarıdır.

3.2.1.2. Merkez Problemleri

Bölüm 3.2.1.1’de anlatılan kapsama problemlerinde, bir talep veya ona en yakın tesis arasındaki kapsama uzaklığı dışsal olarak belirlenmektedir. Küme

kapsama probleminde, tüm talep düğümlerini kapsamak için gerekli tesislerin minimum sayısı belirlenmeye çalışılır. Pratik kapsamın çoğunda, dıştan belirlenmiş bir uzaklık bünyesinde tüm talep düğümlerini kapsamak için gerekli tesislerin sayısının çok fazla bir şekilde büyük olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, küme kapsama modeli, düğümlerdeki taleplerin farklılık gösterdiği gerçeğini hesaba katmada başarısız olmuştur. Bu problemleri hafifletmek/kısmen gidermek için, maksimum kapsama problemi formüle edilmiştir. Bu modelde de, her talep düğümü ile bir talep seviyesi ilişkilendirilmiş ve kapsanan taleplerin sayısını maksimize etmek için sabit bir sayıdaki tesislerin yerleşimleri bulunmuştur. Esas itibarıyla, maksimum kapsama yerleşim modelinde, tüm talep düğümlerinin kapsanması gerekliliği gevşetilmiştir (Daskin, 1995).

Bu bölümdeki yerleşim modellerinde, küme kapsama modellerinin eksikliklerini/yetersizliklerini irdelemek için farklı bir strateji benimsenmektedir. Küme kapsama modelinde olduğu gibi, hâlâ, tüm taleplerin kapsanması gerekmektedir. Ama şimdi, dışsal olarak belirlenmiş bir kapsama uzaklığını kullanmak ve modelin tüm talep noktalarını kapsamak için gerekli tesislerin sayısını minimize etmesini istemek yerine; modelin her talep düğümünün, tesislerden biri tarafından içsel olarak belirlenen uzaklık dâhilinde kapsanacağı kapsama uzaklığını minimize etmesi istenecektir. Bu model, bir talep ve talebe en yakın tesis arasındaki maksimum uzaklığı minimize ettiğimizden ötürü, “P-merkez Problemi” veya “Minimax Problemi” olarak bilinmektedir (Daskin, 1995). Şekil 3.13; küme kapsama, maksimum kapsama ve merkez problemleri arasındaki ilişkinin bir özetini sunmaktadır.



Şekil 3.13. Küme Kapsama, Maksimum Kapsama ve Merkez Problemleri Arasındaki İlişki (Daskin, 1995)

Burada, tesislerin ağ üzerindeki herhangi bir yere yerleştirilebildiği (örneğin düğümlerin üzerine veya ağın bağlantıları üzerine) problemler ile tesislerin sadece ağdaki düğümler üzerine yerleştirilebildiği problemler arasındaki ayrımı dikkatli bir şekilde yapmak gerekir. Tesislerin ağ üzerindeki herhangi bir yere yerleştirilebildiği problemler “Mutlak Merkez Problemleri” olarak bilinir. Tesislerin sadece ağdaki düğümlerin üzerine yerleştirilebildiği problemler ise “Tepe Noktası Merkez Problemleri” olarak bilinir (Daskin, 1995).

Tepe noktası P-merkez problemini formüle etmek için aşağıdaki notasyon yapılır (Daskin, 1995):

Girdiler ve Kümeler

- I : Talep düğümlerinin kümesi
 J : Aday bölgelerin kümesi
 d_{ij} : $i \in I$ talep düğümünden $j \in J$ aday tesis bölgesine uzaklık
 h_i : $i \in I$ düğümündeki talep
 P : Yerleştirilecek tesis sayısı

Karar Değişkenleri

- $x_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \in J \text{ aday bölgesine bir tesis yerleştirilirse} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$
 $y_{ij} = j \in J$ bölgesindeki bir tesis tarafından, $i \in I$ düğümündeki talebin hizmet gören kısmı (kesir olarak)
 W = Bir talep düğümü ve en yakın tesis arasındaki maksimum uzaklık

Bu notasyon ile, tepe noktası P-merkez problemi şu şekilde formüle edilebilir (Daskin, 1995):

$$\min W \quad (3.11)$$

s.t.

$$\sum_{j \in J} y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (3.12)$$

$$\sum_{j \in J} x_j = P \quad (3.13)$$

$$y_{ij} \leq x_j \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (3.14)$$

$$W \geq \sum_{j \in J} d_{ij} y_{ij} \quad \forall i \in I \quad (3.15)$$

$$x_j \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J \quad (3.16)$$

$$y_{ij} \geq 0 \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (3.17)$$

Burada, Denklem (3.11)'in ifade ettiği amaç fonksiyonu, bir talep düğümü ve düğüme en yakın tesis arasındaki maksimum uzaklığı minimize eder. Denklem (3.12) ile ifade edilen kısıt, $i \in I$ düğümündeki taleplerin hepsinin tüm $i \in I$ düğümleri için herhangi bir $j \in J$ bölgesindeki bir tesise atanmasını şart koşar. Denklem (3.13) ile verilen kısıt, P tesisin yerleştirilmesini garanti eder. Denklem (3.14) ile verilen kısıt, $i \in I$ düğümündeki taleplerin $j \in J$ bölgesine bir tesis yerleştirilmedikçe $j \in J$ bölgesindeki bir tesise atanamayacağını ifade ederken; Denklem (3.15) ile ifade edilen kısıt, bir talep düğümü ile ona en yakın tesis arasındaki maksimum uzaklığın (W), herhangi bir $i \in I$ talep düğümü ile onun atandığı $j \in J$ tesisi arasındaki uzaklıktan büyük olmasını belirtir. Denklemler (3.16 ve 3.17) ile verilen son iki kısıt ise, sırasıyla, bütünlük/integrallik ve negatif olmama kısıtlarıdır. y_{ij} atama değişkeninin açık bir şekilde tamsayı olması gerekmemektedir, ama optimum sonuçta doğal olarak tamsayı olacaklardır (veya büyük bir olasılıkla bunların tamsayı olacağı değişik optimumlar bulabiliriz). Bunun böyle olmasının sebebi tesislerin kapasitelendirilmemiş olması ve $i \in I$ düğümündeki talepleri en yakın olan tesisten başka bir tesise atamak için bir sebep olmamasıdır (Daskin, 1995).

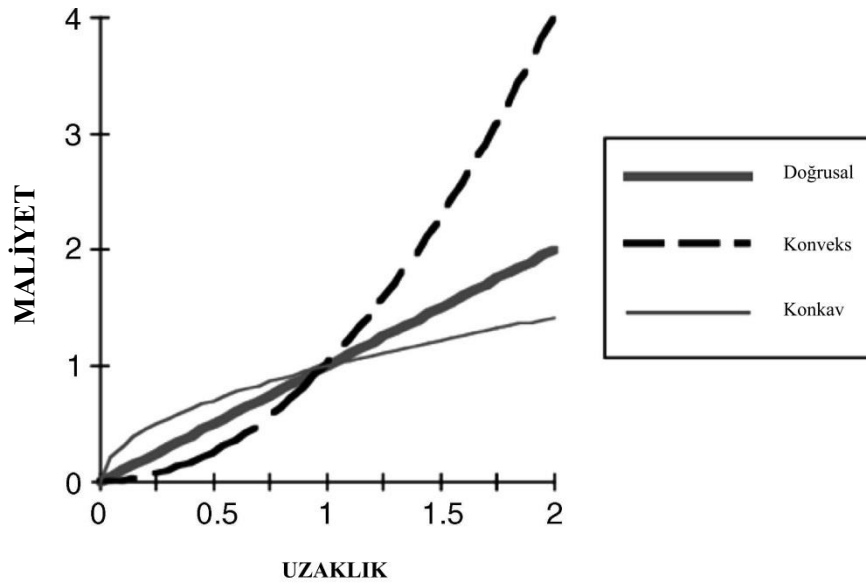
3.2.1.3. Medyan Problemleri

Kapsama ve merkez problemlerinin tüm varyantları (değişik biçimleri), bir talep düğümünün, bir tesis kapsama uzaklığı dâhilindeyse ondan fayda sağlanacağını ve eğer talep düğümü ile en yakın tesis arasındaki uzaklık kapsama uzaklığını aşıyorsa fayda olmayacağını varsayar.

Yine de, birçok durumda, bir talep düğümü/tesis çifti ile ilişkili fayda (maliyet), talep ile en yakın tesis arasındaki uzaklık ile gitgide azalır/artar. Örneğin, bir depodan perakende tesisine hizmet etmenin maliyeti, sürücünün depodan perakende mağazasına seyahat ederken geçirmesi gereken süreye dayanabilir. Bu durumda, maliyet, yaklaşık olarak doğrusal bir şekilde, mağaza ve depo arasındaki

uzaklığa bağlıdır. Şekil 3.14, böyle doğrusal bir ilişkiyi göstermektedir. Diğer durumlarda doğrusal olmayan ilişkiler daha uygun olacaktır (Daskin, 1995).

Şekil 3.14 aynı zamanda talep düğümü ve ona hizmet etmek için atanan tesis arasındaki uzaklık ile artan bir oranda maliyetin arttığı miktarlar arasındaki konveks ilişki ile maliyetin azalan oranda arttığı konkav ilişkiyi de göstermektedir.



Şekil 3.14. Medyan ve İlişkili Problemler için Uzaklığa Karşı Maliyetin Değişimi (Daskin, 1995)

Bu bölümde ele alınan medyan problemlerinde de, tesisler ve talep düğümleri arasındaki uzaklık ve tesis/talep çifti ile ilişkili maliyet genellikle Şekil 3.14’de görüldüğü üzere doğrusaldır.

P-medyan problemi, toplam maliyeti minimize edecek şekilde, bir ağ üzerindeki P tesisin yerleşiminin bulunmasıdır. $i \in I$ düğümündeki taleplere hizmet etmenin maliyeti, $i \in I$ düğümündeki talep ile $i \in I$ düğümü ile $i \in I$ düğümüne en yakın tesis arasındaki uzaklığın çarpımıdır. Bu problem, aşağıdaki notasyon ile formüle edilebilir (Daskin, 1995):

Girdiler

d_{ij} : $i \in I$ talep düğümünden $j \in J$ aday tesis bölgesine uzaklık

h_i : $i \in I$ düğümündeki talep

P : Yerleştirilecek tesis sayısı

Karar Değişkenleri

$x_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \in J \text{ aday bölgesine bir tesis yerleştirilirse} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$

$y_{ij} =$

$\begin{cases} 1 & \text{eğer } i \in I \text{ düğümündeki talepleri } j \in J \text{ bölgesindeki bir tesis karşılarsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$

Bu notasyon ile, P-medyan problemi şu şekilde formüle edilebilir (Daskin, 1995):

$$\min \quad \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} h_i d_{ij} Y_{ij} \quad (3.19)$$

s.t.

$$\sum_{j \in J} y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (3.20)$$

$$\sum_{j \in J} x_j = P \quad (3.21)$$

$$y_{ij} - x_j \leq 0 \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (3.22)$$

$$x_j \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J \quad (3.23)$$

$$y_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (3.24)$$

Bu formülasyonda, Denklem (3.19)'un ifade ettiği amaç fonksiyonu, her talep düğümü ile ona en yakın tesis arasındaki talep ağırlıklı uzaklığı minimize eder. Denklem (3.20) ile verilen ilk kısıt, her $i \in I$ talep düğümünün tam olarak bir tesise $j \in J$ atanmasını gerektirir. Denklem (3.21) ile ifade edilen ikinci kısıt, tam P tane tesisin yerleştirilmesini ifade eder. Denklem (3.22) ile verilen üçüncü kısıt, x_j ve y_{ij} karar değişkenlerini birbirine bağlar. $i \in I$ düğümündeki taleplerin $j \in J$

($y_{ij} = 1$) bölgesindeki bir tesise, eğer tesis $j \in J$ düğümüne yerleştirilmişse ($x_j = 1$) atanabileceğini bildirir. Denklemler (3.23) ve (3.24) ile verilen son iki kısıt ise, standart bütünlük/integrallik kısıtlarıdır (Daskin, 1995).

3.2.1.4. Sabit Maliyetli Tesis Yerleşim Problemleri

Şimdiye kadar verdiğimiz yerleşim modellerinin çoğunda, yerleştirilecek tesis sayısı modele girdi olarak verilmekteydi. Örneğin, P-medyan ve P-merkez problemlerinde, toplam talep ağırlıklı uzaklığı veya maksimum talep ağırlıklı uzaklığı minimize edecek şekilde P adet tesisi yerleştirmeye çalışırız. Benzer şekilde, maksimum kapsama probleminde, taleplerin (en yakın tesisin belirli bir uzaklığı dâhilindeki) sayısını maksimize etmek için verilmiş sayıdaki tesisleri yerleştirmeye çalışırız. Fakat küme kapsama modeli bunlara bir istisnadır; çünkü bu modelde, tüm talepleri kapsamak için gerekli tesislerin sayısını belirli bir uzaklık bünyesinde minimize etmeye çalışırız. Bu durumda, tesislerin sayısı içsel bir şekilde belirlenir.

Bu bölümde, $j \in J$ aday bölgesine bir tesis yerleştirmenin maliyeti f_j 'nin dâhil olduğu modeller incelenecektir. Bu modeller “kapasitelendirilmemiş sabit maliyetli tesis yerleşim problemleri” ve “kapasitelendirilmiş sabit maliyetli tesis yerleşim problemleri” olmak üzere iki başlık altında incelenir.

i) Kapasitelendirilmemiş Sabit Maliyetli Tesis Yerleşim Problemleri

Kapasitelendirilmemiş sabit maliyetli tesis yerleşim problemini formüle etmek için aşağıdaki notasyonları yaparız (Daskin, 1995):

Girdiler

- f_j : $j \in J$ aday bölgesine tesis yerleştirmenin sabit maliyeti
- h_i : $i \in I$ düğümündeki talep
- d_{ij} : $i \in I$ talep düğümünden $j \in J$ aday tesis bölgesine uzaklık
- α : Birim talep başına birim uzaklık için maliyet

Karar Değişkenleri

$$x_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \in J \text{ aday bölgesine bir tesis yerleştirilirse} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

y_{ij} = $j \in J$ bölgesindeki bir tesis tarafından, $i \in I$ düğümündeki talebin hizmet gören kısmı (kesir olarak)

Bu notasyon ile, kapasitelendirilmemiş sabit maliyetli tesis yerleşim problemi şu şekilde formüle edilebilir (Daskin, 1995):

$$\min \quad \sum_{j \in J} f_j x_j + \alpha \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} h_i d_{ij} Y_{ij} \quad (3.25)$$

s.t.

$$\sum_{j \in J} Y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (3.26)$$

$$Y_{ij} \leq x_j \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (3.27)$$

$$x_j \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J \quad (3.28)$$

$$y_{ij} \geq 0 \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (3.29)$$

Denklem (3.25) ile ifade edilen amaç fonksiyonu, sabit tesis maliyetleri ile toplam talep ağırlıklı uzaklık ile birim talep başına birim uzaklığın çarpımının toplamı olan toplam maliyeti minimize eder. Denklem (3.26) ile verilen ilk kısıt, her $i \in I$ talep düğümünün hizmet almasını şart koşar. Denklem (3.27) ile ifade edilen ikinci kısıt, $i \in I$ düğümündeki taleplerin $j \in J$ bölgesine bir tesis yerleştirilmedikçe $j \in J$ bölgesindeki bir tesise atanamayacağını ifade eder. Denklemler (3.28) ve (3.29) numaraları ile verilen son iki kısıt ise, sırasıyla, bütünlük/integrallik ve negatif olmama kısıtlarıdır. Önceki formülasyonlarda olduğu gibi, burada da, tesisler kapasitelendirilmediği için, $i \in I$ düğümündeki tüm talep en yakın açık tesise atanacaktır. Bu nedenle, atama değişkenleri y_{ij} doğal olarak tamsayı değerler sayılacaktır.

P-medyan problemi ile bu model arasındaki anahtar farklılıklar: (1) tesis yerleştirme sabit maliyetlerinin dâhil edilmesi ve (2) yerleştirilecek tesis sayısı üzerine olan kısıtın yokluğudur.

Yine de, bunlar görece küçük farklılıklardır ve bu modeli çözmek için kullanılan algoritmalar P-medyan problemi için kullanılanlar ile güçlü bir benzerlik gösterirler.

ii) Kapasitelendirilmiş Sabit Maliyetli Tesis Yerleşim Problemleri

Şimdiye kadar verilmiş modellerin çoğunda tesisler kapasiteli değildi. Bu bölümde, genel bir kapasitelendirilmiş sabit maliyetli tesis yerleşim modeli formüle edilecektir.

Birçok tesis yerleşim probleminde kapasiteler önemlidir. Örneğin, tipik bir otomobil montaj fabrikası sekiz saatlik bir vardiya boyunca yaklaşık 500 aracın montajını yapabilir. Yaygın olarak yapıldığı üzere iki vardiya yürüterek, bir günde bu sayının iki katı kadar üretilebilir. Yine de, fabrika her gün 24 saat çalışsa bile gün başına yaklaşık olarak sadece 1500 araç üretebilecektir. Benzer şekilde, bir depon depolama alanı olarak sadece sabit bir sayıya sahiptir. Okullar, araç park yerleri ve yapıları, limanlar, hastaneler ve klinikler; kapasite sınırlamalarına maruz kalan diğer tesislerdendir.

Çoğu durumda, sabit kapasiteler pratikte olandan daha az önemlidir. Örneğin, otomatik bir para çekme makinası dakikada bir müşteriye servis verebilse de, bir günde 1440 müşteriye hizmet vermesini bekleyemeyiz. Çünkü müşteriler 24 saatlik bir gün boyunca düzgün olarak (homojen bir biçimde, eşit oranda) para çekme makinasına başvuramazlar. Bunun yerine, otomatik para çekme makinelerinin müşterilerinin (en azından ofislerin yakınında olanlar) çalışma saatlerinden önce, çalışma saatlerinden sonra ve öğle arasında gelmeleri yüksek ihtimaldir. Bu nedenle, bir otomatik para çekme makinasının pratikteki kapasitesi makinenin teorik verimliliğinden önemli derecede düşük olacaktır.

Dışsal olarak belirlenen kapasiteler ile bu bölümde ele aldığımız problem, tesis yerleşim maliyetleri ile müşterilerin tesislere ulaşım maliyetleri toplamının; tüm taleplerin karşılanması, tesis kapasitelerinin aşılmaması ve müşterilerin sadece açık tesislerden hizmet alabilmesi kısıtları ile minimize edilmeye çalışılmasıdır.

Kullandığımız mevcut notasyona ek olarak, aşağıdaki girdi niceliğini tanımlarız (Daskin, 1995):

k_j : Eğer $j \in J$ aday bölgesine bir tesis yerleştirilmişse, buradaki tesisin kapasitesi

Bu ek notasyon ile, kapasitelendirilmiş sabit maliyetli tesis yerleşim problemini şu şekilde formüle edebiliriz:

$$\min \quad \sum_{j \in J} f_j x_j + \alpha \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} h_i d_{ij} Y_{ij} \quad (3.30)$$

s.t.

$$\sum_{j \in J} Y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (3.31)$$

$$Y_{ij} \leq x_j \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (3.32)$$

$$\sum_{i \in I} h_i Y_{ij} \leq k_j x_j \quad \forall j \in J \quad (3.33)$$

$$x_j \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J \quad (3.34)$$

$$y_{ij} \geq 0 \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (3.35)$$

Bu formülasyon, “Kapasitelendirilmemiş Sabit Maliyetli Tesis Yerleşim Problemleri” için verdiğimiz formülasyonla; burada Denklem (3.33) ile ifade ettiğimiz kapasite kısıtını eklememiz hariç aynıdır. Denklem (3.32) ile verilen kısıt, bu problemin tam sayılı programlama formülasyonunda gerekli değildir; çünkü Denklem (3.33) ile ifade edilen kısıt, eğer $j \in J$ aday bölgesini seçmediyse, $i \in I$ düğümündeki taleplerin $j \in J$ aday bölgesindeki bir tesise atanamayacağını

garantiye alır. Yine de, Denklem (3.32) ile verilen kısıtın dâhil edilmesi, problemin doğrusal programlama gevşetmesini büyük ölçüde güçlendirir (Daskin, 1995).

3.2.2. Çok Amaçlı Programlama

Gerçek dünyada çok amaçlı problemlerle veya çok amaçlı karar verme problemleri ile karşılaşmak olasıdır. Mühendislik, yönetim ve diğer durumlarda karşımıza çıkan çok amaçlı karar verme problemleri matematiksel programlamanın bir dalıdır, model dâhilindeki birçok etkileşimi dikkate alır ve bir amaçlar kümesi için tatmin edici sonuçları başararak karar vericiyi en iyi şekilde memnun eden en iyi alternatifi belirlemeye çalışır (Farahani ve ark, 2010).

Birleşimsel optimizasyon problemleri çok sayıda uygulamada başarılı bir şekilde kullanılmış olmasına rağmen, bu modeller genellikle birçok gerçek hayat probleminin birden çok amaca denk gelen bazı çatışan noktaları dikkate alması gerektiği gerçeğini göz ardı eder. Fakat çok amaçlı karar verme problemlerinde olduğu gibi, birçok gerçek dünya karar verme problemlerinin birbiriyle çelişen amaçları vardır ve doğru sonuçlar elde etmek için bu konu analiz edilmelidir. Aşağıda bazı örnekler sunulmuştur (Gandibleux ve Ehrgott, 2004):

- Havayolu operasyonlarında, teknik ve kabin mürettebatını düzenlemenin maliyet üzerinde büyük bir etkisi vardır ve küçük yüzdelere olan ilerlemeler multi-milyon dolarlık kazançlara çevrilecektir. Yine de, havayolu operasyonlarında tek endişe maliyet değildir. Örneğin, mürettebatın uçağı değiştirmesinden ötürü meydana gelen yayılmalardan kaçınmak için de güçlü çözümler istenmektedir.
- Demiryolu ulaşımında, demiryolu şebekesi altyapı kapasitesini planlamanın; altyapı elemanını (örneğin istasyon) kullanabilen tren sayısını maksimize etme ve operasyondaki aksamaların çözümünün dayanıklılığını maksimize etme amaçları vardır.

- Kanser tedavisi için radyasyon terapisi planlamada çelişen amaçlar; tümörde yüksek bir doz seviyesi elde etmek ve bunu yaparken sağlıklı doku tarafından emilen dozun sınırlı olmasını sağlamaktır.
- Bilgisayar ağlarında, şebeke tıkanmasını önlemek için çok amaçlı rotalama prosedürüne dayanarak internet trafik rotalaması sağlanabilir.

Çok amaçlı problemler, tek amaçlı problemlerden bazı yollarla ayrılırlar:

- Optimum kelimesi çok amaçlı durumlarda herhangi bir anlam ifade etmez; çünkü, çok amaçlı programlama problemlerinde tek bir optimal nokta yoktur. Yani, tüm amaçları eş zamanlı olarak optimize eden bir çözüm genellikle mevcut değildir. Yerine, etkin çözümlerin bir kümesi (pareto optimum, baskın olmayan) üzerine amaçlar arasından en iyi ödünleşimi sağlamak için fizibil bir çözüm arayışı başlatılır. Burada ifade edilen pareto optimum, bir diğer amaca zarar vermeden iyileştirme yapmanın mümkün olmadığı anlamına gelmektedir. Zaten, bu tip problemler, “baskın nokta” ile tarif edilen çok sayıda çözüm içerirler ve bu baskın noktalar, bir amaç fonksiyonunda, en az bir amaç fonksiyonundan taviz vermeden iyileştirme yapılması mümkün olmayan noktalardır (Lokman, 2017).
- En iyi ödünleşim çözümünün saptanması, karar verici tarafından ifade edilen ve göz önünde bulundurulması gereken tercihleri gerektirir.
- Gerçek hayat problemlerinde karşılaşılan çoklu amaçlar genellikle birçok formda matematiksel fonksiyonlar ile ifade edilebilir. Çok amaçlı problemlerde, sadece çelişen amaçlar ile uğraşılmaz; aynı zamanda farklı yapıdaki amaçlar ile de ilgilenilir.
- Tek amaçlı optimizasyon problemlerinde odaklanılan nokta karar değişkenleri uzayı iken, çok amaçlı optimizasyon problemlerinde amaç uzayı önemlidir. Bunun sebebi, amaç uzayının genellikle karar değişkeni uzayından daha küçük bir boyutta olması ve amaç değişkenlerinin optimalliği tanımlamada kullanılmasıdır.

Son elli yılda, çok amaçlı programlama alanında pek çok teorik, metodolojik ve uygulamalı çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu artışın bir sebebi, yukarıda açıkladığımız üzere birçok karar probleminin doğası gereği çok amaçlılık içermesidir. Tesis yerleşim problemleri, üretim planlaması problemleri, envanter-stok planlama problemleri, çizelgeleme ve rotalama problemleri bunlardan sadece birkaçıdır. Bir diğer sebep ise, geçmişten günümüze özellikle bilgisayarların gelişmesine paralel olarak çok amaçlı problemlerin çözümünde de önemli gelişmeler elde edilmiş olmasıdır. Çok amaçlı programlama için geliştirilmiş algoritmalar, artık daha kolay bir şekilde kullanılabilir hale gelmiştir (Gandibleux ve Ehrgott, 2004).

Çok amaçlı optimizasyon problemi formülasyonunu yapmak için yapılan varsayımlar şöyle ifade edilir: $\mathbb{R}^n$ ve $\mathbb{R}^p$ karar uzayı ve amaç uzayı olarak referans gösterilen öklidyen vektör uzayları olsun. $S \subset \mathbb{R}^n$ ve fizibil bir kümedir; f ise vektör değerli bir amaç fonksiyonudur. $f: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^p$, p gerçekteğerli amaç fonksiyonlarından oluşur. $k = 1, \dots, p$ için $f_k: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ dir ve $f = (f_1, \dots, f_p)$ olur. Bu varsayımlar ile çok amaçlı bir optimizasyon problemi genel bir ifadeyle şu şekilde formüle edilir (Gandibleux ve Ehrgott, 2004):

$$\min (f_1(x), \dots, f_p(x)) \quad (3.36)$$

s.t.

$$x \in S \quad (3.37)$$

$p = 2$ olduğunda, problem iki amaçlı program olarak isimlendirilir. Denklem (3.36) ile verilen amaç fonksiyonunun amacı tüm amaç fonksiyonlarını fizibil kümenin içinde kalacak şekilde (bu ifade Denklem (3.37) ile verilmiştir) eş zamanlı olarak minimize etmektir.

Gerçekleştirilen kapsamlı literatür araştırması ile, çok amaçlı problemleri ele almada çalışmalarda çeşitli yöntemlerin kullanıldığı gözlemlenmiştir (Ulungu

ve Teghem, 1994; Aiello ve ark, 2006; Ye ve Zhou, 2007; Singh S.P. ve Singh V.K., 2011; Xu ve Li, 2012; Emami ve Nookabadi, 2013; Hathhorn ve ark, 2013; Xu ve ark, 2016; Li ve ark, 2017). Kullanılan yöntemler içerisinde etkili sonuçlar veren yöntemlerden birisi “Hedef Programlama” dır (Ignizio, 1978; Deb, 1999; Deb, 2001; Umarusman, 2013; Jadidi ve ark, 2014; Ramos ve ark, 2014; Banik ve Bhattacharya, 2018). Dolayısıyla bu çalışmada, bu yöntemden faydalanılmıştır.

3.2.3. Hedef Programlama

Hedef Programlama çok amaçlı doğrusal programları çözmede yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Literatüre, 1955 yılında Charles ve ark.’nın çalışması ile girmiş; bu ilk versiyonda doğrusal programlamanın bir uzantısı olarak ortaya konmuş ve yöntemin genel matematiksel ifadesi verilerek birkaç uygulama verilmiştir. 1961 yılında ise Charnes ve Cooper, hedef programlamayı ayrı bir yöntem olarak, belirli kısıtlar altında hedefleri en mümkün şekilde karşılayan ve bu şekilde amaç fonksiyonunun optimizasyonunu gözetten bir yöntem olarak tarif etmiştir (Jones ve Tamiz, 2010). Günümüzde, işgücü planlaması, üretim planlaması, pazarlama stratejisi planlaması, mali çözümlemeler, ulaştırma ve lojistik, hastane yönetimi, tesis yeri seçimi, sağlık hizmetlerinin planlaması ve daha birçok alanda kullanılan bir tekniktir.

Hedef programlama metotları, bir seferde bir amaçtan daha fazlası ile uğraşabilmemiz için yollar sunarak modelleme yeteneklerimizi genişletirler. Yine de, birbiriyle çelişen amaçlar olduğunda tam bir cevap sağlamazlar. “En iyi” kararı veren bir amaç, objektif bir analiz yapmak imkânsız olmasa da zordur. Analizde, karar vericinin tercihlerini yansıtan öznel bir unsur her zaman olacaktır.

Bu teknikteki temel düşünce, orijinali çok amaçlı olan problemi maksimize veya minimize etmek yerine; problemi tek amaçlı forma getirip, amaçlardan sapmaları minimize etmektir. Dolayısı ile amaç fonksiyonunda birden fazla amacın/hedefin yer alması, hedef programlamayı doğrusal programlamadan ayıran en önemli özelliktir. Bir diğer ayırt edici özellik ise, doğrusal programlamadaki

gibi optimum sonucu bulmak yerine, amaçları en çok karşılayan (amaçlar arasında ödünleşim sağlayan) ve ona en yakın olan sonucu bulmaya uğraşmasıdır. Yöneticiler tüm amaçları karşılayan en iyi (kusursuz) ödünleşimin bulunması için uğraşırlar ama kuşkusuz bu nadiren gerçekleşir. Genellikle, her amaç fonksiyonunun göreceli önemini yansıtmak için sapmalar ağırlıklandırılır (Jones ve Tamiz, 2010).

Model kısaca şöyle özetlenebilir: i kısıtı ile ifade edilen amaç, beklenenden daha fazla başarılabılır veya beklenenden daha az başarılabılır; amaçlardaki bu sapmalar için sırasıyla d_i^+ (pozitif sapma değişkeni) ve d_i^- (negatif sapma değişkeni) sapma değişkenleri kullanılır. i . kısıtın sapma değerleri, yani d_i , pozitif ve negatif sapma değişkenlerinin toplamı olacaktır ($d_i = d_i^- + d_i^+$). Kısıt kümesine d_i^+ ve d_i^- ile eklenen değişkenler gevşek ve artık değişkenler gibi davranırlar. Karar verici her bir amaç için ulaşmayı hedeflediği bir değer belirler ve bu değerden sapmaları (d_i^+ ve d_i^-) minimum kılan çözüm bulunur. d_i^+ pozitif sapma değişkeninin sıfırdan büyük bir değer elde edilmesi, ilgili hedef için belirlenen amaç seviyesinin aşıldığı anlamına gelirken; d_i^- negatif sapma değişkeninin sıfırdan büyük bir değer bulunması, ilgili hedef için belirlenen amaç seviyesinin altında bir değere ulaşıldığını ifade eder. Eğer her iki sapma değeri de sıfır ise, ilgili hedef için tanımlanan amaç seviyesine eksiksiz bir şekilde ulaşılmıştır. (Ignizio, 1978).

Mantıksal olarak, belirlenen bir hedefte hem negatif hem de pozitif yönlü sapma olması olası değildir, çünkü bu sapma değişkenleri tek yönlüdür. Hedeften yegâne bir sapma olacaktır (pozitif sapma veya negatif sapma) ve bu sapma değişkenleri sıfıra eşit veya sıfırdan büyük olacaktır, negatif olmamalıdır.

Hedef programlama, çok amaçlı programlama modeli esas alınarak formüle edilebilir. Aşağıda, çok amaçlı bir model verilmiştir (Deb, 1999):

$$\max f_1(x), \min f_2(x) \quad (3.38)$$

s.t.

$$\sum_{j=1}^n a_{1j}x_{1j} \leq b_1 \quad (3.39)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{2j}x_{2j} \geq b_2 \quad (3.40)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{3j}x_{3j} = b_3 \quad (3.41)$$

Bu çok amaçlı modelde, (3.38) no'lu denklem ile verilen amaç fonksiyonunda $f_1(x)$ 'in maksimize edilmesi ve $f_2(x)$ 'in minimize edilmesi istenmektedir. Bunları sağlarken uyulması gereken kısıtlar sırası ile Denklem (3.39) - Denklem (3.41) arasındaki kısıtlar ile verilmiştir. Bu çok amaçlı modeli hedef programlama şeklinde gösterebilmemiz için kısıtlayıcı kümesinin düzenlenmesi gereklidir. Bunun için, $f_1(x)$ ve $f_2(x)$ amaç fonksiyonlarının erişim seviyelerinin b_4 ve b_5 olduğu varsayılır. Bu işlemten sonra, kısıtlayıcı kümesi, çok amaçlı programlama modelinin amaç fonksiyonlarına pozitif ve negatif sapma değişkenlerini ilave ederek ulaşılır:

$$\sum_{j=1}^n a_{1j}x_{1j} \leq b_1 \quad (3.39)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{2j}x_{2j} \geq b_2 \quad (3.40)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{3j}x_{3j} = b_3 \quad (3.41)$$

$$f_1(x) + d_1^- - d_1^+ = b_4 \quad (3.42)$$

$$f_2(x) + d_2^- - d_2^+ = b_5 \quad (3.43)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad i = 1,2,3 \quad j = 1,2,\dots,n \quad (3.44)$$

$$d_i^-, d_i^+ \geq 0 \quad i = 1,2 \quad (3.45)$$

Verilen bu hedef programlama modelinde, $f_1(x)$ 'in b_4 'den büyük değerler olması istenirken, b_4 'den küçük değerler olması istenmemektedir. Bunun sağlanması için ise, bu amaç fonksiyonu maksimizasyon yönünde olduğundan, negatif sapma değişkeninin (d_1^-) olabildiğince sıfıra yaklaşması ve mümkünse sıfır olması; pozitif sapma değişkeninin (d_1^+) sıfırdan büyük olması gerekmektedir.

Tersine, $f_2(x)$ amaç fonksiyonu ise minimizasyon yönünde olduğundan, belirlenen amaç seviyesinden düşük değerler alması istenmektedir. Yani b_5 'ten küçük değerler alması gerekmekte, b_5 'ten büyük değerler alması gerekmemektedir. Bunu sağlamak için de, negatif sapma değişkeninin (d_2^-) mümkün olan en fazla şekilde sıfırdan büyük olması, pozitif sapma değişkeninin (d_2^+) de sıfır değerini alması istenen durum olacaktır. Hedef fonksiyonunun erişim seviyesine tam olarak eşit olması istenen durumlarda ise, negatif ve pozitif sapma değişkenlerinin sıfıra yakın olması istenecektir. Tüm bu bilgilerin özeti aşağıdaki Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Amaç Tipine Göre Sapma Değerleri İlişkisi (Ignizio, 1978)

Amaç veya Kısıt Tipi	İstenen Amaç veya Kısıt	Minimize Edilecek Sapma Değişkenleri
$f_i(x) \leq b_i$	$f_i(x) + d_i^- - d_i^+ = b_i$	d_i^+
$f_i(x) \geq b_i$	$f_i(x) + d_i^- - d_i^+ = b_i$	d_i^-
$f_i(x) = b_i$	$f_i(x) + d_i^- - d_i^+ = b_i$	$d_i^- - d_i^+$

Ayrıca, bu genel hedef programlama modeli, pozitif ve negatif sapmaların toplamalarının minimumunu gösterecek şekilde Denklem (3.46) ile de formüle edilebilir:

$$\min Z = \sum_{i=1}^n (d_i^- + d_i^+) \quad (3.46)$$

Hedef programlamada, karar verici tarafından amaçlar arasında bazı değişiklikler yapılabilir ve bu değişikliklere göre hedef programlama yaklaşımları iki başlık altında toplanır.

3.2.3.1. Önceliksiz (Ağırlıklı) Hedef Programlama

Bu yaklaşımda her hedef için bir ağırlık belirlenir ve bu ağırlıklar amaç fonksiyonunda sapma değişkenlerine verilerek amaç fonksiyonu oluşturulur. m adet hedeften oluşan bir ağırlıklı hedef programlama modeli Denklem (3.47) ile ifade edilir (Banik ve Bhattacharya, 2018):

$$\min Z = w_1 d_1 + w_2 d_2 + \dots + w_n d_n \quad (3.47)$$

(3.47) no'lu denklemde, $d_i = 1, 2, \dots, n$ sapma değişkeni/değişkenlerini ifade ederken, $w_i = 1, 2, \dots, n$ karar vericinin her bir amaç için verdiği göreceli önem derecesini gösteren ağırlık değeridir. Denklem (3.47), toplama fonksiyonu ile aşağıdaki (3.48) no'lu denklem ile de ifade edilebilir:

$$\min Z = \sum_{i=1}^n (w_i d_i) \quad (3.48)$$

Ayrıca, önceliksiz hedef programlama, yukarıda verilenlere benzer şekilde i . amaç kısıtını ihlal etme durumu için sapma değişkenlerine ilişkin ceza ağırlıkları verilerek de formüle edilebilir. Bunun için aşağıdaki ceza durumları tanımlanır:

p_i^+ : Pozitif sapma değişkenine uygulanan ceza
 p_i^- : Negatif sapma değişkenine uygulanan ceza

Bu ceza durumları ile amaç fonksiyonu Denklem (3.49) ile yeniden formüle edilebilir:

$$\min Z = \sum_{i=1}^n (p_i^+ d_i^+ + p_i^- d_i^-) \quad (3.49)$$

Denklem (3.49) ile verilen amaç fonksiyonunda, cezalar, amaçların göreceli önemini ölçmektedir.

Önceliksiz (ağırlıklı) hedef programlamadaki ağırlıklar/cezalar, uzman görüşü/tahmini ile veya bu amaca hizmet eden teknikler (çok kriterli karar verme teknikleri) ile oluşturulabilir. Bu çalışmada, amaçların ağırlıkları, literatürde bu amaç için yaygın bir şekilde kullanılmış çok kriterli bir karar verme tekniği olan

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile yapılmıştır ve bu konu Bölüm 3.2.6’da detaylandırılmıştır.

3.2.3.2. Öncelikli Hedef Programlama

Karar verici, önceliksiz hedef programlamada olduğu gibi amaçlar için göreceli ağırlık değerleri belirleyemezse, her bir amacın diğerlerine göre üstünlüğünü ortaya koyacak bir sıralama yapmalıdır. Bu sıralamaya göre öncelikli amaç en küçüklenir ve sırayla diğer amaçlara gelinir. Bu yaklaşım, “öncelikli hedef programlama” olarak adlandırılır ve bu yaklaşımda amaç seviyelerinden istenmeyen sapmalar hiyerarşik olarak en küçüklenir.

k tane hedefin her biri için önceliklerin P_k olarak gösterildiğini varsayarsak, hedeflerin önceliklerine göre hiyerarşik ilişkisi matematiksel olarak $P_1 > P_2 > \dots > P_{n-1} > P_n$ şeklinde ifade edilir. Hedefler, gösterildiği gibi en önemliden daha az önemliye doğru sıralanır ve en başta birinci öncelikli hedefin karşılanmasını ve daha sonra sırasıyla diğer öncelikteki hedeflerin karşılanmasını gerekli kılar. Öncelikli hedef programlamada amaç fonksiyonunun gösterimi Denklem (3.50) ile verilmiştir (Ignizio, 1978):

$$\min Z = \sum_{i=1}^n P_k (d_i^- + d_i^+) \quad k = 1, 2, \dots, k \quad (3.50)$$

s.t.

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j + d_i^- - d_i^+ = b_i$$

$$x_j, d_i^-, d_i^+ \geq 0$$

$$i = 1, 2, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, \dots, n$$

Öncelikli hedef programlamada, her eniyileme aşamasından sonra amaç için elde edilen değer bir sonraki eniyileme aşamasında kısıt olarak modele eklenir. Daha sade bir ifadeyle, birinci önemdeki amacı sağlayan noktalar arasından ikinci önemdeki amacı sağlayan noktalar elde edilmeye çalışılır ve çözüm bu sistemde devam eder. Görüldüğü üzere, hedef programlamada hedefler arasında bir hiyerarşi

mevcuttur. Önceliği yüksek olan hedeflerin değerleri daha düşük öncelikli hedeflerce bozulmamalıdır.

3.2.4. Hedef Programlamada Normalizasyon

Hedef programlamada, hedefler (yani amaçların kümesi) genellikle farklı ölçüm birimlerinde ölçülür ve bu durum ölçülememeziğe yol açacağı için hedefler toplanamazlar (Jones ve Tamiz, 2010). Çeşitli hedefler için farklı birimlerden kurtulma amacı ile normalizasyon tekniklerinden faydalanılarak sapmalar ölçeklendirilir. Normalizasyon için literatürde bazı teknikler mevcuttur. “Yüzde Normalizasyon”, “Sıfır-Bir Normalizasyon”, “Öklit Normalizasyon” ve “Toplam Normalizasyon” teknikleri takip eden bölümlerde özetlenmiştir. Bu çalışmada, yüzde normalizasyon tekniği kullanılmıştır.

3.2.4.1. Yüzde Normalizasyon

Bu normalizasyon tekniğinde her bir sapma bir yüzde değerine ölçülerek sapmalar benzer birimlerde ölçülür. Kısaca, amaçlardan sapmalar toplamı amacın istenen değerine bölünerek, amacın birimi yok edilir ve tüm amaçlar ortak bir birimde incelenir. Bu işlem, yüzde normalizasyon olarak adlandırılmaktadır (Jones ve Tamiz, 2010) ve dikkat edilmesi gereken nokta, hedef değerlerinin doğru ayarlaması gereklidir.

3.2.4.2. Sıfır-Bir Normalizasyon

Bu teknikte, istenmeyen tüm sapmalar sıfır-bir (0-1) serisinde ölçülmektedir. Tanımlanan normalizasyon sapması, sınırlanan sapma değişkenleri ile birlikte göz önünde bulundurulur. Tekniğe adını veren *sıfır*, hedeftir ve *bir* ise en kötü olasılıktır. Normalizasyon sapması, bu ikisi arasındaki bir ölçü ile tüm sapmaları ölçer (Jones ve Tamiz, 2010). Dolayısı ile başarısızlığın bir ölçümünü gerçekleştirerek amaç fonksiyonunun değerine yeni bir anlam kazandırır.

3.2.4.3. Öklit Normalizasyon

Bu normalizasyon tekniğinde normalizasyon sabiti her bir hedefin teknik katsayılarının Öklit ölçüsü ile belirtilir ve $N_i = \sqrt{\sum_j a_{ij}^2}$ eşitliği ile bulunur (Jones ve Tamiz, 2010).

3.2.4.4. Toplam Normalizasyon

Toplam normalizasyonda, normalizasyon sapması öklit normalizasyon tekniğindeki gibi teknik katsayıları bulundurur; fakat bu sefer $N_i = \sum_j |a_{ij}|$ işlemi ile hesaplanır (Jones ve Tamiz, 2010).

3.2.5. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)

Çalışmanın bu kısmında, tezde kullandığı için, Coğrafi Bilgi Sistemi'nden bahsedilmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), büyük hacimli coğrafi verilerin toplanması, depolanması, işlenmesi, yönetimi, mekânsal analizi, sorgulanması ve sonuçların sunulması işlevlerini yapan donanım, yazılım, personel, coğrafi veri ve yöntem bütünüdür. Wise (2000), CBS'yi, verilmiş bir yerin sisteme dâhil olan tüm haritalarda aynı koordinatlara sahip olduğu bir alanın aynı bölgelerinin harita grupları olarak tanımlamıştır (Wise, 2000). Böylece, o alanın daha iyi anlaşılmasını sağlayabilmek amacıyla mekânsal ve tematik karakteristiklerini analiz etmek mümkün olur. Bunlara ilaveten CBS; karmaşık sosyal, ekonomik, çevresel, vb. sorunların çözümüne yönelik mekâna veya konuma dayalı karar verme süreçlerinde kullanıcılara yardımcı olmaktadır.

Coğrafi Bilgi Sistemi ilk olarak, 1968 yılında, bu sistemin önde gelen isimlerinden Roger Tomlinson tarafından kullanılmıştır (Tomlinson, 1969). Bunu takiben, sistem, gelişmeye devam etmiştir ve geçtiğimiz on yılda şehir/kaynak planlaması ve yönetimi için önemli bir araç haline gelmiştir. Çok fazla hacimli konumsal verilerin olduğu büyük bölgeleri saklama, değerlendirme, analiz etme,

modelleme ve haritalama yetenekleri, bu sistemin uygulamalarda sıklıkla kullanılmasını sağlamıştır.

CBS farklı birçok amaçla kullanılabilir:

- Haritalardan bilgiyi okumak kolay ve daha anlaşılır olduğu için, verinin çok daha etkili ve gerçekçi sunulmasına yardımcı olmaktadır.
- Veriyi haritalara çevirmek, daha yakından inceleme gerektiren beklenmedik durumların farkına varmaya yardımcı olmaktadır.
- Coğrafi faktörler göz önünde bulundurulduğunda, analizler daha iyi ve kesin olmaktadır ve bu analizlere istinaden uygulanacak stratejiler de daha geçerli olmaktadır.
- İleriye yönelik planlamaya yardımcı olmaktadır (Attfield ve ark, 2002).

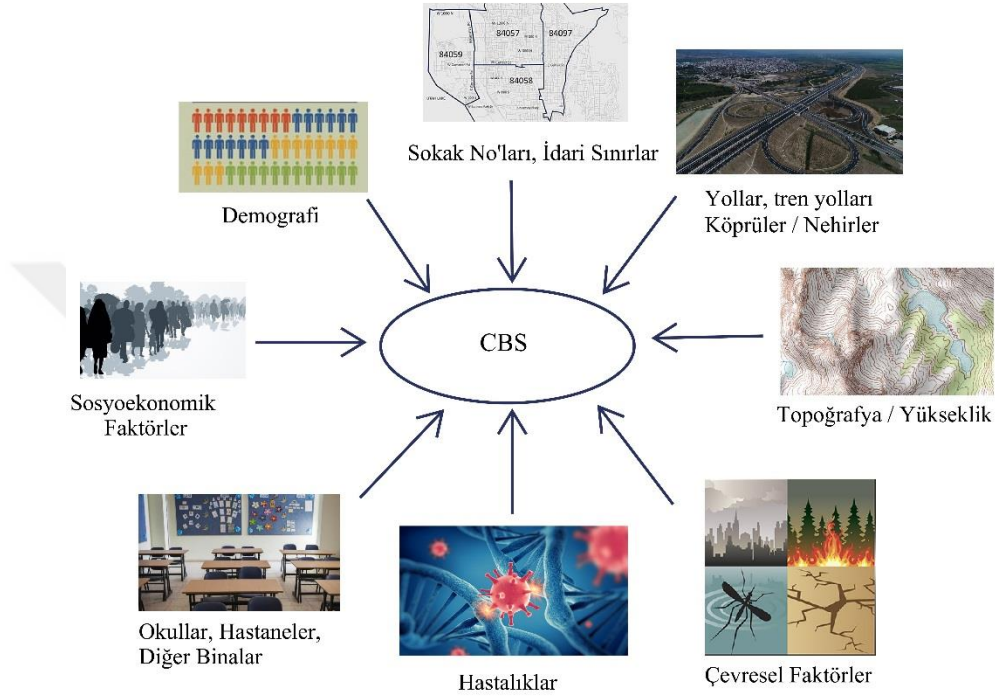
3.2.5.1. Coğrafi Bilgi Sisteminin Temel Elemanları

CBS'nin temel olarak beş elemanı mevcuttur: İnsanlar, veri, yazılım, donanım ve prosedürler/yöntemler'dir. Aşağıda bu elemanlar kısaca detaylandırılmıştır (ESRI, 2011).

İnsanlar: CBS'nin en önemli kısmını oluştururlar. Bu elemanın içerisinde; sistem yöneticisi, sistem analisti, veri tabanı yöneticisi, veri işleme uzmanı, veri giriş operatörü sayılabilir. Bu elemandaki kişilerin, CBS tarafından kullanılan prosedürleri tanımlama ve geliştirme fonksiyonları vardır. Diğer dört elemanın eksikliği ile başa çıkabilirler.

Veri: Bu eleman, CBS bünyesinde kullanılan bilgiyi oluşturur. CBS genellikle farklı kaynaklardan veriyi birleştirdiği için, verinin doğruluğu CBS'nin kalitesini oluşturur. Şekil 3.15'de CBS'de kullanılan veri türleri gösterilmiştir. Şekil 3.15'den görüldüğü üzere, CBS'de kullanılan veriler arasında demografik yapı, sokak numaraları, yollar (kara yolu, tren yolları), köprüler, nehirler; okullar,

hastaneler ve diğer binalar, topoğrafya / yükseklik, hastalıklar, sosyoekonomik ve çevresel faktörler sayılabilir.



Şekil 3.15. CBS’de Kullanılan Veri Türleri ((ESRI, 2011)’den uyarlanmıştır)

Yazılım: CBS yazılımı sadece CBS paketini kapsamaz, aynı zamanda veri tabanları, çizimler, istatistikler ve görüntüleme için kullanılan tüm yazılımı kapsamaktadır. CBS’yi yönetmek için kullanılan yazılımın fonksiyonelliği çözmek için CBS’nin kullanılabileceği problem tiplerini belirler. Bunlara ilaveten, kullanılacak yazılım mutlaka nihai kullanıcının ihtiyaçları ve yetenekleri ile uyumlu olmalıdır.

Günümüzde sıklıkla kullanılan vektöre dayalı CBS yazılımlarından birkaçı ArcGIS (ESRI), ArcView ve MapInfo iken; rastere dayalı CBS yazılımları arasında ise Erdas Imagine (Leica), ENVI (RSI), ILWIS (ITC) ve IDRISI (Clark Üniversitesi) sayılabilir.

Donanım: Kullanılan donanımın tipi, bir dereceye kadar, CBS'nin çalışacağı hızı etkileyecektir. Ayrıca, donanım, kullanılacak yazılımı da etkileyebilir.

Prosedürler/Yöntemler: Verinin girişi, analiz edilmesi ve sorgulanması için kullanılan prosedürler nihai ürünün kalitesini ve geçerliliğini etkiler.

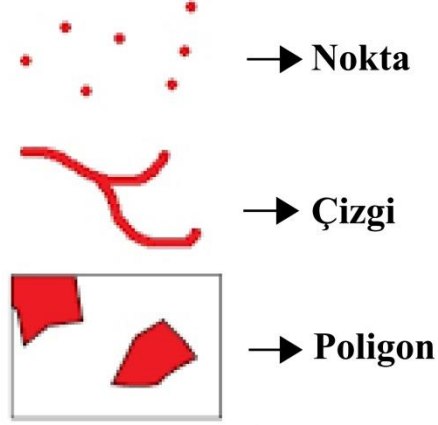
3.2.5.2. Coğrafi Bilgi Sistemi Verileri ve İşleyişi

i) Coğrafi Bilgi Sistemi Verileri

CBS'de kullanılan veriler üçe ayrılır: zamansal veriler, konusal veriler ve mekânsal veriler. İsimlerinden de anlaşılacağı üzere, zamansal veri toplanan verinin zamanını, konusal veri incelenen veri konusunu ve mekânsal veri de verinin konumunu belirtir (Heywood ve ark, 2011).

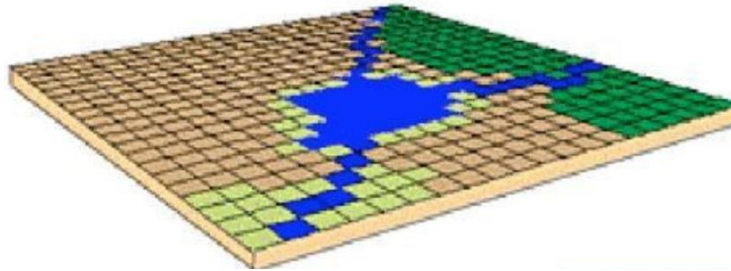
Nokta, çizgi ve alan; CBS'de verilerin gösterimi için kullanılan sembollerdir. Bu sembollerle; binalar, köprüler, göller, orman alanları vb. gösterilir. Bunlara ilaveten, CBS, iş merkezleri, deprem bölgeleri gibi analiz gerektiren coğrafi olayların yerlerini de belirtebilmek için, enlem, boylam veya koordinat sistemi gibi bir referans sistemi içerir. Bu referans sisteminde, coğrafi kodlama olarak adlandırılan bir sistem kullanılır.

Coğrafi kodlama için kullanılan iki model vardır: “Vektör” modeller ve “Raster” modeller. Vektör modelinin temel yapısı nokta olmakla beraber bu modelde kullanılan semboller nokta, çizgi ve poligon'dur. Nokta gerektiren özellikler tek bir nokta ile gösterilir; çizgi ve alan gerektiren özellikler ise noktaların birbirine bağlanmasıyla gösterilir. Semboller ile gösterilen coğrafi özellikler “x” ve “y” koordinat sisteminde kodlanarak depolanır. Vektör modeli gösterim şekli, aşağıdaki Şekil 3.16'da verilmiştir. Örneğin, nokta sembolü ile bir petrol kuyusu gösterilirken, çizgi ile bir yol, poligon ile de bir akarsu gösterilebilir (Heywood ve ark, 2011).



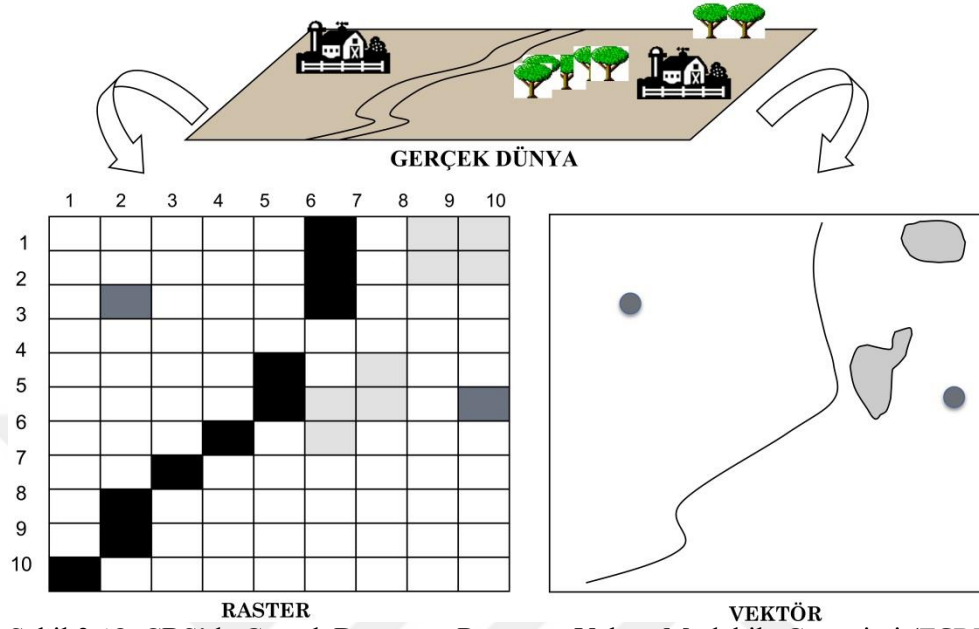
Şekil 3.16. Vektör Modelinde Kullanılan Semboller (ESRI, 2011)

Vektör modeller farklı coğrafi özellikler için uygun olsa da, nüfus yoğunluğu gibi vektörler ile gösterilemeyecek özellikler için “raster” modeller kullanılmaktadır. Raster modellerde özellikler hücrelerin gruplandırılması ile düzenlenir ve bu modelde veriler gerçek durumu bir kafes sistemi ile simgeler. Bu sistemde her bir kare veya raster hücresi, bir coğrafi özelliği kapsar. Şekil 3.17’de bir raster model verilmiştir.



Şekil 3.17. CBS Raster Modeli (ESRI, 2011)

Şekil 3.18’de ise aynı bölgenin hem raster model ile hem de vektör model ile gösterilmesi sunulmuştur.

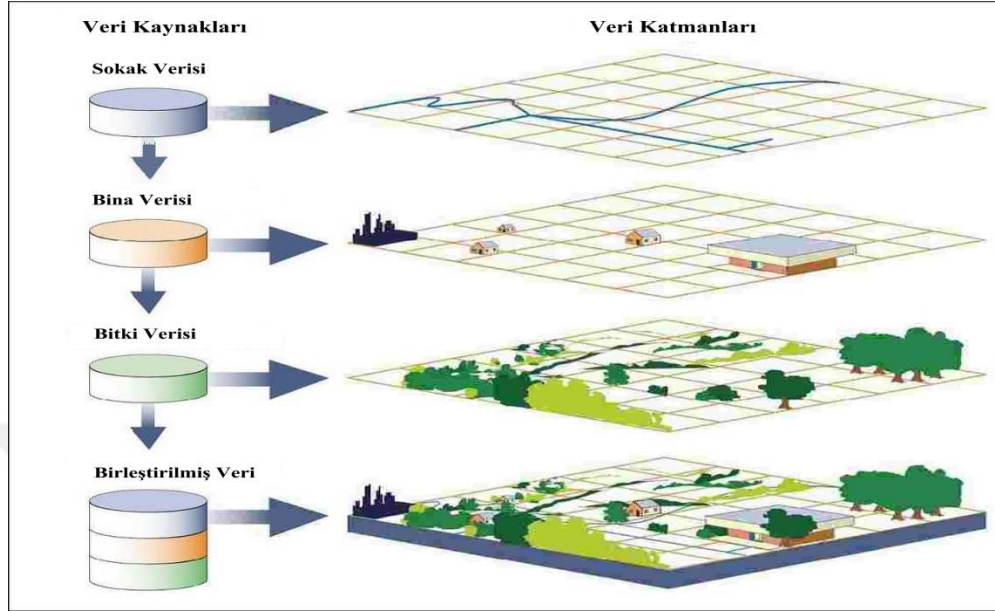


Şekil 3.18. CBS’de Gerçek Dünyanın Raster ve Vektör Model ile Gösterimi (ESRI, 2011)

ii) Coğrafi Bilgi Sistemi İşleyişi

CBS’de, Şekil 3.15 ile de gösterilen ve çeşitli kaynaklardan edinilen verilerin bilgisayara girişi farklı yöntemlerle yapılır ve çeşitli süreçlerden geçirilerek CBS’nin kullanımına hazır hale getirilir. Verilerin edinildiği farklı yöntemlerden bazıları; sayısallaştırma, uzaktan algılama, yersel ölçümler veya fotogrametrik yöntemlerdir.

Bu işlemi takiben, eğer verilerin kaynağından veya girişinden ortaya çıkan hatalar varsa bunlar onarılır ve veriler analiz ve sonuca uygun hale getirilir. Bir sonraki aşamada; veri analizi, sınıflandırmalar ve oluşturulan katmanların karşılaştırılması işlemleri yapılır. CBS’nin bu katmanlı yapısı, en önemli özelliklerinden birisidir. Bu yapı sayesinde veriler farklı katmanlar olarak depolanabilmektedir. Bu katmanlı yapının bir örneği aşağıdaki Şekil 3.19’da verilmiştir.



Şekil 3.19. CBS’de Katmanlı Veri Yapısı (ESRI, 2011)

3.2.6. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV)

Yapıları açısından karar verme problemleri çok amaçlıdır ve belirsiz bir ortam içinde oluşmaktadır. Matematiksel programlama problemlerinin birçoğu, karar verici aracılığıyla kısıtlara tabi bulunarak, amaç fonksiyonlarının bir araya getirilmesinden meydana gelmektedir ve bu, matematiksel bir şekilde ifade edilmesini gerekli kılar. Ele alınan çalışmada, ağırlıklı hedef programlamada amaçların ağırlıklarının hesaplanması için çok kriterli bir karar verme tekniği olan AHP’den faydalanılmıştır ve takip eden kısımlarda bu konular detaylandırılmıştır.

Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yaklaşımından, 1970’li yıllarda, başlangıçta, yöneylem araştırması ve karar kuramı alanlarında faydalanılmıştır ve daha sonraları bu yaklaşım ekonomik alanlara da uygulanmıştır (Kılıç, 2005). ÇKKV teknikleri birbiriyle çelişen ve çok yönlü kriter ve amaçları içeren karar verme problemleri ile ilgilenir. Birden fazla kriter göz önünde bulundurularak bir örnek kümesi içinde nesnel bir sınıflandırma ortaya koymayı hedeflemektedir.

Literatürdeki bazı ÇKKV teknikleri arasında; Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), Elemination and Choice Translating Reality English (ELECTRE), The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE), Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation TecHnique (MACBETH), Multi Attribute Utility Theory (MAUT), Doğrusal Programlama ve Hedef Programlama sayılabilir. Fakat, bu teknikler arasında, AHP yöntemi, çeşitli grup tercih toplama yöntemlerine katkıda bulunduğu için grup karar verme problemleri ve bunlardaki ağırlıkların hesaplanması için çok uygundur (Dyer ve Forman, 1992; Condon ve ark, 2003). Yapılan bir çalışmaya göre dünya genelinde yaygın bir internet arama motorunda “AHP” kelimesi ile arama yapıldığında, AHP’nin genel yöntem biliminden daha özel durumlara kadar yaklaşık 6500 sonuç gözlemlenmektedir. Bu netice de, AHP’nin faydalanılan karar verme yöntemlerinin en yaygınlarından biri olduğunu belirtmektedir (Setiawan, 2002).

AHP’nin ikili karşılaştırmaları ile oluşturulan ağırlıklar doğrudan bu çalışmanın da konusu olan Ağırlıklı Hedef Programlama modeline entegre edilebilir (Gass, 1987). Nitekim, literatürde birçok çalışma, hedef programlama problemlerinde kriter/amaç ağırlıkları için AHP’yi kullanmanın avantajını bildirmiştir (Schniederjans ve Garvin, 1997; Kwak ve Lee, 1998; Radcliffe ve Schniederjans, 2003; Coyle, 2004; Ho, 2007; Jones ve Tamiz, 2010; Memarian ve ark, 2014; Tajbakhsh ve ark, 2018). Bu özellikleri dikkate alarak, bu çalışmada, Ağırlıklı Hedef Programlama’da amaçları ağırlıklandırmak için AHP’den faydalanılmıştır. Takip eden bölümlerde sırasıyla AHP tekniğinden ve bu tekniğin aşamalarından bahsedilmiştir.

3.2.6.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Verilen bir karar probleminde, bir değerlendirme kriteri üzerine kurulu bütün alternatifler arasından en uygun alternatif seçilir. Bununla birlikte, gerçek dünyadaki bir problemin birden fazla değerlendirme kriterinin olması çok sık

rastlanan bir durumdur. Üstelik şahsi değerlendirme kriterini matematiksel yorumlar ile açıklamak uygun olmayabilir. Kişisel değerlendirme problemlerinin bazı çeşitleri için Thomas L. Saaty'nin 1970'lerin başlarında geliştirdiği AHP tekniği vasıtasıyla sayısal değerlendirme yapmak mümkündür (Saaty, 1987). AHP'den yararlanılarak, karar vericinin sezgi ve/veya tecrübe ile edindiği yargılar esas alınarak alternatifler değerlendirilebilmekte, her bir alternatif için rakamsal bir değerlendirme sonucuna varılabilmektedir (Tamiz, 1996).

İnsan doğası, çözümlemeli düşünme ve ölçümler üzerine yapılan temel incelemeler; AHP'nin problemlerin kantitatif çözümünde rahatça kullanılabilen bir model olarak gelişmesini sağlamıştır. Bunlara ilaveten, AHP, bireylerin ya da grupların kendi hipotezlerini kurmalarına ve onlardan beklenen çözümün oluşturulması aracılığıyla düşüncelerini paylaşmasına ve problemleri açıklamalarına imkân veren esnek bir modeldir.

AHP; hayal gücü, tecrübe ve bilgi ile bir problemin aşamalarını oluşturmaya ve mantık, önsezi ve tecrübe ile yargıları yapmaya tabidir. Başlangıçta onaylanıp sürdürüldükten sonra AHP, problemin bir parçasının öğelerinin diğer parçalarla birleştirilmiş sonuca ulaşmak için nasıl bağlanacağını belirtmektedir. Sistemin bir bütün olarak bağlantılarını açıklama, kavrama ve yargılamak için yararlanılan bir prosestir (Saaty, 2002).

AHP'nin, bu çalışmada da kullanılmasının sebeplerinden biri olan önemli bir özelliği, karara bağlama veya problem çözmede grup iştiraki için bir çerçeve sağlamasıdır. Düzenlenmemiş gerçeği biçimlendirmenin yolu katılım, pazarlık ve mutabakattan geçmektedir. Gerçekte de, herhangi bir problemin AHP açısından kavramsal yönü; bireyin tasarılar, yargılar ve diğer bireyler tarafından onaylanmış problemin gerekli açıları hakkında gerçekler oluşturmasını gerekli kılmaktadır (Saaty, 2002).

AHP' nin teorik altyapısı üç aksiyoma dayanır. Bu aksiyomlardan birincisi, iki taraflı olma/tersi olma aksiyomudur. Bu aksiyom, sözel olarak, “A elemanı B elemanının 5 katı büyüklüğünde ise B, A'nın 5'te 1'idir” ile ifade edilebilir.

İkincisi aksiyom, homojenliktir ve kıyaslanan elemanların birbirinden çok fazla farklı olmaması gerektiğini, eğer çok fazla farklılık olursa yargılarda hataların meydana gelebileceğini anlatmaktadır. Üçüncüsü, bağımsız olma aksiyomudur ve bir hiyerarşideki belirli bir aşamaya ilişkin elemanlara ait yargıların veya önceliklerin diğer bir aşamadaki elemanlardan bağımsız olmasını gerekli kılar. Bu ifade, üst aşama kriterlerin önceliklerinin yeni bir alternatif ilave edildiğinde veya çıkarıldığında değişmeyeceği anlamına gelmektedir.

AHP'nin uygulama alanları arasında; ekonomi/yönetim problemleri (muhasabe/mali işler, sermaye yatırımı, üretim planlama, pazarlama, portföy seçimi, risk çözümlemesi, kuruluş yeri seçimi, kaynak ataması, vb.), politik problemler (çatışma çözümlemesi, güvenlik değerlendirmesi, vb.), sosyal problemler (eğitim, çevresel kararlar, nüfus dinamikleri, vb.), teknolojik problemler verilebilir.

3.2.6.2. AHP'nin Aşamaları

AHP beş aşamadan oluşmaktadır:

i) Kriterlerin Hiyerarşik Yapısının Oluşturulması:

Bu ilk evre, diğer tüm karar verme metotlarına ilişkin problemlerin çözümünde de faydalanılan ilk evredir. Hiyerarşik yapının meydana getirilmesinden önce problemin açıklanması esnasında dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, bu problemin AHP metoduna uygun olup olmadığı, yani, öğelerin kantitatif belirtilere sahip olup olmadığıdır.

Hiyerarşiler meydana getirilirken temsil edilecek konuya ait yeterli sayıda detay tanımlanmalıdır, ama amaç ve kriterleri değişikliğe uğratarak sonuçların duyarlılığını da yitirmemek gerekmektedir. Problemin etrafındaki çevre göz önünde bulundurulmalıdır. Çözüme katkıda bulunacağına inanılan önemli husus ve özellikler belirlenmelidir. Problemlerle ilişkili katılımcıların tanımı yapılmalıdır (Saaty, 2002).

AHP'nin en önemli niteliği, karar vericinin karar problemini birbirleriyle hiyerarşik bağlantısı olan öğelere ayırmasıdır. Bu hiyerarşinin en üstünde, karar vericinin nihai amacı yer alır. Hiyerarşinin daha alt düzeylerinde de, bu nihai amaca erişmek için dikkate alınması gereken kriterler bulunur. Hiyerarşide aşağıya doğru inildikçe kriterlerin belirginliği fazlalaşır. Hiyerarşinin en alt düzeyinde ise alternatifler bulunur.

ii) Kriterler ve Alternatif Seçenekler Arasında İkili Kıyaslamalar Yapılması

Bu ikinci evrede ikili kıyaslamalar yapılır. İkili kıyaslamalar; kıyaslanan öğelerin bazı özelliklere uymalarına göre insanların tercih etme, hoşlanma ya da önem sıralarına olan duyarlılıklarını yorumlayabilen doğal bir süreçtir (Saaty, 2002). Bu ikili kıyaslamalar kare matriste belirtilir. Her seviyede, matriste en soldaki sütundaki bir elemanın en üst satırdaki bir elemana göre üstünlüğü görünür. Kıyaslamalar şu iki sorunun cevabını gösterir: “Bir üst seviyedeki kritere göre bu iki elemandan hangisi daha önemlidir?” ve “Bu önemin derecesi nedir?”.

Çizelge 3.2, AHP’de ikili kıyaslamalar için kullanılan oranların ölçeğini göstermektedir. Çizelge 3.2 ile verilen ölçeğe göre oluşturulan matrisin her bir sütununun sütunun ilk değerine bölünmesiyle elde edilen n satır ve sütunlu A kare matriste $n(n - 1)/2$ adet ikili kıyaslama gerçekleştirilir. İkili kıyaslama matrislerinin köşegenlerindeki değerler 1’dir. Çünkü köşegen üstündeki öğeler her öğenin kendisi ile kıyaslanır. Matristeki elemanların yarısı diğer elemanların tersidir. Örneğin, $w_1/w_2 = 3$ ise $w_2/w_1 = 1/3$ olacaktır.

Çizelge 3.2. AHP'de Faydalanılan Önem Dereceleri (Saaty, 1987)

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit Önem	İki bileşen de eşit önemdedir
3	Orta Dereceli Önem	Deneyim ve yargılar bir bileşeni diğerine göre az derecede tercih ettirir
5	Kuvvetli Önem	Deneyim ve yargılar bir bileşeni diğerine güçlü derecede tercih ettirir
7	Çok Kuvvetli Önem	Bir bileşen diğerine çok güçlü derecede tercih edilir
9	Kesin Önem	Bir bileşen diğerine karşı kesinlikle çok daha önemlidir
2, 4, 6, 8	Ara Değerler	Mutabakat gereklidir

Yapılan ikili karşılaştırmalar neticesinde oluşan A kare matrisi örneği Çizelge 3.3 ile verilmiştir.

Çizelge 3.3. AHP'de İkili Kıyaslama Matrisi (Vargas, 1990)

	Kriter 1	Kriter 2	Kriter 3	..	Kriter n
Kriter 1	w_1/w_1	w_1/w_2	w_1/w_3	..	w_1/w_n
Kriter 2	w_2/w_1	w_2/w_2	w_2/w_3	..	w_2/w_n
Kriter 3	w_3/w_1	w_3/w_2	w_3/w_3	..	w_3/w_n
..	..	..	..	..	..
Kriter n	w_n/w_1	w_n/w_2	w_n/w_3	..	w_n/w_n

Çizelge 3.3'deki ikili karşılaştırmalar, i satırındaki ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) kriterin n sütunla ifade edilen her bir kritere bağlı bir şekilde derecelenmesi ile gerçekleştirilir.

iii) Kriter Önceliklerinin ve Alternatiflerin Tercih Derecelerinin Belirlenmesi

Üçüncü evrede, kriter öncelikleri (bunlara kriter ağırlıkları da denmektedir) yerel ve global öncelikler şeklinde ikiye ayrılır. Yerel öncelikler aynı üst seviye kritere bağlı bir şekilde alt seviye kriterlerin kendi aralarındaki öncelikleri ile ifade edilir. Bu öncelikler doğrudan ikili karşılaştırma matrislerinden hesaplanır. Yerel öncelikleri, bir satırdaki tüm değerlerin eklenerek karşılaştırma değerlerinin

toplamına bölünmesi ile hesaplanır. Bu öncelikler, daha basit bir şekilde, bir sütundaki değerlerin normalize edilmesi ile de elde edilebilir. Bunu yapmak için, sütundaki her değer, sütun toplamına bölünür. Daha sonra da, normalize edilmiş değerlerden öncelikleri bulmak için satırların ortalaması alınır. Her ortalamaya ilişkin satıra karşılık gelen, o kriterin yerel önceliğidir.

Alternatiflere ait tercih dereceleri de aynı metotla elde edilir. Kriterlere ait global öncelik, aynı seviyede ama farklı üst kriterlere ilişkin alt kriterlerin birbirlerine göre önceliklerini ifade eder. Bir seviyedeki bütün global önceliklerin toplamı 1'e eşittir. Rastgele bir kriterin global önceliği, o kriterin yerel önceliği ile bir üst seviyedeki alakalı kriterin global önceliğinin çarpımına eşittir.

iv) Alternatiflerin Sıralanması

AHP'nin bu dördüncü evresinde, kriter öncelikleri ve tercih dereceleri birleştirilerek alternatiflere ait bir sıralama oluşturulur. Bu sıralamayı oluşturmak için; $(k - 1)$. seviyedeki her alt kriterin global önceliğiyle alternatiflerin o alt kriterlere göre tercih değerleri çarpılır ve ağırlıklı değerler elde edilir. Bir alternatifin sıralama puanı da, ağırlıklı değerlerinin toplamına eşit olur. Bu sıralama aşağıdaki Denklem (3.51) ile hesaplanır:

$$(Sıralama\ Puanı)_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}P_j \quad (3.51)$$

Denklem (3.51)'de P_j , $(k - 1)$. seviyedeki alt kriterlerin global önceliklerini, a_{ij} ise alternatifin $(k - 1)$. seviyedeki alt kriterlere göre kriter ağırlıklarını temsil etmektedir.

v) Tutarlılığın Ölçülmesi ve Duyarlılık Analizleri

Tutarlılık, kriterlerin ya da alternatiflerin ikili karşılaştırmasının elde edilmesinde kararın uyarlılık göstermesidir. Matematiksel ifade ile, eğer bütün i, j ve k 'ler için $a_{ij} * a_{jk} = a_{ik}$ ise, "A kıyaslama matrisi tutarlıdır." yorumu

yapılabilir. Burada önemli olan, tutarsızlığın kabul edilebilir bir seviyede olmasıdır. Genel bir ilke ile, tutarsızlığın %10 seviyesini aşmaması arzu edilmektedir.

Eğer tutarlılık oranı 0,1'e eşit veya bu değerden küçük ise, kıyaslamalar tutarlı ve kabul edilebilirdir; fakat eğer bu değer 0,1 değerini aşarsa; yargı kümeleri güvenilmeyecek karar tutarsızdır ve karar vericilerin cevaplarında tutarlılık sağlamak adına ikili kıyaslamaları tekrarlamaları istenir.

Denklem (3.52) ve Denklem (3.53), karar uzmanları tarafından elde edilen cevapların tutarlılığını ölçmek için kullanılan denklemlerdir (Golden ve ark, 1989):

$$Tutarlılık Endeksi (CI) = \frac{\lambda^{max} - n}{n - 1} \quad (3.52)$$

$$Tutarlılık Oranı (CR) = \frac{CI}{RI(n)} \quad (3.53)$$

Denklem (3.52), bir ikili kıyaslama matrisi için tutarlılık endeksini (CI) ifade eder. Bu denklemde; λ^{max} , kıyaslama matrisinin en büyük eigen değeridir ve n ise matrisin boyutu veya karar kriterlerinin sayısıdır. Denklem (3.53), tutarlılık oranını gösterir ve bu denklemde $RI(n)$ matrisin büyüklüğüne bağlı olarak değişen tesadüfi endekstir. Matris boyutlarına göre uygulanacak tesadüfi endeks değerleri aşağıdaki Çizelge 3.4 ile verilmiştir (Golden ve ark, 1989).

Çizelge 3.4. Tesadüfi Endeks Değerleri (Golden ve ark, 1989)

N	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI(n)	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

Duyarlılık analizi ise şu soruya cevap vermektedir. “Kararda farklılığı ne yaratır?” (Clemen, 1996). Duyarlılık analizinden; genellikle, karar kriterlerindeki değişime bağlı ağırlıklardaki değişimin alternatifler arasındaki tercihleri nasıl değiştirebileceğini yorumlamak için faydalanılır.

3.3. Model Geliştirme

Verilen yöntemlerin ışığında, bu çalışma aracılığıyla; öncelikle kapasitelendirilmiş sabit maliyet, maksimum kapsama ve Suriye kapsamında sağlık merkezlerinin bazı özelliklerini bünyesinde toplayan karışık tam sayılı çok amaçlı bir model geliştirilmiştir. Bunu takiben, bu model ağırlıklı hedef programlama modeline dönüştürülmüştür ve bir optimizasyon paket programı olan GAMS’de çözülmüştür. Ağırlıklı hedef programlama kısmında amaçların ağırlıkları, literatürde de yaygın olarak bu amaç için kullanılan ve Bölüm 3.2.6.1 ve Bölüm 3.2.6.2 ile detaylandırılan AHP yöntemi ile elde edilmiştir.

Modelde kullanılan belirli özellikler aşağıda listelenmiştir:

- Çalışma kapsamında Suriye’nin İdlib şehrinde bir uygulama yapıldığı için, bu çatışma ortamında sağlık ocaklarının sahip olması beklenen bazı uygunluk faktörleri dikkate alınmıştır ve çalışma dâhilinde kullanılmak üzere belirlenen uygunluk faktörleri şunlardır:
 - Laboratuvar hizmeti,
 - Kan gruplama hizmeti,
 - Aşılama hizmeti,
 - İnternet hizmeti,
 - Güneş enerjisi,
 - Bodrum katı.

Laboratuvar, kan gruplama, aşılama ve internet hizmetlerinin; sağlık ocağının bulunduğu ortamdan bağımsız bir şekilde (çatışma alanı olsun veya olmasın) tüm sağlık ocaklarında bulunması gereklidir. Dolayısı ile bunlar birer faktördür. Güneş enerjisi faktörü, çatışma alanında elektrik kesintileri olduğu ve iklim koşullarına göre alternatif enerji kaynağı olduğu için, sağlık ocağında olması olumlu bir özellik olacağı için seçilmiştir. Bodrum katı faktörü ise, çatışmalar

devam ettiği için ve ani bir çatışma/bombalama durumunda insanların sığınması için gerekli bir özelliktir ve bu yüzden çalışmaya dâhil edilmiştir.

- Çalışanların ücreti olarak ekonomik faktör: Bu faktör, işçilerin sağlık merkezini elverişli bir yer haline getirmek ve onarmak için çalışmaları karşılığı onlara ödenen ücretlerdir.

Çalışmada göz önünde bulundurulmuş varsayımlar ise aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

- Her talep düğümü bir sağlık ocağından ya hizmet alır ya da almaz (yani 0 veya 1).
- Talep miktarları ve yerleri sabittir.
- Oluşturulmuş ve güncellenmiş yol şebekeleri boyunca yollara erişilebilmektedir ve eksik veya kapalı sokak yoktur.
- Her bir bölgedeki atanmış/yerleştirilmiş insan grupları için değişken maliyetler, o sağlık ocağının yerinden bağımsız bir şekilde sağlık ocağına atanan kişi sayısı ile ilişkilidir. Yani, bir kişiyi belirli bir sağlık ocağına atamanın maliyeti, onu başka bir bölgedeki diğer bir sağlık ocağına atamanın maliyeti ile aynıdır.

3.3.1. Çok Amaçlı Model Formülasyonu

Modeli geliştirmek için gereksinimler ile tutarlı olacak şekilde, bu çalışmada, çok amaçlı karışık tam sayılı model için aşağıdaki belirtilen parametreler kullanılmıştır.

- I : Düğümler kümesi; $i \in I$ $i=1,2,\dots,338$
 J : Aday bölgeler kümesi; $j \in J$ $j=1,2,\dots,77$
 N : Hedeflenen amaçlar kümesi; $n \in N$ $n=1,2,\dots,9$
 h_i : i düğümündeki talep
 f_j : j bölgesine bir sağlık ocağı yerleştirmenin sabit maliyeti
 R : j bölgesindeki her kişi için işletme maliyeti (sabit sayı)
 K_j : j bölgesindeki her aday sağlık ocağının kapasitesi
 CW_j : Her aday j bölgesindeki ekonomik faktör miktarı
 TC : 1 km uzaklık için taşıma maliyeti (sabit sayı)
 dis_{ij} : i düğümü ve j bölgesi arasındaki uzaklık (CBS yol-şebeke veri seti oluşturarak elde edilmiştir)
 $a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } i \text{ düğümündeki talep } j \text{ bölgesindeki sağlık ocağı tarafından kapsanabilirse} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$
(Kapsama matrisinden elde edilmiştir)
 $Lab_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \text{ bölgesindeki sağlık ocağının laboratuvar hizmeti varsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$
 $BG_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \text{ bölgesindeki sağlık ocağının kan gruptlama hizmeti varsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$
 $Vac_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \text{ bölgesindeki sağlık ocağının aşılama hizmeti varsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$
 $SE_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \text{ bölgesindeki sağlık ocağının güneş enerjisi varsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$
 $B_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \text{ bölgesindeki sağlık ocağının bodrumu varsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$
 $IS_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \text{ bölgesindeki sağlık ocağının internet hizmeti varsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$
 p_n^- : d_n^- sapma değişkeni ile ilişkili amacı başaramamanın cezası
 p_n^+ : d_n^+ sapma değişkeni ile ilişkili amacı başaramamanın cezası

Modelde kullanılan karar değişkenleri ve bunların anlamları ise şunlardır:

$$X_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \text{ bölgesine bir sağlık ocağı yerleştirirsek} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$Z_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } i \text{ düğümündeki insanlar } j \text{ bölgesindeki sağlık ocağından hizmet alırsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

d_n^+ : Pozitif sapma değişkeni – hedeflenen n amacının fazla başarıma miktarı

d_n^- : Negatif sapma değişkeni – hedeflenen n amacının az başarıma miktarı

Belirtilen karar değişkenleri ve parametreler vasıtasıyla kurulan çok amaçlı karışık tam sayılı modelin amaç fonksiyonları ve kısıtları aşağıda sunulmuştur:

Amaç Fonksiyonları:

$$\max \quad \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} a_{ij} z_{ij} h_i \quad (3.54)$$

$$\min \quad \sum_{j \in J} f_j X_j + R \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} Z_{ij} h_i + TC \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} Z_{ij} h_i dis_{ij} \quad (3.55)$$

$$\max \quad \sum_{j \in J} CW_j X_j \quad (3.56)$$

$$\max \quad \sum_{j \in J} SE_j X_j \quad (3.57)$$

$$\max \quad \sum_{j \in J} B_j X_j \quad (3.58)$$

$$\max \quad \sum_{j \in J} IS_j X_j \quad (3.59)$$

$$\max \quad \sum_{j \in J} Lab_j X_j \quad (3.60)$$

$$\max \quad \sum_{j \in J} BG_j X_j \quad (3.61)$$

$$\max \quad \sum_{j \in J} Vac_j X_j \quad (3.62)$$

s.t.

$$\sum_{j \in J} X_j \leq P \quad (3.63)$$

$$\sum_{j \in J} Z_{ij} \leq 1 \quad \forall i \in I \quad (3.64)$$

$$\sum_{j \in J} a_{ij} Z_{ij} h_i \leq K_j \quad \forall j \in J \quad (3.65)$$

$$Z_{ij} \leq a_{ij} X_j \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (3.66)$$

$$X_j, Z_{ij} \in [0, 1] \quad (3.67)$$

Denklem (3.54)'den Denklem (3.62)'ye kadar olan denklemler; önerilen çok amaçlı modelin amaç fonksiyonlarıdır. Denklem (3.54), tüm talep içinden hizmet alan kişilerin sayısını maksimize eder. Denklem (3.55), sırasıyla, üç faktör içeren toplam maliyeti minimize eder: bir sağlık ocağını açma ve kurmanın sabit maliyeti, bir yıl boyunca bir sağlık ocağını işletmenin değişken maliyeti ve ilgili sağlık ocağına varmak için taşıma maliyeti. Denklem (3.56), yerleştirilen sağlık ocakları için çalışanlara ödenen ücreti yani ekonomik faktörü maksimize eder. Denklem (3.57) – Denklem (3.62) arasındaki denklemler, uygunluk faktörleri ile yerleştirilen sağlık ocaklarının sayısını maksimize eder: Denklem (3.57), j bölgesinde güneş enerjisine sahip olarak yerleştirilen sağlık ocaklarının sayısını maksimize eder. Denklem (3.58), j bölgesinde bodrum özelliğine sahip bir şekilde yerleştirilen sağlık ocaklarının sayısını maksimize eder. Denklem (3.59), j bölgesinde internet hizmetine sahip olarak yerleştirilen sağlık ocaklarının sayısını maksimize eder. Denklem (3.60), j bölgesinde laboratuvar hizmetine sahip olarak yerleştirilen sağlık ocaklarının sayısını maksimize eder. Denklem (3.61), j bölgesinde kan gruplama hizmetine sahip bir şekilde yerleştirilen sağlık ocaklarının sayısını maksimize eder. Denklem (3.62), j bölgesinde aşılama hizmetine sahip bir şekilde yerleştirilen sağlık ocaklarının sayısını maksimize eder.

Geliştirilen modelin kısıtları, Denklem (3.63) – Denklem (3.67) arasındaki denklemler ile verilmiştir. Denklem (3.63), yerleştirilen sağlık ocaklarının sayısını; belirli bir değere (P) eşit veya bu değerden küçük olacak şekilde sınırlandırır. Denklem (3.64), her talebin en çok bir kere kapsanmasını garanti eder; yani bir talep ya bir sağlık ocağı tarafından hizmet görür veya hiçbir sağlık ocağı tarafından kapsanmaz. Bu kısıt şöyle de ifade edilebilir: Bir talep düğümdeki insanların hepsi ya bir sağlık ocağına atanır/sağlık ocağından hizmet görür veya hiçbir sağlık ocağına atanmaz. Denklem (3.65), her sağlık ocağının kendi kapasitesinden küçük veya kendi kapasitesine eşit talep düğümlerini kapsamasını sağlar. Denklem (3.66), $i \in I$ düğümündeki talebin i düğümünü kapsayacak en az bir sağlık ocağı yerleştirilmedikçe kapsanamayacağını ifade etmektedir. Yerleştirilmiş sağlık

ocakları ve kapsanan düğümler için ikili değişkenler ise Denklem (3.67) ile verilmiştir.

3.3.2. Ağırlıklı Hedef Programlama Formülasyonu

Ele alınan problemin ağırlıklı hedef programlama formülasyonu aşağıda verilmiştir. Bunu takiben, ağırlıklı hedef programlamaya göre düzenlenmiş denklemler sıralanmıştır.

$$\min \sum_n (p_n^- d_n^- + p_n^+ d_n^+) \frac{1}{(tv)_n} (\%) \quad n=1,2,\dots,9 \quad (3.68)$$

Denklem (3.68), hedeflenen amacın sağ taraf değerlerine göre $((tv)_n)$ her amacın ceza değerini ve normalizasyonunu göz önünde bulundurarak amaç fonksiyonları ile ilişkili toplam sapmaları minimize eder. Çalışmada, hedef programlamadaki farklı birimlerdeki amaçları tek bir ölçekte değerlendirmek için, Hedef Programlama Normalizasyon Teknikleri'nden "Yüzde Normalizasyon" dan (Bölüm 3.2.4.1) faydalanılmıştır.

Ağırlıklı hedef programlamada amaç fonksiyonunu gerçekleştirirken dikkate alınan kısıtlar Denklem (3.69) – Denklem (3.77) arasındaki denklemler ile aşağıda ifade edilmiştir.

s.t.

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in I} a_{ij} Z_{ij} h_i + d_1^- - d_1^+ = (tv)_1 \quad (3.69)$$

$$\sum_{j \in J} f_j X_j + R \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} Z_{ij} h_i + TC \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} Z_{ij} h_i dis_{ij} + d_2^- - d_2^+ = (tv)_2 \quad (3.70)$$

$$\sum_{j \in J} CW_j X_j + d_3^- - d_3^+ = (tv)_3 \quad (3.71)$$

$$\sum_{j \in J} SE_j X_j + d_4^- - d_4^+ = (tv)_4 \quad (3.72)$$

$$\sum_{j \in J} B_j X_j + d_5^- - d_5^+ = (tv)_5 \quad (3.73)$$

$$\sum_{j \in J} IS_j X_j + d_6^- - d_6^+ = (tv)_6 \quad (3.74)$$

$$\sum_{j \in J} Lab_j X_j + d_7^- - d_7^+ = (tv)_7 \quad (3.75)$$

$$\sum_{j \in J} BG_j X_j + d_8^- - d_8^+ = (tv)_8 \quad (3.76)$$

$$\sum_{j \in J} Vac_j X_j + d_9^- - d_9^+ = (tv)_9 \quad (3.77)$$

Ağırlıklı hedef programlama model formülasyonunda, çok amaçlı model formülasyonunda Denklem (3.63) – Denklem (3.67) arasındaki denklemler, daha önce ifade edildikleri ile şekilde kullanılmıştır.

3.3.3. Ağırlıklı Hedef Programlama için Ağırlıkların Hesaplanması

Çalışmada, ağırlıklı hedef programlama modeli için ağırlıkların/cezaların belirlenmesi için AHP yönteminden faydalanılmıştır. Bu yöntemde gerçekleştirilen ikili kıyaslamalar için Çizelge 3.2’den faydalanılmıştır. Bölüm 3.3.1’de verilen çok amaçlı model formülasyonunda Denklem (3.54)- Denklem (3.62) arasındaki amaçların ikili karşılaştırma matrisi üç uzmanın (sağlık hizmeti bekleyen insanların iki temsilcisi ve bir uzman bilirkişi) kararları ile yapılmıştır. Bunların ikili kıyaslamalara verdikleri cevapların geometrik ortalaması alınmış ve bulunan ağırlıklar Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.5’de elde edilen ağırlıklara istinaden tutarlılık endeksleri ve tutarlılık oranlarının hesaplanması için sırasıyla Denklem (3.52) ve (3.53) kullanılmıştır. Bu denklemlerin uygulanması sırasında ihtiyaç duyulan tesadüfi endeks değişkenleri için ise Çizelge 3.4’den yararlanılmıştır.

Çizelge 3.5. Her Amaçın AHP'nin İkili Kıyaslamaları ile Elde Edilen Ağırlığı

Amaç (n)	Amaç Ceza Notasyonu	Ağırlıklar
1. Maks. Kapsama Amacı	P1	44.7%
2. Min. Maliyet Amacı	P2	14.4%
3. Maks. Ekonomik Faktör Amacı	P3	4.7%
4. Maks. Güneş Enerjili Sağlık Ocağı Amacı	P4	4.7%
5. Maks. Bodrumlu Sağlık Ocağı Amacı	P5	4.7%
6. Maks. İnternet Hiz. Sağlık Ocağı Amacı	P6	4.7%
7. Lab. Hiz. Sağlık Ocağı Amacı	P7	4.7%
8. Maks. Kan Grup. Hiz. Sağlık Ocağı Amacı	P8	8.7%
9. Maks. Aşılama Hiz. Sağlık Ocağı Amacı	P9	8.7%

Gerçekleştirilen AHP neticesinde, tutarlılık oranı 0,005 olarak bulunmuştur ve bu, ikili karşılaştırmaların tutarlı olduğu anlamına gelmektedir.

Çizelge 3.5'e istinaden, ağırlıklı hedef programlamada kullanılan, her n amaç fonksiyonu için p_n^- ve p_n^+ değerleri Çizelge 3.6'da sunulmuştur.

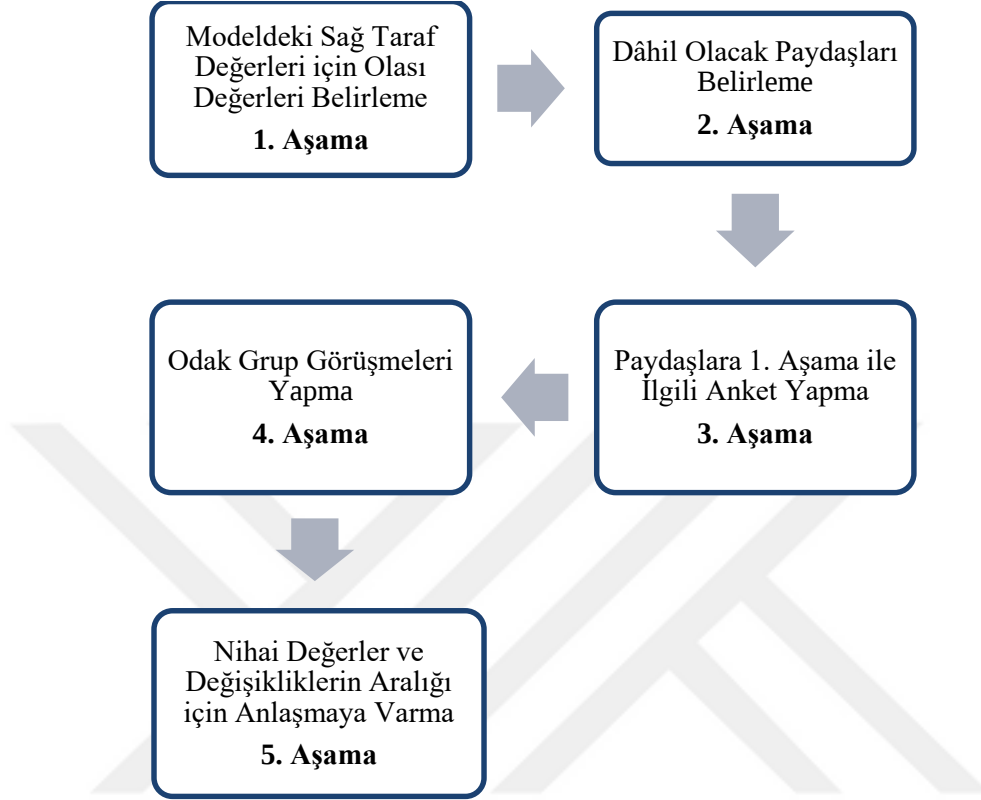
Çizelge 3.6. Her n Amaç Fonksiyonu için p_n^- ve p_n^+ Değerleri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
p_n^-	44,7	0	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	8,7	8,7
p_n^+	0	14,4	0	0	0	0	0	0	0

Çizelge 3.6'da; amacın maksimizasyon olduğu durumlarda (1. Amaç, 3. Amaç, 4. Amaç, 5. Amaç, 6. Amaç, 7. Amaç, 8. Amaç ve 9. Amaç) d_n^+ sapma değişkeni ile ilişkili amacı başaramamanın cezası yani p_n^+ değeri 0 olarak alınırken, amacın minimizasyon olduğu tek durum olan maliyet amacında (2. Amaç) ise d_n^- sapma değişkeni ile ilişkili amacı başaramamanın cezası yani p_n^- değeri 0 olarak alınır.

3.3.4. Amaç Fonksiyonlarının Sağ Taraf Değerlerinin Hesaplanması

Amaç fonksiyonlarının sağ taraf değerlerinin belirlenmesi için Şekil 3.20 ile verilen süreç uygulanmıştır.



Şekil 3.20. Ağırlıklı Hedef Programlamada Hedef Değerlerinin Hesaplanması Süreci

Şekil 3.20’den görüldüğü üzere, ilk aşamada, sağ taraf değerlerinin olası hedeflenmiş değerleri benzer projeler ve durumlar göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. İkinci aşama, belirli değerler (finansal çerçeve, insani yardım kapsamı, yönetim, temsilciler, lehtarlar, vb.) ile ilişkili paydaşları ve sonraki aşamalarda sürece dâhil olacak paydaşları belirler. Üçüncü aşamada, görüşlerini öğrenmek ve sebepleri ve açıklamaları ile destekledikleri tavsiyelerini keşfetmek için, paydaşlara anket yapılmıştır. Dördüncü aşama, üçüncü aşamada elde edilen sonuçları incelemek için odak grup görüşmeleri yürütmeyi ve onları tartışmayı içerir. Beşinci ve sonuncu aşamada, paydaşların çoğu için en yüksek uzlaşım değerini oluşturarak tahmin edilen değerler üzerinde anlaşmaya varılır. Bunu

yaparken “olabilecek en çok insanı atama” veya “sağlık ocaklarının tam kapasitesi” için belirli bir noktada başarı sağlayana kadar duyarlılık analizi kısmında ele alınacak olan her değerin değişim aralığı göz önünde bulundurulmuştur.

3.3.5. Ağırlıklı Hedef Programlama için Hesaplanan Amaçların Sağ Taraf Değerleri

Amaçların elde edilen sağ taraf değerleri şöyledir:

- İlk amacımızın olan atanacak insanların hedef değeri için; vaka çalışması yapılan alandaki tüm insanların sağlık ocaklarına atanmasını istediğimizden dolayı, veri toplama neticesinde bu alandaki insan sayısı olarak bulduğumuz 1,852,440 kişi değeri belirlenmiştir.
- Aday sağlık ocakları arasında; 31’inin laboratuvar hizmeti, 33’ünün kan gruplama hizmeti, 60’ının aşılama hizmeti, 18’inin güneş enerjisi, 36’sının bodrumu ve 65’inin internet hizmeti vardır. Şekil 3.20 ile verilen süreç vasıtasıyla, bu amaçların hedef değerleri sırasıyla şöyle belirlenmiştir: 30, 30, 30, 18, 30 ve 30.
- Toplam maliyet bütçesi ve ekonomik faktör hedef değerleri ise, Şekil 3.20’deki süreç ile sırasıyla 1,000,000 Amerikan Doları (USD) ve 100,000 Amerikan Doları (USD) olarak belirlenmiştir.



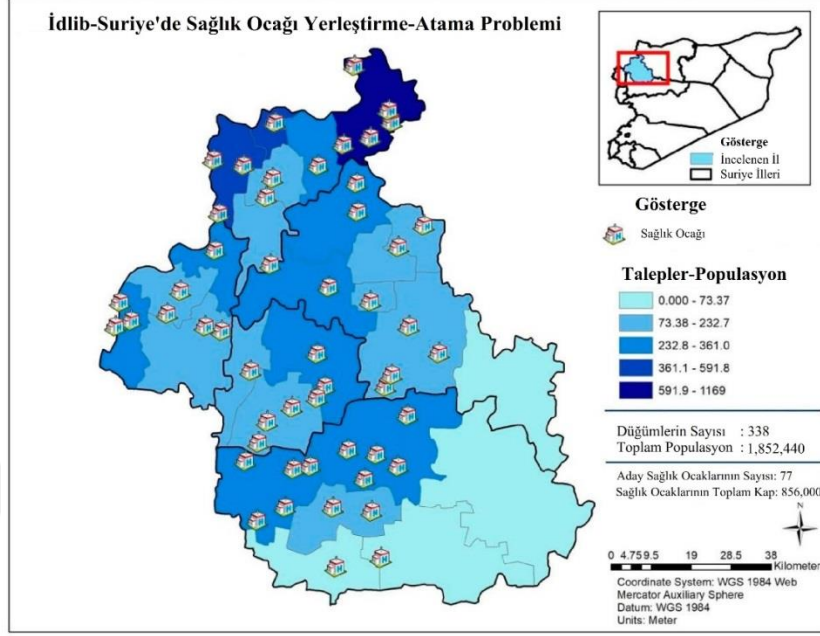
4. BULGULAR VE ARAŞTIRMALAR

Bölüm 3.2’de Metot kısmında verilen yöntem ve metodoloji ile, Suriye’nin İdlib ilinde bir vaka çalışması gerçekleştirilmiştir. İdlib ili Suriye’nin kuzey batısında bulunmaktadır, Türkiye ile sınırı vardır ve 2011’de Suriye Krizi başladığından beri bir çatışma alanıdır. Yüzölçümü yaklaşık $6,097 \text{ km}^2$ ’dir ve 2010 yılı (kriz öncesi) için ilin tahmini nüfusu 1,464,000 kişidir. Krizden dolayı, bölgede, güncellenmiş ve kullanılabilir bir nüfus tahmini mevcut değildir. Dahası, ülkedeki kriz nedeniyle, popülasyonda dalgalanmalar vardır ve Halep, Doğu Guta, Humus veya Dera şehirlerinden İdlib’e birçok insan göç etmiştir. Çünkü; İdlib, Suriye’deki diğer illere kıyasla daha güvenli görünmektedir ve bu durum onu ülke içinde yerlerinden edilmiş insanların yerleşmesi için iyi bir konuma getirmektedir. Bu nedenlerden ötürü, veri toplama işlemi, 1,852,440 kişi ile sonuçlanmıştır.

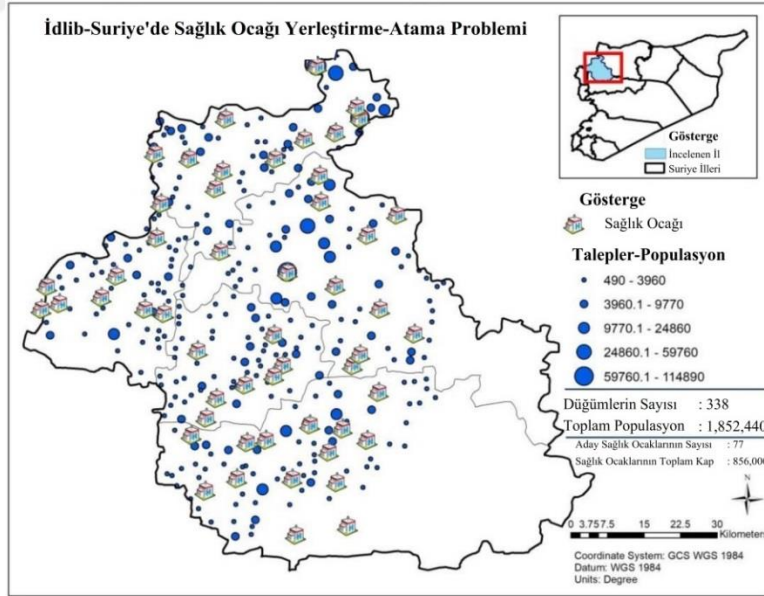
Şekil 4.1’de ele alınan yerleştirme-atama problemi için aday sağlık ocaklarının ve düğümlerin popülasyon yoğunluğuna göre dağılımı verilirken; Şekil 4.2’de talep düğümleri büyüklüklerine göre gösterilmiştir.

Önerilen modeldeki takip eden parametreler ile ilgili veri anketler ve odak grup görüşmeleri ile bir değerlendirme yaparak toplanmıştır:

- Düğümlerdeki talepler,
- Aday sağlık ocaklarının uygunluk faktörleri (güneş enerjisi, bodrum, internet hizmeti, laboratuvar hizmeti, kan gruplama hizmeti ve aşılama hizmeti),
- Kapsama uzaklığı,
- Her aday bölgenin kapasitesi,
- Her aday bölgedeki ekonomik faktör.



Şekil 4.1. Ele Alınan Yerleştirme-Atama Problemi için Aday Sağlık Ocaklarının ve Düğümlerin Popülasyon Yoğunluğuna Göre Dağılımı



Şekil 4.2. Ele Alınan Yerleştirme-Atama Problemi için Aday Sağlık Ocaklarının ve Talep Düğümlerinin Dağılımı

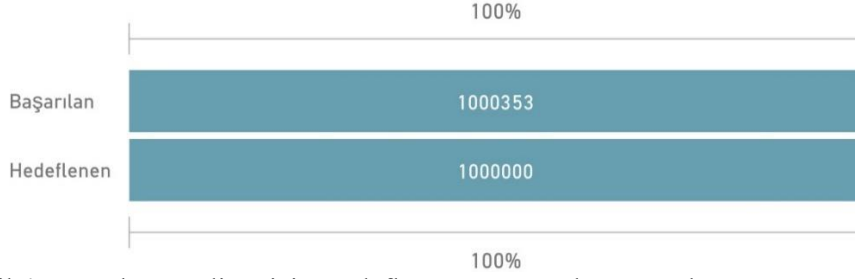
Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de gösterildiği üzere, çalışma 338 düğüm içermektedir ve daha önce bahsedilen sabit maliyetler, değişken maliyetler ve uygunluk faktörleri ile 77 aday sağlık ocağı tanımlanmıştır. Bu 77 aday sağlık ocağından, bütçesel ve yönetsel düşüncelerden dolayı, yerleştirilecek/seçilecek sağlık ocaklarının maksimum sayısı 60 ($P = 60$) olarak belirlenmiştir. Bu husus daha detaylı şöyle açıklanabilir: Aday sağlık ocaklarının sayısı 77 olduğundan ötürü, eğer paydaşlar ve uzmanlar daha büyük bir sayı belirleseydi, bu, sağlık ocaklarının kontrolü için onların daha fazla prosedüre ve düzenlemeye ihtiyacı olacağı anlamına gelecekti. Tersine, eğer daha küçük bir sayı belirleselerdi, bu korunmasız alanda daha fazla insan atayamayacakları anlamına gelecekti. Sonuç olarak, odak grup görüşmeleri/anketler aracılığıyla anlaşmaya varmışlardır (Bu sürecin akışı ile ilgili detaylı bilgi için Şekil 3.20’ye bakınız). Düğümler ve aday bölgeler arasındaki uzaklıklar CBS’den (ArcMap 10.4.1, Esri, Redlands, CA, ABD) faydalanılarak oluşturulmuştur. Bu süreçte, çıkış-varış matrisi düzenleyerek bir yol şebeke veri seti kurulmuştur.

Sonra; talepler, aday bölgeler ve kısıtlar göz önünde bulundurularak problem bir optimizasyon paket yazılımı ile çözülmüştür.

4.1. Bulgular

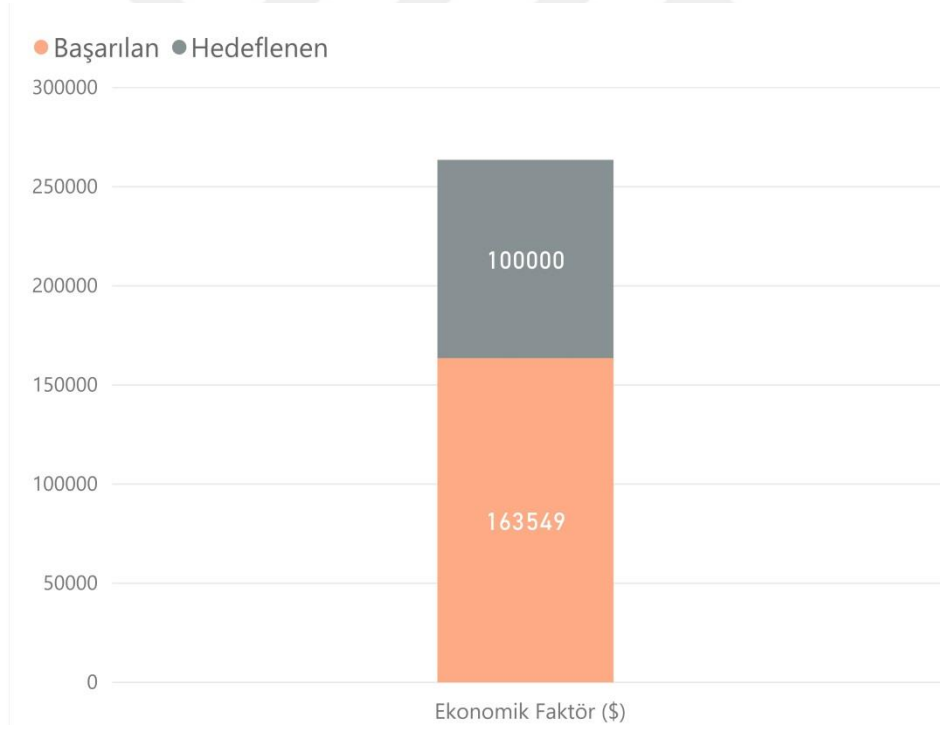
Çalışma bünyesinde geliştirilen ağırlıklı hedef programlama modeli bir optimizasyon yazılım paketi ile olan GAMS ile çözülmüştür. Şekil 4.3 ve Şekil 4.4 ile sırasıyla toplam maliyet ve ekonomik faktör değerleri için hedeflenen ve başarılan değerler gösterilmiştir.

Şekil 4.3’den de görüldüğü gibi, toplam maliyet değeri için toplam 1,000,000 USD’lik bir bütçe hedeflenmiştir ve model bunu çok az bir değerle aşarak 1,000,353 USD ile neticelenmiştir. Hedeflenen bütçe dâhilinde kalınması, olumlu bir sonuç olarak yorumlanabilir.



Şekil 4.3. Toplam Maliyet için Hedeflenen ve Başarılan Değerler

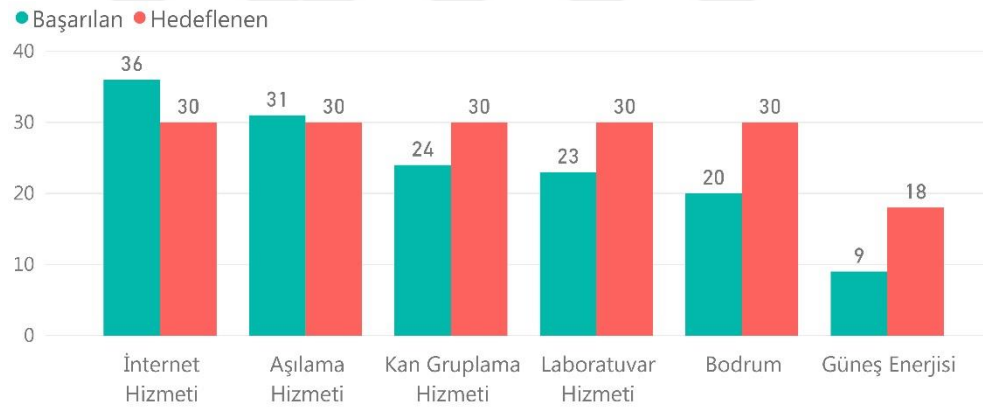
Şekil 4.4’de ise ekonomik faktör değeri için hedeflenen ve başarılan değerler sunulmuştur. Ekonomik faktör değerinin 100,000 USD olması hedeflenmiş ve model bu değer in fazlasıyla üstünde sonuçlanmıştır.



Şekil 4.4. Ekonomik Faktör Değeri için Hedeflenen ve Başarılan Değerler

Şekil 4.5’de ise, modelde belirlenen uygunluk faktörleri için her amacın hedeflenen değerleri ile modelde başarılan değerleri gösterilmiştir. Şekil 4.5’den görüldüğü üzere; yerleştirilen sağlık ocaklarından 30 tanesinin internet hizmeti, aşılama hizmeti, kan gruplama hizmeti, laboratuvar hizmeti ve bodrumu olması hedeflenmiştir.

Modelin yerleştirdiği sağlık ocaklarından sırasıyla 36, 31, 24, 23 ve 20 sağlık ocağı bu uygunluk faktörlerine sahiptir. Güneş enerjisi olan sağlık ocakları için ise, modelde, yerleştirilen sağlık ocaklarından 18’inin bu uygunluk faktörüne sahip olması istenmiştir ve modelde de yerleştirilen sağlık ocaklarından 9’u bu uygunluk faktörüne sahiptir.



Şekil 4.5. Uygunluk Faktörleri için Amaçlanan Hedefler ve Elde Edilen Sonuçları

Şekil 4.3, Şekil 4.4 ve Şekil 4.5’de sunulan sonuçlar yüzde değerine dönüştürülerek topluca Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çizelgede, çalışmada hedeflenen amaçlara kıyasla model neticesinde başarılan oranlar gösterilmiştir.

Her amaç için %100 bir başarı oranı hedeflenmiştir ve Çizelge 4.1’den 9 amaçtan 4 tanesinin bu %100 başarı oranı hedefini başardığı gözlemlenmektedir. Örneğin, toplam maliyet açısından %100 bir başarı oranı gerçekleştirilmiştir. İnternet hizmeti ve aşılama hizmeti olan sağlık ocakları amaçları için sırasıyla %120 ve %103 başarı oranları elde edilmiştir. Bu, bu uygunluk faktörlerine sahip

bir şekilde yerleştirilen sağlık ocaklarının sayısının hedeflenen değerlerden daha çok olduğu anlamına gelmektedir.

Suriye ve uygulamanın yapıldığı İdlib şehrindeki şartlardan dolayı, elde edilen bu başarılar önemli ve pozitif bir durumdur. Çünkü bu uygunluk faktörlerine sahip sağlık ocaklarının sayısı ne kadar çok olursa, bu sağlık ocaklarından daha çok sayıda insan faydalanacaktır.

Çizelge 4.1. Amaçların Hedeflenen ve Başarılan Yüzdeleri

	Hedeflenen (%)	Başarılan (%)
Atanan İnsan Sayısı	100	20
Toplam Maliyet (\$)	100	100
Ekonomik Faktör (\$)	100	164
Sağlık Ocakları (Güneş Enerjisi Olan)	100	50
Sağlık Ocakları (Bodrumu Olan)	100	67
Sağlık Ocakları (İnternet Hizmeti Olan)	100	120
Sağlık Ocakları (Laboratuvar Hizmeti Olan)	100	77
Sağlık Ocakları (Kan Grublama Hizmeti Olan)	100	80
Sağlık Ocakları (Aşılama Hizmeti Olan)	100	103

Çizelge 4.1’den, “Laboratuvar Hizmeti Olan Sağlık Ocakları” ve “Kan Grublama Hizmeti Olan Sağlık Ocakları” amaçları için başarı oranlarının 100%’nin altında kaldığı gözlemlenmektedir (sırasıyla %77 ve %80). Güneş enerjisi olan ve bodrumu olan sağlık ocakları için başarı oranları ise sırasıyla %50 ve %67’dir.

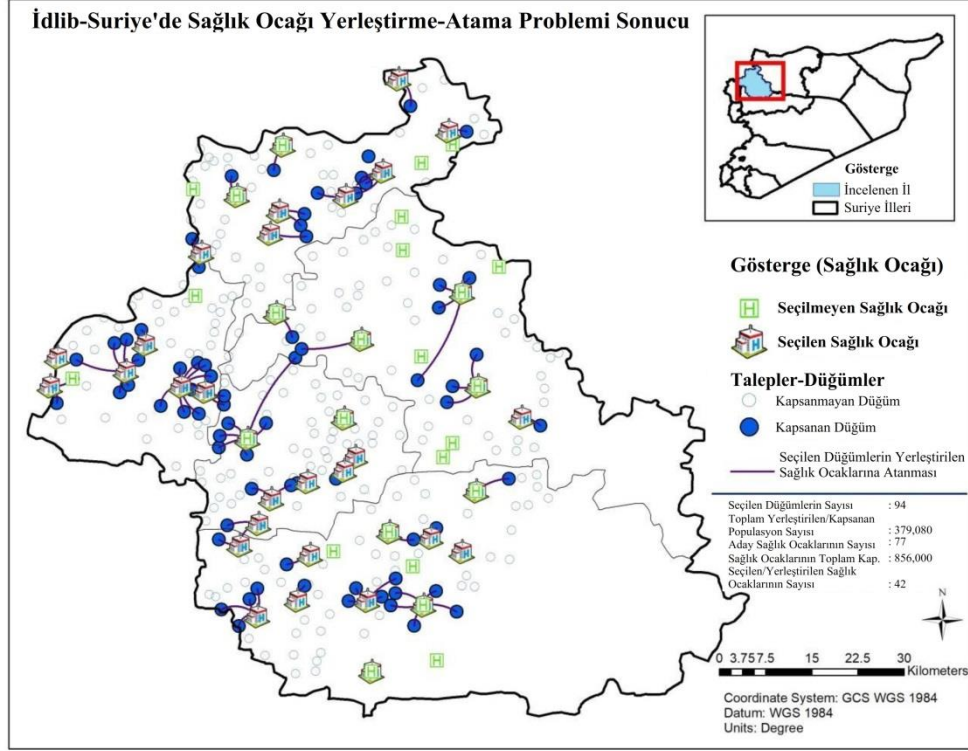
“Ekonomik Faktör” amacının değeri Suriye-İdlib gibi insani kapsamlarda çok önemlidir; çünkü bu para, korunmasız insanlara çalışmaları karşılığında verilmektedir ve elde ettikleri bu para da çatışma alanlarındaki bu insanların acılarını biraz da olsa dindirebilir. Çizelge 4.1’den, bu çalışmada, bu amacın %164 oranında başarıldığı görülmektedir ki bu sonuç, modelden başarılan sonuçların kritik derecede olumlu bir özelliğidir.

Hepsinden önemlisi, aday sağlık ocaklarının kapasitesi 856,000 kişi olduğu için, “Atanan İnsan Sayısı” amacımızın başarı oranının %20’de kalarak hedeflenen seviyeyi başaramadığı gözlemlenmektedir. Uygulama yapılan bölge bir çatışma alanı olduğu için ve bölgedeki insanlar sağlık hizmeti bekledikleri için, modelimiz, ilgili bölge olan İdlib’deki tüm insanları (1,852,440) atamayı hedeflemiştir. Modelde, aday 77 sağlık ocağından maksimum 60 tanesinin yerleştirilmesi hedeflenmiştir ve model toplamda 42 sağlık ocağı yerleştirmiştir.

Bunlara ek olarak, şunu belirtmek gerekir ki, atanan insan sayısı (ve diğer tüm amaçlar) büyük oranda maliyet bütçesine bağlıdır ve bu da birden çok faktör içermektedir: sabit maliyet, işletme maliyeti ve taşıma maliyeti. 1,000,000 Amerikan Doları bir bütçe ile model hedeflenen 1,852,440 kişiden toplam 379,080 kişiyi atamıştır ki bu da yaklaşık %20’lik bir başarı oranına denk gelmektedir. Çizelge 4.1’den de görüleceği gibi; atanan insan sayısı, güneş enerjisi, bodrumu, laboratuvar hizmeti ve kan gruplama hizmeti olan sağlık ocağı amaçları haricindeki tüm amaçlarımız hedeflenen başarı seviyesine ulaştığı için, genel analizler ve yorumlardan sonra duyarlılık analizleri ile bu amaçların değerlerinin geliştirilmesine odaklanılmıştır.

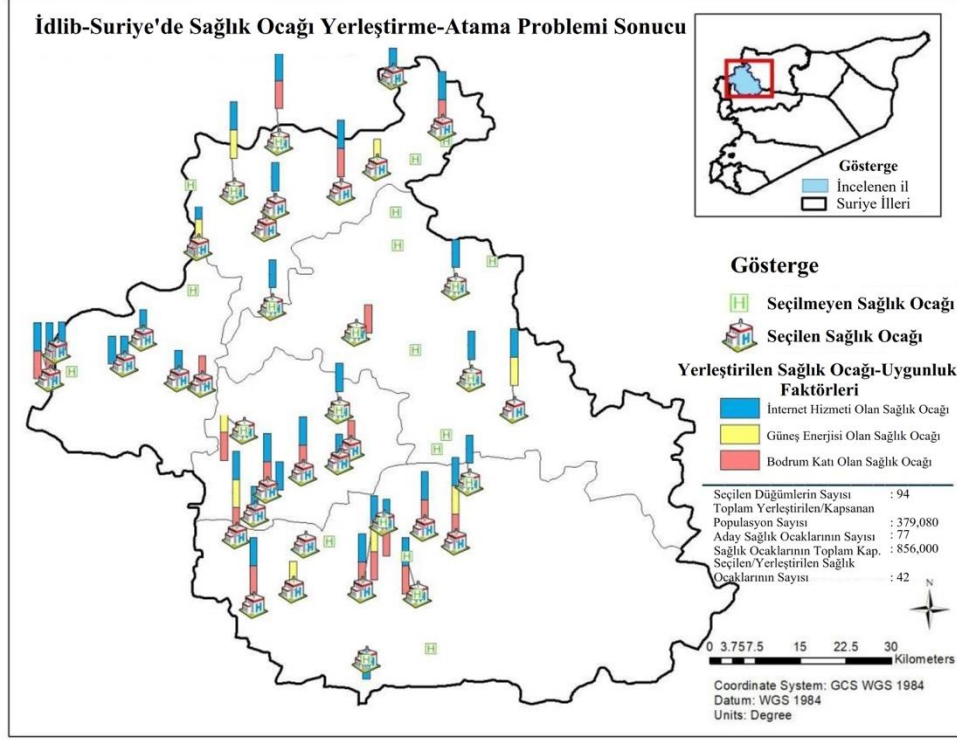
Şekil 4.6; model neticesinde kapsanan düğümleri, yerleştirilen sağlık ocaklarını ve yerleştirilen sağlık ocaklarına atanan kapsanmış düğümlerin hepsini bir harita üzerinde göstererek çalışmada ele alınan sağlık ocağı yerleştirme-atama probleminin sonuçlarını vurgulamaktadır. Şekil 4.6’da, ayrıca, seçilen ve seçilmeyen sağlık ocakları ile kapsanan ve kapsanmayan düğümler de gösterilmiştir.

Model, aday 77 sağlık ocağından 42 tanesini yerleştirmiştir ve 338 düğümden 94 tanesini bu yerleştirilen sağlık ocaklarına atamıştır. Atanan toplam popülasyon 379,080 kişidir ve bu sayı, sağlık ocaklarının toplam kapasitesi olan 856,000 kişinin yaklaşık %44’üne denk gelmektedir.



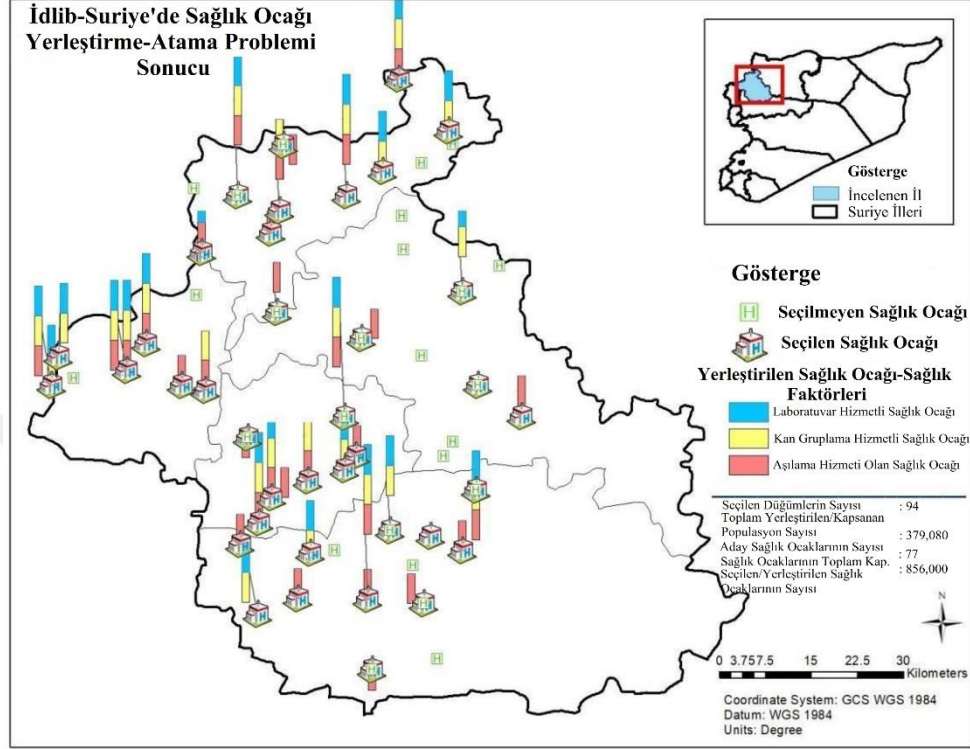
Şekil 4.6. Çalışmada Ele Alınan Sağlık Ocağı Yerleştirme-Atama Probleminin Sonuçları

Şekil 4.7 ve Şekil 4.8, sırasıyla, sağlık ocağı yerleştirme-atama problemi sonuçlarına ilişkin; internet hizmeti, güneş enerjisi ve bodrum uygunluk faktörlerinin ve sağlık faktörlerinin (laboratuvar, kan gruplama ve aşılama hizmetleri) yerleştirilen sağlık ocaklarında bulunma durumlarını göstermektedir.



Şekil 4.7. Yerleştirilen Sağlık Ocaklarında İnternet Hizmeti, Güneş Enerjisi ve Bodrum Bulunma Durumları

Şekil 4.7’de, yerleştirilen sağlık ocaklarından, internet hizmeti olan sağlık ocakları mavi çubuklarla; güneş enerjisi olan sağlık ocakları sarı çubuklarla ve bodrumu olan sağlık ocakları da turuncu çubuklarla simgelenmiştir.



Şekil 4.8. Yerleştirilen Sağlık Ocaklarının Sağlık Faktörleri Bulunma Durumları

Şekil 4.8’de ise, mavi çubuklar yerleştirilen sağlık ocaklarından laboratuvar hizmeti olanları gösterirken, sarı ve turuncu çubuklar ise sırasıyla kan gruplama hizmeti ve aşılama hizmeti olan yerleştirilmiş sağlık ocaklarını göstermektedir.

4.2. Duyarlılık Analizleri

Bu bölümde, üç bakış açısından duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir:

- Model sonuçlarına göre, bazı amaçlar hedeflenen başarı yüzdesinden düşüktür. Bununla birlikte, uygulama yapılan bölge bir çatışma alanıdır ve bizim ana hedefimiz olabildiğince fazla insanı atamaktır; bu nedenle ana amacımız “kapsama” amacını geliştirmektir. Çalışma

dâhilinde kapsama, yani atanan insanların sayısı, büyük oranda maliyet bütçesine dayalı olduğu için, diğer girdileri sabit tutarak maliyet bütçesi belirli aralıklar dâhilinde artırılarak duyarlılık analizleri yürütülmüştür. Burada amaç, atanan insanların sayısı amacının bu değişikliklere ne kadar duyarlı olduğunu bulmak olmuştur. Bu analizler, maliyet bütçesi arttıkça diğer amaçlardaki değişiklikleri gözlememize olanak sağlamaktadır.

- ii. Tüm amaçların başarı oranını incelemek için, atanan insanların sayısı hedefini belirli aralıklarla sağlık ocaklarının toplam kapasitesine kadar düşürerek duyarlılık analizleri yapılmıştır.
- iii. Hedeflenen oranın altındaki başarı oranı bulunan uygunluk faktörleri (güneş enerjisi, bodrum, laboratuvar hizmeti ve kan gruplama hizmeti) için, diğer amaçlardaki değişiklikleri ayırt etmek için, bu parametrelerin sağ taraf değerleri belirli bir oranda azaltılmıştır.

Takip eden Çizelge 4.2 ve 4.3 ile Şekil 4.9 ve 4.10; bahsedilen ilk iki duyarlılık analizlerinin sonuçlarını göstermektedir. Bu şekil ve çizelgelerdeki A1'den A9'a kadar olan ifadeler sırasıyla aşağıdaki açıklamaların karşılıklarıdır:

- A1 : Kapsama başarı değeri,
- A2 : Toplam maliyet başarı değeri,
- A3 : Güneş enerjisi olan yerleştirilmiş sağlık ocaklarının başarı değeri,
- A4 : Bodrumu olan yerleştirilmiş sağlık ocaklarının başarı değeri,
- A5 : İnternet hizmeti olan yerleştirilmiş sağlık ocaklarının başarı değeri,
- A6 : Laboratuvar hizmeti olan yerleştirilmiş sağlık ocaklarının başarı değeri,
- A7 : Kan gruplama hizmetli yerleştirilmiş sağlık ocaklarının başarı değeri,
- A8 : Aşılama hizmetli yerleştirilmiş sağlık ocaklarının başarı değeri,
- A9 : Ekonomik faktörün başarı değeri,

Doluluk: Sağlık ocaklarının doluluk oranı (Bu değer, atanan insanların toplam sayısını sağlık ocaklarının toplam kapasitesine bölerek elde edilmiştir).

4.2.1. Maliyet Bütçesi Duyarlılık Analizleri

Çizelge 4.2’de maliyet bütçesini belirli aralıklarla değiştirerek duyarlılık analizleri yürütülmesi sonucunda her amacın elde edilen değeri gösterilmektedir.

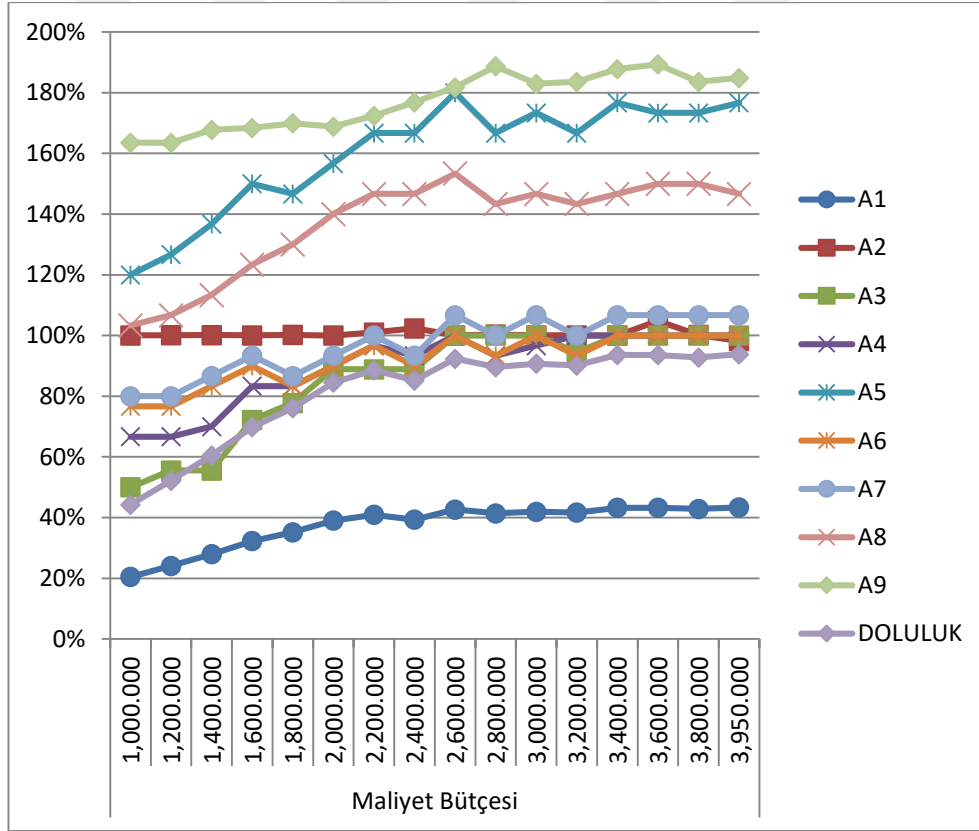
Çizelge 4.2. Maliyet Bütçesindeki Duyarlılık Analizi Sonuçları

Çalışmada Elde Edilen Amaçlar									
Maliyet Bütçesi	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
1,000,000	379,080	1,000,353	9	20	36	23	24	31	163,549
1,200,000	446,630	1,201,098	10	20	38	23	24	32	163,459
1,400,000	517,760	1,402,064	10	21	41	25	26	34	167,730
1,600,000	597,960	1,600,306	13	25	45	27	28	37	168,365
1,800,000	651,550	1,803,667	14	25	44	25	26	39	169,933
2,000,000	723,240	2,000,211	16	27	47	27	28	42	168,812
2,200,000	758,160	2,222,421	16	29	50	29	30	44	172,369
2,400,000	729,030	2,457,089	16	28	50	27	28	44	176,841
2,600,000	790,580	2,601,357	18	30	54	30	32	46	181,790
2,800,000	767,080	2,807,980	18	28	50	28	30	43	188,681
3,000,000	776,700	3,001,049	18	29	52	30	32	44	182,932
3,200,000	771,580	3,200,909	17	30	50	28	30	43	183,576
3,400,000	801,170	3,400,028	18	30	53	30	32	44	187,797
3,600,000	800,910	3,775,212	18	30	52	30	32	45	189,325
3,800,000	794,200	3,806,845	18	30	52	30	32	45	183,576
3,950,000	803,180	3,877,850	18	30	53	30	32	44	184,852

Bu analizde, Çizelge 4.2’den de görüleceği gibi, her model yürütümünde maliyet bütçesi 200,000 USD arttırılmıştır ve A1’den A9’a kadar tüm amaçların sonuçları gözlemlenmiştir. Çizelge 4.2’de elde edilen amaçların değerleri, ilgili

amacın hedef değeri ile ilgili yüzde başarı değerine dönüştürülerek ve doluluk oranları da eklenerek ise Şekil 4.9 oluşturulmuştur.

Şekil 4.9'dan (ve Çizelge 4.2'den) görüldüğü üzere; 2,600,000 USD'den 3,950,000 USD'ye kadar başarı oranlarında önemli farklılıklar olmamasına rağmen, atanan insanların maksimum sayısı 3,950,000 USD'de başarılmıştır. Bu bütçe ile, model yerleştirilen 60 sağlık ocağına 803,180 kişiyi atamıştır ve bu 60 sağlık ocağından 18'i güneş enerjisine, 30'u bodruma, 53'ü internet hizmetine, 30'u laboratuvar hizmetine, 32'si kan gruplama hizmetine ve 44'ü aşılama hizmetine sahiptir.



Şekil 4.9. Maliyet Bütçesi Hedefinde Duyarlılık Analizi Yaparak Amaçlarda Elde Edilen Başarı Oranları

Model, mevcut verilerle sağlık ocaklarının %20 doluluk oranına denk gelen 379,080 kişiyi atarken; duyarlılık analizlerinden sonra sağlık ocaklarının %94 doluluk oranına denk gelen 803,180 kişiyi atamıştır. İlgili tüm başarı oranları Şekil 4.9'da görülmektedir. Doluluk oranı parametresi ile ilgili %100 başarı oranı elde etmedeki başarısızlığın iki sebebi vardır: Öncelikle, sağlık ocakları yerleştirdiğimiz için ve insanların sağlık ocağına ulaşmak için seyahat edebileceği maksimum uzaklık olarak tanımlanan bir kapsama uzaklığı tanımlandığı için (20 km), tüm sağlık ocakları yerleştirilse bile bazı insanlar herhangi bir sağlık ocağına atanamaz. İkinci olarak, bir sağlık ocağı yerleştirilmiş olsa bile, yakınındaki bir talep düğümündeki insan sayısı o sağlık ocağının kalan kapasitesinden büyükse, bu düğüm o sağlık ocağı tarafından kapsanamaz ve o sağlık ocağının kalan kapasitesi daha fazla insana hizmet etmeden aynı kalacaktır.

4.2.2. Atanan İnsan Sayısı Hedefi Duyarlılık Analizleri

Uygulama çalışması yapılan popülasyon 1,852,440 kişidir; fakat aday sağlık ocaklarının kapasitesi 856,000 kişidir. Bölgenin bir çatışma alanı olduğunu ve tüm insanların sağlık hizmetine gereksinim duyacağını göz önünde bulundurarak, ilk başta tüm popülasyonun atanması hedeflenmiştir. Fakat hâlihazırda sağlık ocaklarının belirli bir kapasitesi vardır ve duyarlılık analizlerinin bu kısmında; sonuçları, başarı değerlerini ve oranlarını incelemek için, atanan insan sayısı hedefi belirli bir aralıkta azaltılmıştır.

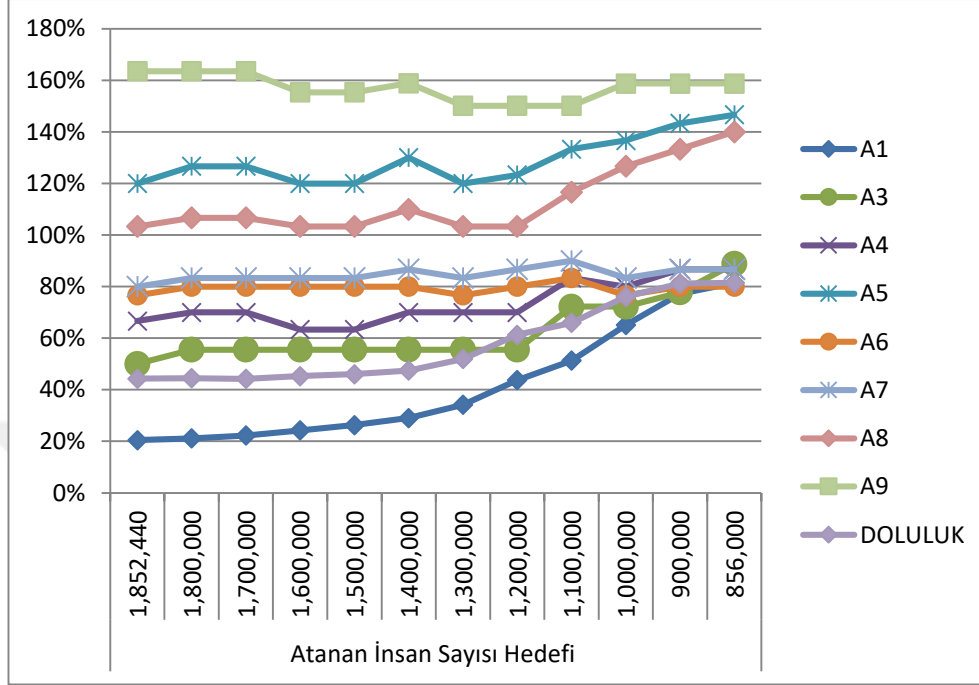
Bu duyarlılık analizinde, her model yürütümünde, modelde girilen atanacak insan sayısı hedefi yaklaşık 100,000 kişi azaltılmıştır. Atanan insanların sayısı hedefinde duyarlılık analizleri yaparak tüm amaçlarda elde edilen sonuçlar Çizelge 4.3'de sunulmuştur. Bu analizde elde edilen amaç değerlerinin başarı oranlarına dönüştürülmüş hali Şekil 4.10'da detaylıca gösterilmektedir.

Çizelge 4.3. Atanan İnsan Sayısı Hedefindeki Duyarlılık Analizi Sonuçları

Atanan İnsan Sayısı	Çalışmada Elde Edilen Amaçlar								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
1,852,440	379,080	1,000,353	9	20	36	23	24	31	163,549
1,800,000	380,880	1,001,324	10	21	38	24	25	32	163,549
1,700,000	378,520	1,000,163	10	21	38	24	25	32	163,549
1,600,000	387,670	1,002,114	10	19	36	24	25	31	155,358
1,500,000	393,970	1,004,955	10	19	36	24	25	31	155,358
1,400,000	406,420	1,033,146	10	21	39	24	26	33	158,897
1,300,000	444,510	1,102,275	10	21	36	23	25	31	150,157
1,200,000	524,630	1,318,565	10	21	37	24	26	31	150,157
1,100,000	564,450	1,435,774	13	25	40	25	27	35	150,157
1,000,000	651,170	1,700,525	13	24	41	23	25	38	158,775
900,000	695,450	1,877,368	14	26	43	24	26	40	158,775
856,000	697,500	1,897,400	16	26	44	24	26	42	158,775

Şekil 4.10, atanan insan sayısı hedefinde duyarlılık analizleri yapmanın sonucunda amaçların başarı oranlarını göstermektedir. Şekil 4.10'dan da görüleceği gibi, modeldeki diğer tüm parametreleri sabit tutarak atanan insan sayısı hedefini 856,000 kişi yaparsak; model, yerleştirdiği 52 sağlık ocağına 697,500 kişiyi atamıştır. Sağlık ocaklarından tam kapasite ve doluluk oranı ile faydalanmak istesek bile, büyük oranda sınırlı bütçeden dolayı, bu analizlerde model, atanan insan sayısı hedefinin en çok 81%'ini başararak sağlık ocaklarının toplam 81%'lik kapasitesine atama yapabilmektedir. Diğer tüm amaçların başarı oranları da Şekil 4.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.3'de verildiği üzere, atanan insan sayısı hedefi 856,000 kişi olduğunda model; olabildiği kadar çok insanı atamak için; 1,000,000 USD bütçesi olmasına rağmen 1,897,400 USD ile neticelenmiştir. Bu amaç değerinde bir iyileşme olmadığı için, bu sonuç, Şekil 4.10'a yansıtılmamıştır.



Şekil 4.10. Atanan İnsan Sayısı Hedefinde Duyarlılık Analizi Yapararak Amaçlarda Elde Edilen Başarı Oranları

4.2.3. Uygunluk Faktörleri Duyarlılık Analizleri

Duyarlılık analizlerinin üçüncü kısmı olarak; hedeflenen başarı oranlarının altında kalan uygunluk faktörleri için yapılan duyarlılık analizi sonuçları takip eden Çizelge ve Şekillerde sunulmuştur. Bu duyarlılık analizlerinde, hedeflenen başarı oranının altında kalan uygunluk faktörlerinin sağ taraf değerleri, her model yürütümünde belirli oranlarda azaltılmıştır ve tüm amaçların sonucu gözlemlenmiştir.

Güneş enerjisi uygunluk faktörü için yapılan duyarlılık analizleri sonuçları Çizelge 4.4 ile, bodrum uygunluk faktörü için yapılan duyarlılık analizleri sonuçları Çizelge 4.5 ile, kan gruplama hizmeti uygunluk faktörü için yapılan duyarlılık analizleri sonuçları Çizelge 4.6 ile ve son olarak laboratuvar hizmeti uygunluk faktörü duyarlılık analizleri sonuçları Çizelge 4.7 ile sunulmuştur.

Çizelge 4.4. Güneş Enerjisi Uygunluk Faktöründeki Duyarlılık Analizi Sonuçları

Sağ Tara Değeri	Çalışmada Elde Edilen Amaçlar								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
18	379,080	1,000,353	9	20	36	23	24	31	163,549
15	376,280	1,000,606	8	18	34	23	24	28	161,886
12	376,280	1,000,606	8	18	34	23	24	28	161,886

İlk durumda, yerleştirilen sağlık ocaklarından 18'inin güneş enerjisine sahip olması hedeflenmiş idi. Çizelge 4.4 ile sunulan duyarlılık analizinde, bu parametredeki duyarlılık analizinde, parametrenin sağ taraf değeri 3'er azaltılmıştır. Güneş enerjili sağlık ocaklarının hedeflenen sayısı 15 olduğunda kapsanan insan sayısı, toplam maliyet, güneş enerjili sağlık ocağı, bodrumu olan sağlık ocağı, internet hizmetli sağlık ocağı, kan gruplama hizmetli sağlık ocağı, aşılama hizmetli sağlık ocağı ve ekonomik faktör değerlerinin başarılan sonuçları sırasıyla 376,280 kişi; 1,000,606 USD; 8, 18, 34, 23, 24 ve 28 sağlık ocağı ve 161,886 USD olmuştur. Güneş enerjili sağlık ocaklarının hedeflenen sayısı 12 olduğunda ise aynı değerler elde edilmiştir. Bu yüzden, bu analize devam edilmemiş ve burada neticelendirilmiştir.

Çizelge 4.5'de bodrum uygunluk faktörü için yapılan duyarlılık analizleri sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.5. Bodrum Uygunluk Faktöründeki Duyarlılık Analizi Sonuçları

Sağ Tara Değeri	Çalışmada Elde Edilen Amaçlar								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
30	379,080	1,000,353	9	20	36	23	24	31	163,549
25	379,660	1,000,265	9	17	35	23	24	30	157,218
20	378,940	1,000,778	9	14	34	23	23	28	159,179

Çizelge 4.5’den görüldüğü üzere, bu duyarlılık analizinde bodruma sahip sağlık ocakları sayısı hedefi 5’er aralıklarla azaltılmıştır. Yerleştirilen sağlık ocaklarından bodrumu olanların sayısı hedefi 25 iken; kapsanan insan sayısı, toplam maliyet, güneş enerjili sağlık ocağı, bodrumu olan sağlık ocağı, internet hizmetli sağlık ocağı, kan gruplama hizmetli sağlık ocağı, aşılama hizmetli sağlık ocağı ve ekonomik faktör değerlerinin başarılan sonuçları sırasıyla 379,660 kişi; 1,000,265 USD; 9, 17, 35, 23, 24 ve 30 sağlık ocağı ve 157,218 USD olmuştur. Yerleştirilen sağlık ocaklarından bodrumu olanların sayısı hedefi 20’ye düşürüldüğünde ise aynı amaçların değerleri sırasıyla 378,940 kişi; 1,000,778 USD; 9, 14, 34, 23, 23 ve 28 sağlık ocağı ve 159,179 USD olmuştur. Sonuçlarda büyük bir değişim gözlemlenmediği için bu uygunluk faktörünün duyarlılık analizleri burada son bulmuştur.

Çizelge 4.6’da kan gruplama hizmeti uygunluk faktörü için yapılan duyarlılık analizleri sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.6. Kan Gruplama Hizmeti Uygunluk Faktöründeki Duyarlılık Analizi Sonuçları

Çalışmada Elde Edilen Amaçlar									
Sağ Taraf Değeri	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
30	379,080	1,000,353	9	20	36	23	24	31	163,549
25	379,580	1,000,556	9	19	36	23	24	30	163,549
20	379,580	1,000,556	9	19	36	23	24	30	163,549

Çizelge 4.6’dan görüldüğü üzere, bu duyarlılık analizinde kan gruplama hizmetine sahip sağlık ocakları sayısı hedefi; 5’er aralıklarla azaltılmıştır. Yerleştirilen sağlık ocaklarından kan gruplama hizmeti olanların sayısı hedefi 25 iken; kapsanan insan sayısı, toplam maliyet, güneş enerjili sağlık ocağı, bodrumu olan sağlık ocağı, internet hizmetli sağlık ocağı, kan gruplama hizmetli sağlık ocağı, aşılama hizmetli sağlık ocağı ve ekonomik faktör değerlerinin başarılan

sonuçları sırasıyla 379,580 kişi; 1,000,556 USD; 9, 19, 36, 23, 24 ve 30 sağlık ocağı ve 163,549 USD olmuştur. Yerleştirilen sağlık ocaklarından kan gruplama hizmeti olanların sayısı hedefi 20 yapıldığında ise bir önceki analiz ile aynı sonuçlar elde edilmiştir. Dolayısı ile analizlere devam edilmemiştir.

Çizelge 4.7’de ise laboratuvar hizmeti uygunluk faktöründeki duyarlılık analizi sonuçları verilmiştir.

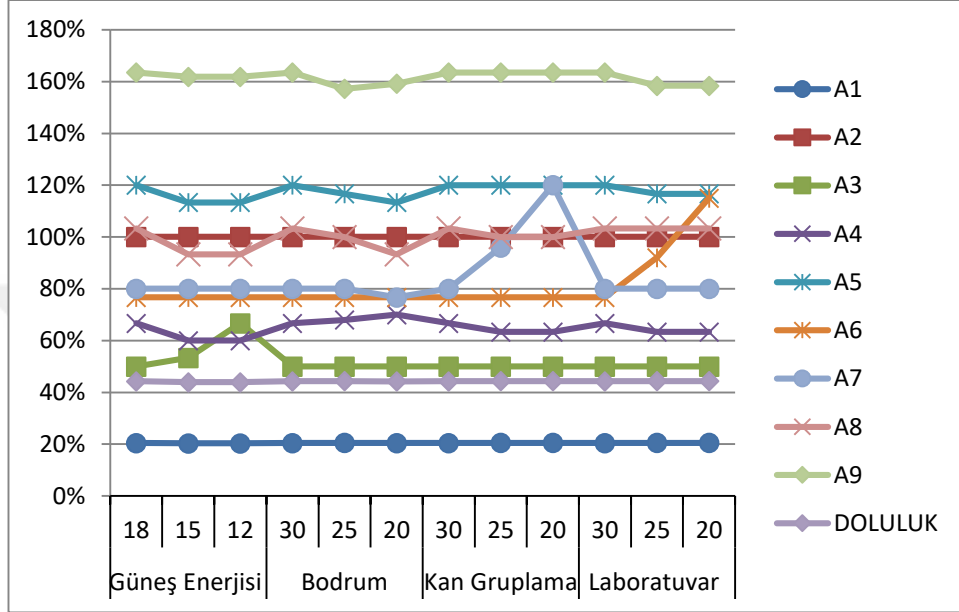
Çizelge 4.7. Laboratuvar Hizmeti Uygunluk Faktöründeki Duyarlılık Analizi Sonuçları

Sağ Tara Değeri	Çalışmada Elde Edilen Amaçlar								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
30	379,080	1,000,353	9	20	36	23	24	31	163,549
25	379,970	1,000,315	9	19	35	23	24	31	158,399
20	379,970	1,000,315	9	19	35	23	24	31	158,399

Çizelge 4.7’den görüldüğü üzere, bu duyarlılık analizinde laboratuvar hizmetine sahip sağlık ocakları sayısı hedefi; 5’er aralıklarla azaltılmıştır. Yerleştirilen sağlık ocaklarından laboratuvar hizmeti olanların sayısı hedefi 25 iken; kapsanan insan sayısı, toplam maliyet, güneş enerjili sağlık ocağı, bodrumu olan sağlık ocağı, internet hizmetli sağlık ocağı, kan gruplama hizmetli sağlık ocağı, aşılama hizmetli sağlık ocağı ve ekonomik faktör değerlerinin başarılan sonuçları sırasıyla 379,970 kişi; 1,000,315 USD; 9, 19, 35, 23, 24 ve 31 sağlık ocağı ve 158,399 USD olmuştur. Yerleştirilen sağlık ocaklarından laboratuvar hizmeti olanların sayısı hedefi 20 yapıldığında ise, bu amaçların aynı değerler elde edilmiştir. Bu yüzden, bu analize devam edilmemiş ve burada neticelendirilmiştir.

Şekil 4.11, bu dört uygunluk faktörlerinin duyarlılık analizleri sonuçları ile doluluk kapasitesi oranlarını entegre ederek amaçların başarı oranları grafiğini sunmaktadır. Şekil 4.11’den ve daha önce verilen çizelgelerden görüldüğü üzere, bu uygunluk faktörlerinin sağ taraf değerlerini değiştirmek, diğer amaçların başarı

oranlarını neredeyse hiç etkilememektedir. Bu değişiklikler sadece bu amaçların kendi başarı oranlarını etkilemektedir.



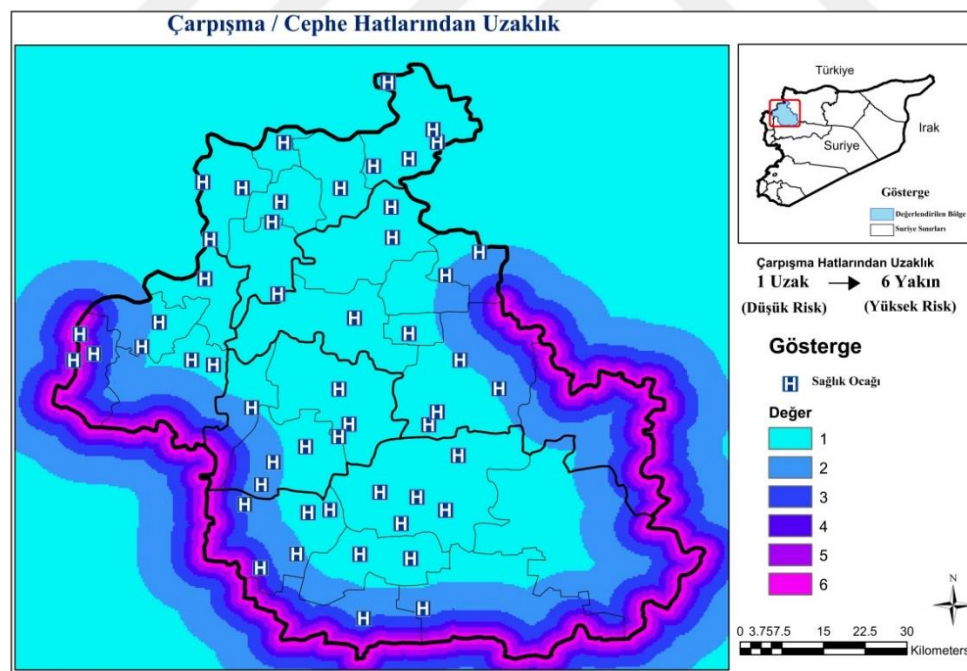
Şekil 4.11. Uygunluk Faktörleri Hedefinde Duyarlılık Analizi Yaparak Amaçlarda Elde Edilen Başarı Oranları

Şekil 4.11'de güneş enerjisi uygunluk faktörünün sağ tarafındaki değişiklikler ile elde ettiği başarı oranları yeşil kare işaretleyiciyi (A3) takip ederek gözlemlenebilir. Aynı şekilde, mor çizgi (A4) bodrum uygunluk faktörünün sağ tarafındaki değişiklikler ile elde ettiği başarı oranlarını; turuncu çizgi (A6) laboratuvar hizmeti uygunluk faktörünün sağ tarafındaki değişiklikler ile elde ettiği başarı oranlarını ve açık mavi çizgi (A7) de kan gruplama hizmeti uygunluk faktörünün sağ tarafındaki değişiklikler ile elde ettiği başarı oranlarını göstermektedir.

4.3. Matematiksel Model Sonuçlarının Çatışma Bölgesi Açısından Değerlendirilmesi

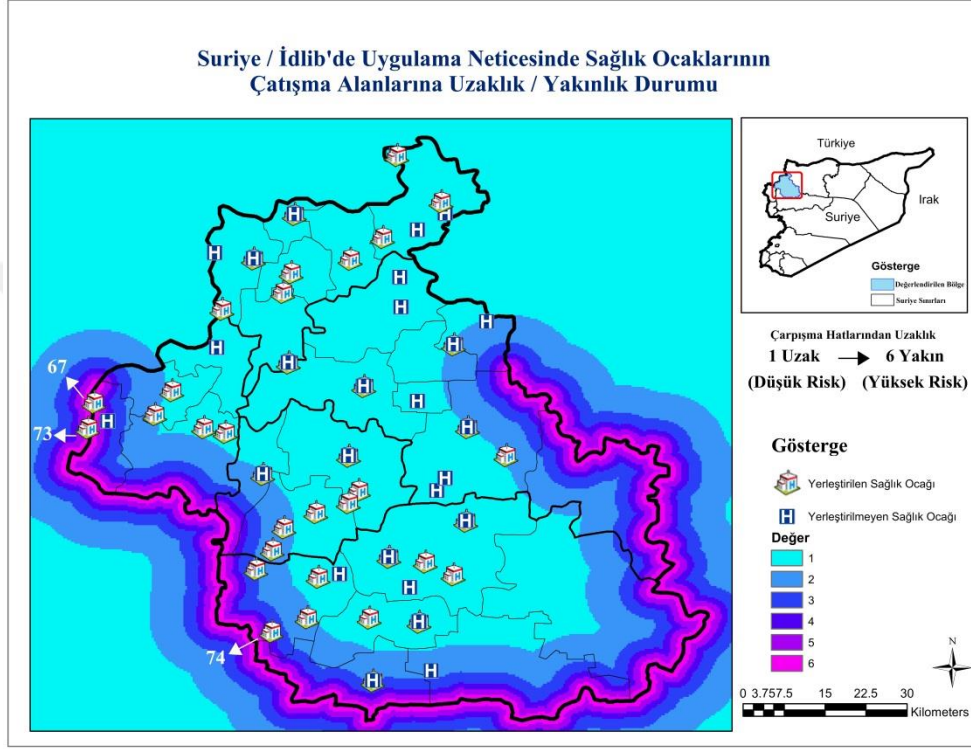
Uygulama yapılan İdlib bölgesinde, hâlihazırda çatışma devam etmektedir. Bu nedenle, çalışmanın bu bölümünde, ağırlıklı hedef programlama yaklaşımı ile çözülen matematiksel model sonuçlarının çatışma bölgesi açısından risk değerlendirmesi yürütülmüştür.

Şekil 4.12’de, İdlib bölgesinin çarpışma/cephe hatlarından uzaklık/yakınlık durumunda göre risk değerlendirilmesi gösterilmiştir. Şekilde, ayrıca, aday sağlık ocakları da verilmiştir. Çarpışma hatlarına yakınlık-uzaklık, 1’den 6’ya kadar verilen bir ölçek ile simgelenmiştir. Bu ölçekte, 1 sayısı İdlib ilinin değerlendirmeye dâhil edilen sınırlarından 10 km. uzaklığı ifade ederken, 6 sayısı da bu sınıra dolayısı ile çarpışma hatlarına en yakın olma durumunu (1 km.) ifade etmektedir.



Şekil 4.12. Çatışma Alanındaki Sağlık Ocağı Seçimi için Risk Değerlendirmesi

Şekil 4.13’de ise, düzenlenen risk haritası üzerinde matematiksel modelin yerleştirdiği sağlık ocakları gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Matematiksel Model Sonuçlarının Risk Değerlendirmesi

Şekil 4.13’den de görüldüğü gibi, matematiksel model sonuçlarına göre yerleştirilen 42 sağlık ocağından 3 tanesi (67 no’lu, 73 no’lu ve 74 no’lu sağlık ocakları) çatışma alanlarına yakınlık açısından yüksek risk bölgelerinde yer almaktadır. Dolayısı ile elde edilen sonuçların, karar alıcılara, bu bölgenin riskleri açısından bir fikir vermesi beklenmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bir çatışma, özellikle yoğun bir popülasyonun olduğu bir yerde meydana geliyorsa ve 8 yıldan fazladır devam ediyorsa, insan hayatını her açıdan etkileyebilir. Bu insani acil durum ortamında, insanlar sığınmacı kamplarında yaşamaktadır; sığınak arayışındadır ve sağlık bir yana; yiyecek, su, battaniye, vb. gibi temel maddelere bile ihtiyaçları vardır.

İnsanlar her çevrede sağlık hizmetine ihtiyaç duymaktadır fakat insanlar zor koşullarda yaşadığı, bulaşıcı hastalıklara yatkın oldukları ve sağlık hizmetine ulaşamadıkları için çatışma ortamlarında bu husus çok daha önemli hale gelmektedir. Çünkü tüm bu etkenler, bu ortamlarda, yüksek bir ölüm oranını da beraberinde getirmektedir.

Literatür taraması; doğal ve insan kaynaklı afetlerde sağlık ocağı konularında yapılmış birçok çalışma olmasına rağmen, sağlık ocakları ile ilgili yerleştirme-atama problemi ile ilişkili fazla çalışma olmadığını ortaya çıkarmıştır. Suriye şartlarında sağlık ocağı yerleştirme-atama problemini ele alan çalışma yoktur ve bu alana olan akademik ve bilimsel ilgi hâlâ istenilen düzeyde değildir. Bu noktalar, bu çalışmanın gerekçeleri ve motivasyonudur; bu sebepten, bu çalışma, literatürdeki bu eksikliği doldurma ve bu gibi çatışma alanlarında kullanılabilecek değerli bir kaynak olma amaçları ile açılacak sağlık ocaklarının yerlerinin belirlenmesine ve bölgedeki insanların açılmış sağlık ocaklarına atanmasına odaklanmıştır. Bu katkılar, bu insan kaynaklı afetin vahim etkilerini hafifletmek için, çok amaçlı bir model formüle ederek ve onu bölgedeki bir gerçek uygulama çalışması ile bütünleştirerek elde edilmiştir.

Bu çalışmada, Suriye'nin İdlib şehrindeki insanlar için en uygun sağlık ocağı yerlerinin belirlenmesi için ve yerleştirilen sağlık ocaklarına seçilen insanların atanması için çok amaçlı model ile bir karar verme metodolojisi uygulanmıştır. Uygulama yapılan bölge bir çatışma alanı olduğu, bölgedeki

insanlar birçok konuda sefalet içinde olduğu ve biz de onların acılarını dindirmek istediğimiz için; böyle insani konular kapsamında direkt paydaşlara danışmak gereklidir. Bölgede bize ilgili verileri sağlayabilecek yetkililerin eksikliği de bulunduğu için, çalışma, büyük oranda direkt paydaşlara (uzmanlar, muhtarlar, vb.) dayanmaktadır.

Geliştirilen 4 aşamalı yöntemin ilk aşamasında, insanların ihtiyaçlarını değerlendirmek için; odak grup görüşmeleri, anketler, vb. yardımı ile bir ihtiyaç tespiti yapılmıştır. İkinci aşamada, AHP yöntemi ve odak grup görüşmeleri vasıtasıyla önerilen modelin amaçları ve kısıtları belirlenmiştir. Üçüncü aşamada, Coğrafi Bilgi Sistemi'nden faydalanarak yol şebeke veri seti oluşturulmuştur ve çıkış-varış matrisini kurmak için riskli yollar ile bağlantılı şekilde güncellenmiştir. Modelin son aşamasında, karışık tam sayılı çok amaçlı model kurulmuştur, ağırlıklı hedef programlama modeline uyarlanmıştır, bir optimizasyon yazılım paketi olan GAMS ile çözülmüştür ve bir dizi duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir.

Modelin çalıştırılmasından sonra; model, 1,000,353 USD dolarlık maliyet ile ve 163,549 USD'lik ekonomik faktör değeri ile 379,080 kişiyi atamıştır. Bölgenin insani kapsamı, bölgedeki insanların ihtiyaçları ve paydaşların göstergeleri üzerine daha önce belirtilmiş kısıtlar ve amaçları göz önünde bulundurarak toplamda 42 sağlık ocağı yerleştirilmiştir. Bu 42 sağlık ocağından, 9'u güneş enerjisine, 20'si bodrumda, 36'sı internet hizmetine, 23'ü laboratuvar hizmetine, 24'ü kan gruplama hizmetine ve 31'i aşılama hizmetine sahiptir.

Elde edilen sonuçları geliştirmek için, duyarlılık analizleri yürütülmüştür ve üç durum ile karşılaşılmıştır: (i) mali bütçe kısıtlı olduğu için, model, bölgedeki insanları 20%'sini atayabilmiştir. Bu nedenle, daha fazla sağlık ocağı yerleştirmede ve onlara daha fazla insanı atamada daha iyi sonuçlar elde etmek için maddi bütçe arttırılmalıdır. (ii) Bu çalışmanın ana odak noktası sağlık ocaklarına insanları atamak olduğundan dolayı ve sağlık ocaklarının da kapasite kısıtları olduğu için, bu savunmasız bölgede sağlık ocaklarına daha fazla insanı atamak ve bu sayede daha fazla insana hizmet etmek için sağlık ocaklarının kapasitesi arttırılmalıdır. (iii) Bazı

amaçlar hedeflenen başarı seviyelerinin altında olmasına rağmen, bu amaçların sağ taraf değerlerini değiştirmek diğer amaçların başarı oranlarını zorlukla etkilemektedir. Bu işlem, sadece, sağ taraf değeri değiştirilen amacın kendi başarı oranını etkilemektedir.

Çalışma dâhilinde, ayrıca, matematiksel model sonuçlarının, bölgedeki çatışma alanlarına yakınlık/uzaklık açısından bir risk değerlendirmesi yürütülmüştür. Bu analiz neticesinde, yerleştirilmesi öngörülen 3 sağlık ocağının yüksek riskli bölgede yer aldığı gözlemlenmiştir.

5.2. Öneriler

Bu çalışma, sadece Suriye'nin kuzey bölgesine odaklanmıştır ve sağlık ocaklarını dokuz kriter ile değerlendirmektedir. Ana amacımız İdlib ili dâhilinde sağlık ocaklarının yerlerini belirlemek ve bölgedeki insanların yaralarını sarmaktır. Bu nedenle; iş gücü faktörleri ve tıbbi kaynaklar modele dâhil edilmemiştir. Bunlar, bu çalışmanın sınırlamalarıdır ve araştırmacılar gelecek çalışmalarında bu eksikliklerin üstesinden gelmek için aşağıdaki önerileri göz önünde bulundurabilir:

- Sağlık ocakları veya sağlık hizmeti tesisleri, kullanma suyu ve elektriğin kullanılabilirliği (saat açısından) gibi daha fazla kriter ile değerlendirilebilir.
- Eğitim, yiyeceğe ve suya ulaşım gibi kriterler de çalışmada kriterler/amaçlar olarak ele alınabilir.
- Gelecek çalışmalarda, iş gücü faktörlerine (doktorlar, hemşireler, teknisyenler, güvenlik görevlileri) ve tıbbi kaynaklara (yataklar, ilaçlar, vb.) modelde yer verilebilir.
- Duyarlılık analizleri eş zamanlı olarak birden fazla parametreyi değiştirerek yürütülebilir.

- Suriye'nin diğer bölgeleri de ilgili bölgeye eklenebilir ve bu, çalışmayı daha kapsamlı hale getirebilir.
- Matematiksel model ile CBS'yi bünyesinde toplayacak web tabanlı bir araç geliştirilebilir ve çeşitli benzer problemlere adapte edilebilir.
- Böyle problemler ile ilişkili yüksek derecedeki belirsizlik ile ilgilenmek için dinamik bir model önerilebilir.
- Problem, sezgisel, meta-sezgisel, melez modeller ve sosyal simülasyonlar gibi farklı teknikler ile ele alınabilir.
- Farklı risk kriterleri için (eğitim, altyapı ve sağlık hizmeti tesislerine ve yiyeceğe ulaşma arasındaki bağlantı), detaylı bir çatışma risk değerlendirmesi yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Abbas, H.B., ve Routray, J.K., 2013. A Semi-Quantitative Risk Assessment Model of Primary Health Care Service Interruption during Flood: Case Study of Aroma Locality, Kassala State of Sudan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 6: 118–128.
- Abounacer, R., Rekik, M., ve Renaud, J., 2014. An Exact Solution Approach for Multi-Objective Location-Transportation Problem for Disaster Response. *Computers and Operations Research*, 41(1): 83–93.
- Abouteir, A., El Yaagoubi, F., Bioh-Johnson, I., Kamel, A., Godard, N., Cormerais, L., Robin, F., ve Lesens, O., 2011. Water Access and Attendance for Diarrhea in Primary Health Care Centers, Gaza Strip. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 105(10): 555–560.
- Aghamohammadi, H., Mesgari, M.S., Molaei, D., ve Aghamohammadi, H., 2013. Development a Heuristic Method to Locate and Allocate the Medical Centers to Minimize the Earthquake Relief Operation Time. *Iranian Journal of Public Health*, 42(1): 63–71.
- Aiello, G., Enea, M., ve Galante, G., 2006. A Multi-Objective Approach to Facility Layout Problem by Genetic Search Algorithm and Electre Method. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 22(5–6): 447–455.
- Akl, E.A., El-Jardali, F., Karroum, L.B., El-Eid, J., Brax, H., Akik, C., Osman, M., Hassan, G., Itani, M., Farha, A., Pottie, K. ve Oliver, S., 2015. Effectiveness of Mechanisms and Models of Coordination between Organizations, Agencies and Bodies Providing or Financing Health Services in Humanitarian Crises: A Systematic Review. *PLoS ONE*, 10(9): 1–21.
- Al-Ali, N.M., ve Abu Ibaid, A.H., 2015. Health-Care Providers' Perception of Knowledge, Skills and Preparedness for Disaster Management in Primary

- Health-Care Centres in Jordan. *Eastern Mediterranean Health Journal*, 21(10): 713–721.
- Albadra, D., Coley, D., ve Hart, J., 2018. Toward Healthy Housing for the Displaced. *Journal of Architecture*, 23(1): 115–136.
- Alfadhli, K., ve Drury, J., 2018. The Role of Shared Social Identity in Mutual Support among Refugees of Conflict: An Ethnographic Study of Syrian Refugees in Jordan. *Journal of Community and Applied Social Psychology*, 28(3): 142–155.
- Alinaghian, M., ve Goli, A., 2017. Location, Allocation and Routing of Temporary Health Centers in Rural Areas in Crisis, Solved by Improved Harmony Search Algorithm. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 10: 894–913.
- Alpak, G., Unal, A., Bulbul, F., Sagaltici, E., Bez, Y., Altindag, A., Dalkilic, A., ve Savas, H.A., 2015. Post-Traumatic Stress Disorder among Syrian Refugees in Turkey: A Cross-Sectional Study. *International Journal of Psychiatry in Clinical Practice*, 19(1): 45–50.
- Amram, O., Schuurman, N., Hedley, N., ve Hameed, S.M., 2012. A Web-Based Model to Support Patient-to-Hospital Allocation in Mass Casualty Incidents. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 72(5): 1323–1328.
- Anwar, J., Mpofu, E., Matthews, L.R., Shadoul, A.F., ve Brock, K.E., 2011. Reproductive Health and Access to Healthcare Facilities: Risk Factors for Depression and Anxiety in Women with an Earthquake Experience. *BMC Public Health* 11: 523.
- De Armas, J., Juan, A.A., Marquès, J.M., ve Pedroso, J.P., 2017. Solving the Deterministic and Stochastic Uncapacitated Facility Location Problem: From a Heuristic to a Simheuristic. *Journal of the Operational Research Society*, 68(10): 1161–1176.
- Attfield, I., Tamiru, M., Parolin, B., ve De Grauwe, A., 2002. Improving Micro-Planning in Education through a Geographical Information System: Studies

- on Ethiopia and Palestine. School map. Paris: IIEP Publishing.
- Augusterfer, E.F., Mollica, R.F., ve Lavelle, J., 2015. A Review of Telemental Health in International and Post-Disaster Settings. *International Review of Psychiatry*, 27(6): 540–546.
- Balcik, B., ve Beamon, B.M., 2008. Facility Location in Humanitarian Relief. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 11(2): 101–121.
- Banik, S., ve Bhattacharya, D., 2018. Weighted Goal Programming Approach for Solving Multi-Objective De Novo Programming Problems. *International Journal of Engineering Research in Computer Science and Engineering*, 5(2): 316–322.
- Bastı, M., 2012. P-Medyan Tesis Yeri Seçim Problemi ve Çözüm Yaklaşımları. *AJIT-e: Online Academic Journal of Information Technology*, 3(7): 47–75.
- Beiser, M., 2005. The Health of Immigrants and Refugees in Canada. *Canadian Journal of Public Health*, 96(Suppl 2): S30-44.
- Boonmee, C., Arimura, M., ve Asada, T., 2017. Facility Location Optimization Model for Emergency Humanitarian Logistics. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 24: 485–498.
- Broach, J., McNamara, M., ve Harrison, K., 2010. Ambulatory Care by Disaster Responders in the Tent Camps of Port-au-Prince, Haiti, January, 2010. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 4(2): 116-121.
- Caunhye, A.M., Li, M., ve Nie, X., 2015. A Location-Allocation Model for Casualty Response Planning during Catastrophic Radiological Incidents. *Socio-Economic Planning Sciences*, 50: 32–44.
- Chan, E.Y.Y., Chiu, C.P., ve Chan, G.K.W., 2018. Medical and Health Risks Associated with Communicable Diseases of Rohingya Refugees in Bangladesh 2017. *International Journal of Infectious Diseases*, 68: 39–43.
- Church, R., ve ReVelle, C., 1974. The Maximal Covering Location Problem. *Papers in Regional Science* 32(1): 101–118.

- Chynoweth, S.K., 2008. The Need for Priority Reproductive Health Services for Displaced Iraqi Women and Girls. *Reproductive Health Matters*, 16(31): 93–102.
- Clemen, R.T., 1996. *Making Hard Decisions: An Introduction to Decision Analysis*. Duxbury Press.
- Condon, E., Golden, B., ve Wasil, E., 2003. Visualizing Group Decisions in the Analytic Hierarchy Process. *Computers & Operations Research*, 30(10): 1435–1445.
- Connolly, M.A., Gayer, M., Ryan, M.J., Salama, P., Spiegel, P., ve Heymann, D.L., 2004. Communicable Diseases in Complex Emergencies. *Lancet*, 364(9449): 1974–1983.
- Coyle, G., 2004. *The Analytic Hierarchy Process*. Pearson Education Open Access Material: Upper Saddle River, NJ, USA.
- Crooks, A., ve Hailegiorgis, A., 2013. Disease Modeling within Refugee Camps: A Multi-Agent Systems Approach. *Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference*: 1697–1706.
- Daskin, M.S., 1995. *Network and Discrete Location: Models, Algorithms, and Applications*. New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Daw, M.A., El-Bouzedi, A, ve Dau, A.A., 2016. The Assessment of Efficiency and Coordination within the Libyan Health Care System during the Armed Conflict-2011. *Clinical Epidemiology and Global Health*, 4(3): 120–127.
- Deb, K., 2001. Nonlinear Goal Programming Using Multi-Objective Genetic Algorithms. *Journal of the Operational Research Society*, 52(3): 291–302.
- Deb, K., 1999. Solving Goal Programming Problems Using Multi-Objective Genetic Algorithms. *Proceedings of the 1999 Congress on Evolutionary Computation*: 77–84.
- Decker, B.T., 2016. *Emergency Shelter Resource Allocation and Location Analysis*. Yüksek

Lisans Tezi, Connecticut Üniversitesi.

- Doocy, S., Lyles, E., Hanquart, B., The LHAS Study Team ve Woodman, M., 2016. Prevalence, Care-Seeking, and Health Service Utilization for Non-Communicable Diseases among Syrian Refugees and Host Communities in Lebanon. *Conflict and Health* 10(21): 1-17.
- Dyer, R.F., ve Forman, E.H., 1992. Group Decision Support with the Analytic Hierarchy Process. *Decision Support Systems*, 8(2): 99–124.
- Edwards, T.D., Young, R.A., ve Lowe, A.F., 2007. Caring for a Surge of Hurricane Katrina Evacuees in Primary Care Clinics. *Annals of Family Medicine*, 5(2): 170–174.
- Emami, S., ve Nookabadi, A. S., 2013. Managing a New Multi-Objective Model for the Dynamic Facility Layout Problem. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 68(9–12): 2215–2228.
- Espín, I.D., Vela, E., Pauws, S., Bescos, C., Cano, I., Cleries, M., Contel, J.C., ve ark., 2016. Proposals for Enhanced Health Risk Assessment and Stratification in an Integrated Care Scenario. *BMJ Open*, 6: e010301.
- ESRI. 2011. ArcGIS Desktop: Release 10. Redlands.
- Farahani, R.Z., Hassani, A., Mousavi, S.M., ve Baygi, M.B., 2014. A Hybrid Artificial Bee Colony for Disruption in a Hierarchical Maximal Covering Location Problem. *Computers and Industrial Engineering*, 75(1): 129–141.
- Farahani, R.Z., SteadieSeifi, M., ve Asgari, N., 2010. Multiple Criteria Facility Location Problems: A Survey. *Applied Mathematical Modelling*, 34(7): 1689–1709.
- Fares, S., Femino, M., Sayah, A., Weiner, D.L., Yim, E.S., Douthwright, S., Molloy, M.S., İrfan, F.B., Karkoukli, M.A., Lipton, R., Burstein, J.L., Mazrouei, M.A., ve Ciottone, G., 2014. Health Care System Hazard Vulnerability Analysis: An Assessment of All Public Hospitals in Abu Dhabi. *Disasters* 38(2): 420–433.
- Fazel Zarandi, M., Davari, S., Haddad Sisakht, S., 2011. The Large Scale Maximal

- Covering Location Problem, *Scientia Iranica*, 18(6): 1564-1570.
- Fernandes, I.F., Aloise, D., Aloise, D.J., Hansen, P. ve Liberti, L., 2014. On the Weber Facility Location Problem with Limited Distances and Side Constraints. *Optimization Letters*, 8(2): 407–424.
- Galvão, R.D., 2005. Uncapacitated Facility Location Problems: Contributions. *Pesquisa Operacional*, 24(1): 7–38.
- Gandibleux, X., ve Ehrgott, M., 2004. Approximative Solution Methods for Multiobjective Combinatorial Optimization. *Top*, 12(1): 1–89.
- Gao, X., Zhou, Y., Haq Amir, M.I., Rosyidah, F.A., ve Lee, G.M., 2017. A Hybrid Genetic Algorithm for Multi-Emergency Medical Service Center Location-Allocation Problem in Disaster Response. *International Journal of Industrial Engineering : Theory Applications and Practice*, 24(6): 663–679.
- Gass, S.I., 1987. The Setting of Weights in Linear Goal-Programming. *Computers & Operations Research*, 14(3): 227–229.
- Ghumman, U., McCord, C.E., ve Chang, J.E., 2016. Posttraumatic Stress Disorder in Syrian Refugees: A Review. *Canadian Psychology*, 57(4): 246–253.
- Golden, B.L., Wasil, E.A., ve Harker, P.T., 1989. *The Analytic Hierarchy Process*. Springer Berlin Heidelberg.
- Hakimi, S.L., 1964. Optimum Locations of Switching Centers and the Absolute Centers and Medians of a Graph. *Operations Research*, 12(3): 450–459.
- Hathhorn, J., Sisikoglu, E., ve Sir, M.Y., 2013. A Multi-Objective Mixed-Integer Programming Model for a Multi-Floor Facility Layout. *International Journal of Production Research*, 51(14): 4223–4239.
- Heywood, D.I., Cornelius, S., ve Carver, S., 2011. *An Introduction to Geographical Information Systems*. Prentice Hall.
- Ho, W., 2007. Combining Analytic Hierarchy Process and Goal Programming for Logistics Distribution Network Design. *Conference Proceedings - IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*: 714–719.
- Ignizio, J.P., 1978. A Review of Goal Programming: A Tool for Multiobjective

- Analysis. Journal of the Operational Research Society, 29(11): 1109–1119.
- Jadidi, O., Zolfaghari, S., ve Cavalieri, S., 2014. A New Normalized Goal Programming Model for Multi-Objective Problems: A Case of Supplier Selection and Order Allocation. International Journal of Production Economics, 148: 158–165.
- Johnson, E.M., Diekema, D.S., Lewis-Newby, M., ve King, M.A., 2014. Pediatric Triage and Allocation of Critical Care Resources during Disaster: Northwest Provider Opinion. Prehospital and Disaster Medicine, 29(5): 455–460.
- Jones, D., ve Tamiz, M., 2010. Practical Goal Programming. Springer.
- Kane, J.C., Bass, J.K., Tol, W.A., Ventevogel, P., Spiegel, P., ve van Ommeren, M., 2014. Mental, Neurological, and Substance Use Problems among Refugees in Primary Health Care: Analysis of the Health Information System in 90 Refugee Camps. BMC Medicine, 12: 1-11.
- Kanter, R.K., Abramson, D.M., Redlener, I., ve Gracy, D., 2015. The Medical Home and Care Coordination in Disaster Recovery: Hypothesis for Interventions and Research. Disaster Medicine and Public Health Preparedness, 9(4): 337–343.
- Kaya, G.K., Ward, J.R., ve John Clarkson, P., 2019. A Framework to Support Risk Assessment in Hospitals. International Journal for Quality in Health Care, 31(5): 393–401.
- Khojasteh, S.B., ve Macit, I., 2017. A Stochastic Programming Model for Decision-Making Concerning Medical Supply Location and Allocation in Disaster Management. Disaster Medicine and Public Health Preparedness, 11(6): 747–755.
- Kılıç, S.B., 2005. Avrupa Birliğine Üye ve Aday Ülkelerin Bazı Temel Makro Ekonomik Kriterlere Göre Sınıflandırılması: Çok Kriterli Karar Alma Analizine Dayalı Bir Modelin Tahmini. Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 14(2): 339–352.

- Krarup, J., ve Pruzan, P.M., 1983. The Simple Plant Location Problem: Survey and Synthesis. *European Journal of Operational Research*, 12(1): 36-81.
- Kwak, N.K., ve Lee, C., 1998. A Multicriteria Decision-Making Approach to University Resource Allocations and Information Infrastructure Planning. *European Journal of Operational Research*, 110(2): 234-242.
- Lee, E.K., Hung Chen, C., Pietz, F., ve Benecke, B., 2009. Modeling and Optimizing the Public-Health Infrastructure for Emergency Response. *Interfaces*, 39(5): 476-490.
- Leppold, C., Ozaki, A., Shimada, Y., Morita, T., ve Tanimoto, T., 2016. Defining and Acting on Global Health: The Case of Japan and the Refugee Crisis. *International Journal of Health Policy and Management*, 5(8): 457-460.
- Li, H., Sun, R.J., Dong, K.Y., Dong, X.C., Bin Zhou, Z., ve Leng, X., 2017. Selecting China's Strategic Petroleum Reserve Sites by Multi-Objective Programming Model. *Petroleum Science*, 14(3): 622-635.
- Li, X., Zhao, Z., Zhu, X., ve Wyatt, T., 2011. Covering Models and Optimization Techniques for Emergency Response Facility Location and Planning: A Review. *Mathematical Methods of Operations Research*, 74(3): 281-310.
- Lionis, C., Petelos, E., Mechili, E.A., Sifaki-Pistolla, D., Chatzea, V.E., Angelaki, A., Rurik, I., ve ark., 2018. Assessing Refugee Healthcare Needs in Europe and Implementing Educational Interventions in Primary Care: A Focus on Methods. *BMC International Health and Human Rights*, 18(1): 1-8.
- Lokman, B., 2017. Çok Amaçlı Tamsayı Programlama Problemleri İçin Temsili Çözüm Üreten Yaklaşımların ve Kalite Ölçülerinin İncelenmesi. *Endüstri Mühendisliği Dergisi* 28(1): 19-39.
- Massey, E., Smith, J.; ve Roberts, B., 2017. Health Needs of Older Populations Affected by Humanitarian Crises in Low- and Middle-Income Countries: A Systematic Review. *Conflict and Health*, 11(1): 1-21.
- Memari, P., Tavakkoli-Moghaddam, R., Partovi, M., ve Zabihian, A., 2018. Fuzzy Dynamic Location-Allocation Problem with Temporary Multi-Medical

- Centers in Disaster Management. IFAC-PapersOnLine, 51(11): 1554–1560.
- Memarian, H., Balasundram, S.K., Abbaspour, K.C., Talib, J.B., Teh Boon Sung, C., ve Mohd Sood, A., 2014. Integration of Analytic Hierarchy Process and Weighted Goal Programming for Land Use Optimization at the Watershed Scale. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 38(2): 139–158.
- Messiah, A., Lacoste, J., Gokalsing, E., Shultz, J.M., Rodríguez de la Vega, P., Castro, G., ve Acuna, J.M., 2016. Mental Health Impact of Hosting Disaster Refugees: Analyses from a Random Sample Survey Among Haitians Living in Miami. *Southern Medical Journal*, 109(8): 458–464.
- Meyer, S., ve Morand, M.B., 2015. Mental Health and Psychosocial Support in Humanitarian Settings. *Intervention*, 13(3): 235–247.
- Mihelic, J., ve Robic, B., 2004. Facility Location and Covering Problems. *Theoretical Computer Science, Information Society*, April: 4–5.
- Mohamadi, A., ve Yaghoubi, S., 2016. A New Stochastic Location-Allocation Emergency Medical Services Healthcare System Model during Major Disaster. *Journal of Industrial and Systems Engineering*, 9: 85–99.
- Muaafa, M., Concho, A.L., ve Ramirez-Marquez, J., 2014. Emergency Resource Allocation for Disaster Response: An Evolutionary Approach. In *Proceedings of the 12th International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management (PSAM)*, 1–10. Honolulu, HI, USA.
- Murray, A.T., 2016. Maximal Coverage Location Problem: Impacts, Significance, and Evolution. *International Regional Science Review*, 39(1): 5–27.
- Panos, E., Dafni, P., Kostas, G., ve Zacharoula, M., 2009. Crisis Management in the Health Sector; Qualities and Characteristics of Health Crisis Managers. *International Journal of Caring Sciences*, 2(3): 105–107.
- Pérez-Martín, J.J., Romera Guirado, F.J., Molina-Salas, Y., Bernal-González, P.J., ve Navarro-Alonso, J.A., 2017. Vaccination Campaign at a Temporary

- Camp for Victims of the Earthquake in Lorca (Spain). *Human Vaccines and Immunotherapeutics*, 13(7): 1714–1721.
- Porignon, D.; Noterman, J.P.; Hennart, P.; Tonlget, R.; Soron'Gane, E.M.; Lokombe, T.E., 1995. The Role of Zairian Health Services in the Rwandan Refugee Crisis. *Disasters*, 19(4): 356-360.
- Porignon, D., Soron'Gane, E.M., Lokombe, T.E., Isu, D.K., Hennart, P. ve Van Lerberghe, W., 1998. How Robust Are District Health Systems? Coping with Crisis and Disasters in Rutshuru, Democratic Republic of Congo. *Tropical Medicine & International Health*, 3(7): 559–565.
- Pouraliakbarimamaghani, M., Mohammadi, M. ve Mirzazadeh, A., 2018. A Multi-Objective Location-Allocation Model in Mass Casualty Events Response. *Journal of Modelling in Management*, 13(1): 236–274.
- Radcliffe, L.L., ve Schniederjans, M.J., 2003. Trust Evaluation: An AHP and Multi-Objective Programming Approach. *Management Decision*, 41(6): 587–595.
- Rahman, A., Hamdani, S.U., Awan, N.R., Bryant, R.A., Dawson, K.S., Khan, M.F., Azeemi, M.M., Nazir, P., Chiumento, A., Sijbrandij, M., Wang, D., Farooq, S. ve van Ommeren, M., 2016. Effect of a Multicomponent Behavioral Intervention in Adults Impaired by Psychological Distress in a Conflict-Affected Area of Pakistan: A Randomized Clinical Trial. *JAMA - Journal of the American Medical Association*, 316(24): 2609–2617.
- Ramos, M.A., Boix, M., Montastruc, L., ve Domenech, S., 2014. Multiobjective Optimization Using Goal Programming for Industrial Water Network Design. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 53(45): 17722–17735.
- Rawls, C.G., 2008. Prepositioning of Emergency Supplies for Disaster Response. Doktora Tezi, Cornell Üniversitesi.
- ReVelle, C., Toregas, C., ve Falkson, L., 1976. Applications of the Location Set-covering Problem. *Geographical Analysis*, 8(1): 65–76.

- ReVelle, C.S., ve Swain. R.W., 1970. Central Facilities Location. *Geographical Analysis*, 2(1): 30–42.
- Saaty R.W., 1987. The Analytic Hierarchy Process-What It Is and How It Is Used. *Mathematical Modelling*, 9(3–5): 161–176.
- Saaty, T.L., 2002. *Decision Making for Leaders : The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. 3. basım. RWS Publications.
- Schniederjans, M.J., ve Garvin, T., 1997. Using the Analytic Hierarchy Process and Multi-Objective Programming for the Selection of Cost Drivers in Activity-Based Costing. *European Journal of Operational Research*, 100(1): 72–80.
- Sethi, S., Jonsson, R., Skaff, R., ve Tyler, F., 2017. Community-Based Noncommunicable Disease Care for Syrian Refugees in Lebanon. *Global Health: Science and Practice*, 5(3): 495–506.
- Setiawan, S., 2002. The Effect of Initial Selections in Estimating the Missing Comparisons in an Incomplete AHP Matrix. *Yüksek Lisans Tezi*. Louisiana Eyalet Üniversitesi.
- Singh, S.P., ve Singh, V.K., 2011. Three-Level AHP-Based Heuristic Approach for a Multi-Objective Facility Layout Problem. *International Journal of Production Research*, 49(4): 1105–1125.
- Sweileh, W.M., 2017. Bibliometric Analysis of Medicine - Related Publications on Refugees, Asylum-Seekers, and Internally Displaced People: 2000 - 2015. *BMC International Health and Human Rights*, 17(1): 1–11.
- Tajbakhsh, S.M., Memarian, H., ve Kheyrkhah, A., 2018. A GIS-Based Integrative Approach for Land Use Optimization in a Semi-Arid Watershed. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 4(1): 31–46.
- Tamiz, M., 1996. *Multi-Objective Programming and Goal Programming : Theories and Application*. Editör: M. Tamiz. Springer Berlin Heidelberg.
- Tanaka, Y., Kunii, O., Okumura, J., ve Wakai, S., 2004. Refugee Participation in Health Relief Services During the Post-Emergency Phase in Tanzania.

- Public Health, 118(1): 50–61.
- Tavakkoli-Moghaddam, R., Memari, P., ve Talebi, E., 2018. A Bi-Objective Location-Allocation Problem of Temporary Emergency Stations and Ambulance Routing in a Disaster Situation. *Proceedings of the 2018 International Conference on Optimization and Applications*: 1–4.
- Teeter, D.S., 1996. Illnesses and Injuries Reported at Disaster Application Centers Following the 1994 Northridge Earthquake. *Military Medicine*, 161(9): 526–530.
- Tomlinson, R.F., 1969. A Geographic Information System for Regional Planning. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, 78(1): 45–48.
- Toole M.J., ve Waldman, R.J., 1993. Refugees and Displaced Persons. War, Hunger, and Public Health. *JAMA - Journal of the American Medical Association*, 270(5): 600–605.
- Tran, N-T., Dawson, A., Meyers, J., Krause, S., ve Hickling, C., 2015. Developing Institutional Capacity for Reproductive Health in Humanitarian Settings: A Descriptive Study. *Plos One*, 10(9): e0137412.
- Trivedi, A., ve Singh, A., 2018. Facility Location in Humanitarian Relief: A Review. *International Journal of Emergency Management*, 14(3): 213.
- Ulungu, E.L., ve Teghem, J., 1994. Multi-objective Combinatorial Optimization Problems: A Survey. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 3(2): 83–104.
- Umarusman, N., 2013. Min-Max Goal Programming Approach For Solving Multi-Objective. *International Journal of Operations Research*, 10(2): 92–99.
- UNHCR., 2017. *Global Trends: Forced Displacement in 2017*, Geneva, United Nations High Commissioner for Refugees, 2017.
- UNISDR., 2018. *Terminology: Basic Terms of Disaster Risk Reduction*, Geneva, United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2017.
- Van Der Veen, A., Van Pietersom, T., Lopes Cardozo, B., Rushiti, F., Ymerhalili,

- G., ve Agani, F., 2015. Integrating Staff Well-Being into the Primary Health Care System: A Case Study in Post-Conflict Kosovo. *Conflict and Health*, 9(1): 1–12.
- Vargas, L., 1990. An Overview of the Analytic Hierarchy Process and Its Applications. *European Journal of Operational Research*, 48(1): 2-8.
- Verter, V., 2011. Uncapacitated and Capacitated Facility Location Problems. *International Series in Operations Research & Management Science*, 155:25–37.
- de Ville de Goyet, C., Marti, R.Z., ve Osorio, C., 2006. Natural Disaster Mitigation and Relief. *Disease Control Priorities in Developing Countries*. Washington, ABD.
- Weber, A., 1929. Alfred Weber's Theory of the Location of Industries : Weber, Alfred, 1868-1958 . The University of Chicago Press.
- WHO., 2007. Risk Reduction and Emergency Preparedness: WHO Six-Year Strategy for the Health Sector and Community Capacity Development, Geneva, World Health Organization, 2007.
- WHO., 2008. Definitions: Emergencies, Geneva, World Health Organization, Geneva, Switzerland, 2008.
- WHO., 2009. ICN Framework of Disaster Nursing Competencies, Geneva, World Health Organization and International Council of Nurses, 2009.
- Wineman, N. V, Braun, B.I., Barbera, J.A., ve Loeb, J.M., 2007. Assessing the Integration of Health Center and Community Emergency Preparedness and Response Planning. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 1(2): 96–105.
- Wise, S., 2000. GIS Data Modelling-Lessons from the Analysis of DTMs. *International Journal of Geographical Information Science*, 14(4): 313–318.
- Xu, J., ve Li, Z., 2012. Multi-Objective Dynamic Construction Site Layout Planning in Fuzzy Random Environment. *Automation in Construction*, 27:

155–169.

Xu, J., Liu, Q., ve Lei, X., 2016. A Fuzzy Multi-Objective Model and Application for the Discrete Dynamic Temporary Facilities Location Planning Problem. *Journal of Civil Engineering and Management*, 22(3): 357–372.

Yagub, A.I.A., ve Mtshali, K., 2015. The Role of Non-Governmental Organizations in Providing Curative Health Services in North Darfur State, Sudan. *African Health Sciences*, 15(3): 1049–1055.

Ye, M., ve Zhou, G., 2007. A Local Genetic Approach to Multi-Objective, Facility Layout Problems with Fixed Aisles. *International Journal of Production Research*, 45(22): 5243–5264.

ÖZGEÇMİŞ

28/10/1986 yılında Tarsus'ta doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Tarsus'ta tamamladı. 2007 yılında başladığı Yıldız Teknik Üniversitesi, Makina Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden 2011 yılında mezun oldu ve aynı yıl Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı ve 2014 yılında tamamladı. Aynı yıl aynı bölümde doktora çalışmasına başladı. 2012 yılından beri Çukurova Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.





EKLER



EK 1. Çalışmada geliştirilen ve çok amaçlı modelleme ile çatışma alanlarında sağlık tesisi yeri seçimi için kullanılan GAMS modeli

set i talep dugumlerinin kumesi

/d1,d2,d3,d4,d5,d6,d7,d8,d9,d10,d11,d12,d13,d14,d15,d16,d17,d18,d19,d20,d21,d22,d23,d24,d25,d26,d27,d28,d29,d30,d31,d32,d33,d34,d35,d36,d37,d38,d39,d40,d41,d42,d43,d44,d45,d46,d47,d48,d49,d50,d51,d52,d53,d54,d55,d56,d57,d58,d59,d60,d61,d62,d63,d64,d65,d66,d67,d68,d69,d70,d71,d72,d73,d74,d75,d76,d77,d78,d79,d80,d81,d82,d83,d84,d85,d86,d87,d88,d89,d90,d91,d92,d93,d94,d95,d96,d97,d98,d99,d100,d101,d102,d103,d104,d105,d106,d107,d108,d109,d110,d111,d112,d113,d114,d115,d116,d117,d118,d119,d120,d121,d122,d123,d124,d125,d126,d127,d128,d129,d130,d131,d132,d133,d134,d135,d136,d137,d138,d139,d140,d141,d142,d143,d144,d145,d146,d147,d148,d149,d150,d151,d152,d153,d154,d155,d156,d157,d158,d159,d160,d161,d162,d163,d164,d165,d166,d167,d168,d169,d170,d171,d172,d173,d174,d175,d176,d177,d178,d179,d180,d181,d182,d183,d184,d185,d186,d187,d188,d189,d190,d191,d192,d193,d194,d195,d196,d197,d198,d199,d200,d201,d202,d203,d204,d205,d206,d207,d208,d209,d210,d211,d212,d213,d214,d215,d216,d217,d218,d219,d220,d221,d222,d223,d224,d225,d226,d227,d228,d229,d230,d231,d232,d233,d234,d235,d236,d237,d238,d239,d240,d241,d242,d243,d244,d245,d246,d247,d248,d249,d250,d251,d252,d253,d254,d255,d256,d257,d258,d259,d260,d261,d262,d263,d264,d265,d266,d267,d268,d269,d270,d271,d272,d273,d274,d275,d276,d277,d278,d279,d280,d281,d282,d283,d284,d285,d286,d287,d288,d289,d290,d291,d292,d293,d294,d295,d296,d297,d298,d299,d300,d301,d302,d303,d304,d305,d306,d307,d308,d309,d310,d311,d312,d313,d314,d315,d316,d317,d318,d319,d320,d321,d322,d323,d324,d325,d326,d327,d328,d329,d330,d331,d332,d333,d334,d335,d336,d337,d338/;

set j aday saglik ocagi bölgelerinin kumesi

/HCC1,HCC2,HCC3,HCC4,HCC5,HCC6,HCC7,HCC8,HCC9,HCC10,HCC11,HCC12,HCC13,HCC14,HCC15,HCC16,HCC17,HCC18,HCC19,HCC20,HCC21,HCC22,HCC23,HCC24,HCC25,HCC26,HCC27,HCC28,HCC29,HCC30,HCC31,HCC32,HCC33,HCC34,HCC35,HCC36,HCC37,HCC38,HCC39,HCC40,HCC41,HCC42,HCC43,HCC44,HCC45,HCC46,HCC47,HCC48,HCC49,HCC50,HCC51,HCC52,HCC53,HCC54,HCC55,HCC56,HCC57,HCC58,HCC59,HCC60,HCC61,HCC62,HCC63,HCC64,HCC65,HCC66,HCC67,HCC68,HCC69,HCC70,HCC71,HCC72,HCC73,HCC74,HCC75,HCC76,HCC77/

```

set n cezaların kumesi
/p1,p2,p3,p4,p5,p6,p7,p8,p9,p10,p11,p12,p13,p14,p15,p16,p17,p18/;

parameter h(i) i dugumundeki talep
/d1 990,d2 5160,d3 3250,d4 2600,d5 840,d6 95360,d7 5040,d8
3000,d9 1790,d10 4370,d11 12000,d12 2250,d13 2400,d14
12760,d15 15360,d16 3060,d17 1080,d18 2880,d19 3840,d20
3690,d21 1500,d22 1400,d23 2110,d24 1990,d25 1800,d26
9440,d27 3060,d28 4140,d29 9760,d30 1990,d31 1280,d32
3420,d33 5310,d34 7350,d35 2210,d36 4820,d37 6330,d38
1820,d39 4710,d40 9770,d41 7770,d42 4170,d43 4070,d44
12180,d45 3540,d46 580,d47 2970,d48 4370,d49 7280,d50
4400,d51 5040,d52 15210,d53 12420,d54 1910,d55 29380,d56
1680,d57 6780,d58 4170,d59 4920,d60 10450,d61 1190,d62
1410,d63 2560,d64 900,d65 2900,d66 690,d67 570,d68
6380,d69 7150,d70 4640,d71 3450,d72 2200,d73 2130,d74
3280,d75 2280,d76 520,d77 1120,d78 2810,d79 3520,d80
15400,d81 2640,d82 14950,d83 11300,d84 11670,d85 5640,d86
1170,d87 7200,d88 14280,d89 32760,d90 760,d91 4680,d92
660,d93 4790,d94 2530,d95 3840,d96 1600,d97 3630,d98
660,d99 3830,d100 5940,d101 2670,d102 1470,d103 4520,d104
3370,d105 4950,d106 8880,d107 680,d108 1800,d109 5830,d110
5650,d111 1140,d112 2160,d113 3590,d114 3750,d115 630,d116
20400,d117 5940,d118 6380,d119 2520,d120 2760,d121
1010,d122 7510,d123 5200,d124 690,d125 3960,d126 1240,d127
940,d128 10580,d129 1040,d130 1090,d131 1670,d132
3160,d133 11330,d134 1550,d135 840,d136 1420,d137 890,d138
30100,d139 8690,d140 2020,d141 4130,d142 31420,d143
8110,d144 6960,d145 7150,d146 19040,d147 108810,d148
1060,d149 2560,d150 8330,d151 114890,d152 59760,d153
8280,d154 3310,d155 1140,d156 2600,d157 4680,d158
3570,d159 46740,d160 6600,d161 6000,d162 8900,d163
7140,d164 3330,d165 1120,d166 4200,d167 9260,d168 510,d169
1890,d170 620,d171 540,d172 18720,d173 1490,d174 830,d175
3890,d176 1600,d177 7200,d178 4070,d179 3480,d180
6670,d181 1510,d182 590,d183 2090,d184 5850,d185 5060,d186
2900,d187 6840,d188 2950,d189 16520,d190 1230,d191
8880,d192 3510,d193 3160,d194 1240,d195 690,d196 1240,d197
4600,d198 1730,d199 1420,d200 2220,d201 3060,d202
2600,d203 2950,d204 12760,d205 1250,d206 950,d207
1840,d208 530,d209 1400,d210 1080,d211 1910,d212 1410,d213
490,d214 5220,d215 1420,d216 5720,d217 660,d218 900,d219
2170,d220 810,d221 5400,d222 1920,d223 2980,d224 8660,d225
44400,d226 1630,d227 1200,d228 1130,d229 1590,d230

```

```

8050,d231 3650,d232 2070,d233 820,d234 1420,d235 1110,d236
1140,d237 1400,d238 1120,d239 1670,d240 4940,d241
2630,d242 570,d243 14430,d244 920,d245 5780,d246 8850,d247
2700,d248 2720,d249 2720,d250 3300,d251 1810,d252 580,d253
870,d254 7650,d255 2200,d256 760,d257 6160,d258 1960,d259
7080,d260 1940,d261 4250,d262 1680,d263 3370,d264 850,d265
1300,d266 24860,d267 2480,d268 2530,d269 2270,d270
2400,d271 4640,d272 2000,d273 2560,d274 2300,d275
4200,d276 4410,d277 2280,d278 3680,d279 2320,d280
3480,d281 1800,d282 4960,d283 5670,d284 3520,d285
3930,d286 4410,d287 1190,d288 2420,d289 2860,d290
7350,d291 4560,d292 7770,d293 1980,d294 1600,d295
2980,d296 3560,d297 5870,d298 1120,d299 800,d300 3600,d301
2720,d302 1420,d303 1860,d304 850,d305 1490,d306 1880,d307
1890,d308 840,d309 900,d310 2310,d311 2000,d312 530,d313
3100,d314 1010,d315 5930,d316 4060,d317 570,d318 660,d319
790,d320 7080,d321 3540,d322 8930,d323 1070,d324 520,d325
590,d326 2640,d327 1140,d328 900,d329 1730,d330 2360,d331
520,d332 2040,d333 950,d334 2220,d335 710,d336 680,d337
730,d338 710/;

```

parameter k(j) j bolgesindeki her aday saglik ocaginin kapasitesi

```

/HCC1 40000,HCC2 3000,HCC3 4000,HCC4 12000,HCC5 3000,HCC6
15000,HCC7 2000,HCC8 3000,HCC9 5000,HCC10 2000,HCC11
4000,HCC12 2000,HCC13 5000,HCC14 3000,HCC15 5000,HCC16
45000,HCC17 1000,HCC18 2000,HCC19 30000,HCC20 3000,HCC21
45000,HCC22 25000,HCC23 5000,HCC24 15000,HCC25 3000,HCC26
3000,HCC27 28000,HCC28 30000,HCC29 2000,HCC30 5000,HCC31
3000,HCC32 40000,HCC33 35000,HCC34 1000,HCC35 5000,HCC36
4000,HCC37 3000,HCC38 4000,HCC39 2000,HCC40 2000,HCC41
5000,HCC42 49000,HCC43 33000,HCC44 1000,HCC45 2000,HCC46
2000,HCC47 3000,HCC48 2000,HCC49 3000,HCC50 2000,HCC51
2000,HCC52 2000,HCC53 3000,HCC54 3000,HCC55 50000,HCC56
50000,HCC57 45000,HCC58 2000,HCC59 2000,HCC60 2000,HCC61
2000,HCC62 2000,HCC63 2000,HCC64 2000,HCC65 2000,HCC66
3000,HCC67 2000,HCC68 3000,HCC69 35000,HCC70 40000,HCC71
3000,HCC72 3000,HCC73 4000,HCC74 3000,HCC75 5000,HCC76
30000,HCC77 3000/;

```

parameter sol(j) j bolgesindeki saglik ocaginin gunes enerjisi var mi

```

/HCC1 0,HCC2 0,HCC3 0,HCC4 1,HCC5 0,HCC6 1,HCC7 1,HCC8
1,HCC9 0,HCC10 0,HCC11 1,HCC12 1,HCC13 0,HCC14 0,HCC15
0,HCC16 0,HCC17 1,HCC18 0,HCC19 0,HCC20 0,HCC21 0,HCC22

```

```

0,HCC23 0,HCC24 0,HCC25 0,HCC26 0,HCC27 0,HCC28 1,HCC29
0,HCC30 0,HCC31 0,HCC32 0,HCC33 0,HCC34 0,HCC35 0,HCC36
0,HCC37 1,HCC38 1,HCC39 0,HCC40 0,HCC41 0,HCC42 1,HCC43
0,HCC44 0,HCC45 0,HCC46 1,HCC47 0,HCC48 1,HCC49 0,HCC50
0,HCC51 0,HCC52 0,HCC53 0,HCC54 0,HCC55 0,HCC56 0,HCC57
0,HCC58 1,HCC59 1,HCC60 0,HCC61 1,HCC62 0,HCC63 1,HCC64
1,HCC65 0,HCC66 0,HCC67 0,HCC68 0,HCC69 0,HCC70 0,HCC71
0,HCC72 0,HCC73 0,HCC74 0,HCC75 0,HCC76 0,HCC77 0 /;

```

```

parameter bas(j) j bolgesindeki saglik ocaginin bodrumu
var mi

```

```

/HCC1 1,HCC2 0,HCC3 0,HCC4 1,HCC5 1,HCC6 1,HCC7 1,HCC8
1,HCC9 0,HCC10 1,HCC11 0,HCC12 1,HCC13 0,HCC14 0,HCC15
0,HCC16 1,HCC17 1,HCC18 1,HCC19 0,HCC20 1,HCC21 1,HCC22
0,HCC23 0,HCC24 0,HCC25 1,HCC26 1,HCC27 0,HCC28 1,HCC29
1,HCC30 1,HCC31 0,HCC32 0,HCC33 1,HCC34 0,HCC35 0,HCC36
0,HCC37 1,HCC38 0,HCC39 1,HCC40 0,HCC41 1,HCC42 0,HCC43
0,HCC44 1,HCC45 1,HCC46 0,HCC47 1,HCC48 0,HCC49 0,HCC50
0,HCC51 1,HCC52 1,HCC53 1,HCC54 0,HCC55 0,HCC56 0,HCC57
0,HCC58 0,HCC59 1,HCC60 1,HCC61 0,HCC62 0,HCC63 1,HCC64
1,HCC65 1,HCC66 0,HCC67 0,HCC68 0,HCC69 0,HCC70 0,HCC71
1,HCC72 0,HCC73 1,HCC74 1,HCC75 0,HCC76 0,HCC77 0 /;

```

```

parameter net(j) j bolgesindeki saglik ocaginin internet
hizmeti var mi

```

```

/HCC1 1,HCC2 1,HCC3 1,HCC4 1,HCC5 1,HCC6 1,HCC7 1,HCC8
1,HCC9 1,HCC10 0,HCC11 0,HCC12 1,HCC13 1,HCC14 1,HCC15
0,HCC16 1,HCC17 1,HCC18 1,HCC19 1,HCC20 1,HCC21 1,HCC22
1,HCC23 1,HCC24 1,HCC25 1,HCC26 1,HCC27 1,HCC28 1,HCC29
0,HCC30 0,HCC31 1,HCC32 1,HCC33 1,HCC34 1,HCC35 1,HCC36
1,HCC37 1,HCC38 1,HCC39 1,HCC40 1,HCC41 1,HCC42 0,HCC43
1,HCC44 0,HCC45 1,HCC46 1,HCC47 1,HCC48 1,HCC49 1,HCC50
1,HCC51 0,HCC52 0,HCC53 1,HCC54 1,HCC55 1,HCC56 1,HCC57
1,HCC58 1,HCC59 1,HCC60 1,HCC61 1,HCC62 1,HCC63 1,HCC64
1,HCC65 0,HCC66 1,HCC67 1,HCC68 1,HCC69 1,HCC70 1,HCC71
0,HCC72 0,HCC73 1,HCC74 1,HCC75 1,HCC76 1,HCC77 1 /;

```

```

parameter sc(j) j bolgesinde bir saglik ocagi
yerleştirmenin sabit maliyeti

```

```

/HCC1 11555,HCC2 3000,HCC3 19800,HCC4 4800,HCC5 10785,HCC6
2304,HCC7 5016,HCC8 12345,HCC9 4512,HCC10 16300,HCC11
4080,HCC12 8256,HCC13 7380,HCC14 11700,HCC15 14651,HCC16
2700,HCC17 6180,HCC18 20429,HCC19 14531,HCC20 14932,HCC21
19127,HCC22 9800,HCC23 17694,HCC24 8790,HCC25 8008,HCC26
15907,HCC27 17908,HCC28 6236,HCC29 18344,HCC30 13224,HCC31

```

```

17444,HCC32 12840,HCC33 2628,HCC34 13779,HCC35 19880,HCC36
7548,HCC37 15895,HCC38 6180,HCC39 4536,HCC40 19694,HCC41
12952,HCC42 17724,HCC43 2880,HCC44 15857,HCC45 3288,HCC46
6480,HCC47 14755,HCC48 6400,HCC49 3258,HCC50 18457,HCC51
5421,HCC52 4776,HCC53 15357,HCC54 21174,HCC55 17024,HCC56
11925,HCC57 2920,HCC58 5940,HCC59 5652,HCC60 6516,HCC61
8405,HCC62 5160,HCC63 6028,HCC64 7344,HCC65 2146,HCC66
8708,HCC67 18798,HCC68 20740,HCC69 10800,HCC70 22003,HCC71
13327,HCC72 16870,HCC73 21487,HCC74 16132,HCC75 6624,HCC76
11955,HCC77 10465/;

```

```

parameter c4w(j) her aday j bolgesindeki ekonomik faktör
miktari

```

```

/HCC1 2311,HCC2 1050,HCC3 6780,HCC4 2160,HCC5 3775,HCC6
622,HCC7 2408,HCC8 3704,HCC9 2121,HCC10 3423,HCC11
816,HCC12 3468,HCC13 3616,HCC14 4095,HCC15 4395,HCC16
1490,HCC17 2657,HCC18 4699,HCC19 3052,HCC20 2986,HCC21
6503,HCC22 3038,HCC23 3539,HCC24 3164,HCC25 3043,HCC26
6681,HCC27 6268,HCC28 2058,HCC29 9172,HCC30 5422,HCC31
4710,HCC32 3852,HCC33 578,HCC34 4271,HCC35 9741,HCC36
2491,HCC37 6780,HCC38 1174,HCC39 816,HCC40 6105,HCC41
4567,HCC42 5140,HCC43 547,HCC44 2854,HCC45 1282,HCC46
2268,HCC47 5312,HCC48 1408,HCC49 1010,HCC50 5353,HCC51
1138,HCC52 478,HCC53 2918,HCC54 5082,HCC55 4256,HCC56
1550,HCC57 642,HCC58 1663,HCC59 1243,HCC60 2281,HCC61
2858,HCC62 980,HCC63 723,HCC64 1248,HCC65 494,HCC66
2787,HCC67 4887,HCC68 5392,HCC69 3672,HCC70 4621,HCC71
1333,HCC72 3205,HCC73 6661,HCC74 4517,HCC75 1921,HCC76
1554,HCC77 2390/;

```

```

parameter lab(j) j bolgesindeki saglik ocaginin laboratuvar
hizmeti var mi

```

```

/HCC1 1,HCC2 0,HCC3 0,HCC4 1,HCC5 0,HCC6 0,HCC7 0,HCC8
0,HCC9 0,HCC10 0,HCC11 0,HCC12 1,HCC13 1,HCC14 0,HCC15
1,HCC16 0,HCC17 0,HCC18 0,HCC19 0,HCC20 0,HCC21 1,HCC22
1,HCC23 0,HCC24 0,HCC25 1,HCC26 1,HCC27 1,HCC28 0,HCC29
0,HCC30 0,HCC31 1,HCC32 1,HCC33 0,HCC34 1,HCC35 0,HCC36
1,HCC37 1,HCC38 1,HCC39 0,HCC40 0,HCC41 1,HCC42 1,HCC43
0,HCC44 0,HCC45 1,HCC46 1,HCC47 0,HCC48 1,HCC49 0,HCC50
0,HCC51 0,HCC52 0,HCC53 0,HCC54 1,HCC55 1,HCC56 0,HCC57
0,HCC58 0,HCC59 0,HCC60 0,HCC61 1,HCC62 0,HCC63 0,HCC64
0,HCC65 0,HCC66 0,HCC67 1,HCC68 1,HCC69 1,HCC70 0,HCC71
0,HCC72 0,HCC73 1,HCC74 1,HCC75 1,HCC76 0,HCC77 1/;

```

```

parameter blo(j) j bolgesindeki saglik ocaginin kan
gruplama hizmeti var mi
/HCC1 1,HCC2 0,HCC3 0,HCC4 1,HCC5 0,HCC6 0,HCC7 0,HCC8
0,HCC9 0,HCC10 0,HCC11 0,HCC12 1,HCC13 1,HCC14 0,HCC15
1,HCC16 0,HCC17 0,HCC18 0,HCC19 0,HCC20 0,HCC21 1,HCC22
1,HCC23 0,HCC24 0,HCC25 1,HCC26 1,HCC27 1,HCC28 0,HCC29
0,HCC30 0,HCC31 1,HCC32 1,HCC33 0,HCC34 1,HCC35 0,HCC36
1,HCC37 1,HCC38 0,HCC39 0,HCC40 0,HCC41 1,HCC42 1,HCC43
1,HCC44 0,HCC45 1,HCC46 1,HCC47 0,HCC48 1,HCC49 0,HCC50
0,HCC51 0,HCC52 0,HCC53 1,HCC54 1,HCC55 1,HCC56 0,HCC57
0,HCC58 0,HCC59 0,HCC60 0,HCC61 1,HCC62 0,HCC63 0,HCC64
0,HCC65 0,HCC66 0,HCC67 1,HCC68 1,HCC69 1,HCC70 0,HCC71
1,HCC72 0,HCC73 1,HCC74 1,HCC75 1,HCC76 0,HCC77 1/;

parameter vac(j) j bolgesindeki saglik ocaginin asilama
hizmeti var mi
/HCC1 0,HCC2 1,HCC3 1,HCC4 1,HCC5 1,HCC6 1,HCC7 1,HCC8
1,HCC9 1,HCC10 1,HCC11 1,HCC12 1,HCC13 1,HCC14 1,HCC15
0,HCC16 1,HCC17 1,HCC18 0,HCC19 1,HCC20 0,HCC21 0,HCC22
1,HCC23 1,HCC24 1,HCC25 1,HCC26 1,HCC27 1,HCC28 1,HCC29
1,HCC30 1,HCC31 0,HCC32 0,HCC33 1,HCC34 0,HCC35 1,HCC36
1,HCC37 1,HCC38 1,HCC39 1,HCC40 1,HCC41 0,HCC42 0,HCC43
1,HCC44 1,HCC45 1,HCC46 1,HCC47 1,HCC48 1,HCC49 1,HCC50
1,HCC51 1,HCC52 1,HCC53 0,HCC54 0,HCC55 0,HCC56 0,HCC57
1,HCC58 1,HCC59 1,HCC60 1,HCC61 1,HCC62 1,HCC63 1,HCC64
1,HCC65 1,HCC66 1,HCC67 0,HCC68 0,HCC69 1,HCC70 1,HCC71
1,HCC72 1,HCC73 1,HCC74 0,HCC75 1,HCC76 1,HCC77 1/;

parameter dis(i,j);
$call GDXXRW transportationcosts.xlsx trace=3 par=dis
rng=Sayfal!a1
$GDXIN transportationcosts.gdx
$LOAD dis
$GDXIN

display dis;

parameter ab(i,j);
$call GDXXRW distances.xlsx trace=3 par=ab
rng=Sayfal!a1
$GDXIN distances.gdx
$LOAD ab
$GDXIN

display ab;

```

```

parameter p(n) her n nin cezasi
/p1 45,p2 0,p3 5,p4 0,p5 5,p6 0,p7 5,p8 0,p9 0,p10 14,p11
5,p12 0,p13 5,p14 0,p15 9,p16 0,p17 9,p18 0/;

parameter norm(n) her n nin normalizasyonu
/p1 1852440,p2 1852440,p3 18,p4 18,p5 30,p6 30,p7
100000,p8 100000,p9 1000000,p10 1000000,p11 30,p12 30,p13
30,p14 30,p15 30,p16 30,p17 30,p18 30/;

parameter rang /0/;

variables
obj
x(j)
z(i,j)
d(n);

binary variables x      eger j bölgesine bir saglik ocagi
                        yerlestirirsek,
                        z      eger i dugumundeki insanlar j
                        bölgesindeki saglik ocagindan hizmet
                        alirsa
                        ;

equations
objective,constraint1,constraint2,constraint4,constraint3,
constraint5,constraint6,constraint7,constraint8,constraint
9,constraint10,constraint11,constraint12,constraint13,cons
traint14,constraint15;

objective.. obj =e= sum(n,p(n)*d(n)/norm(n));
constraint1(i)..sum(j, z(i,j))=l= 1 ;
constraint2..sum(j, x(j))=l=60;
constraint3(j)..k(j)=g= sum(i, ab(i,j)*z(i,j)*h(i));
constraint4(i,j)..x(j)=g= ab(i,j)*z(i,j);
constraint5.. sum ((i,j), ab(i,j)*h(i)*z(i,j))+d('p1')-
d('p2')=e=1852440*(1+rang);
constraint6..sum((j),x(j)*sol(j))+d('p3')-d('p4')
=e=18*(1+rang);
constraint7..sum((j),x(j)*bas(j))+d('p5')-d('p6')
=e=30*(1+rang);
constraint8..sum(j,x(j)*c4w(j))+d('p7')-d('p8')
=e=100000*(1+rang);
constraint9..sum(j,x(j)*sc(j))+sum((i,j),z(i,j)*h(i)*.5)+
sum ((i,j),z(i,j)*h(i)*dis(i,j)*.3/1000)+

```

```

d('p9')-d('p10') =e=1000000*(1-rang);
constraint10(n)..d(n)=g=0;
constraint11(i,j)..ab(i,j)=g= z(i,j);
constraint12..sum(j,x(j)*net(j))+d('p11')-
d('p12')=e=30*(1+rang);
constraint13..sum(j,x(j)*lab(j))+d('p13')-
d('p14')=e=30*(1+rang);
constraint14..sum((j),x(j)*blo(j))+d('p15')-d('p16')
=e=30*(1+rang);
constraint15..sum((j),x(j)*vac(j))+d('p17')-d('p18')
=e=30*(1+rang);

OPTION RESLIM = 5000;

model mcp /all/;

solve mcp using MIP minimizing obj;

execute_unload "resultspinar.gdx" z.L x.L d.L d.M
execute 'gdxxrw.exe resultspinar.gdx var=x.L'
execute 'gdxxrw.exe resultspinar.gdx var=z.L'
execute 'gdxxrw.exe resultspinar.gdx
var=d.L rng=Sheet2!a1'
execute 'gdxxrw.exe resultspinar.gdx
var=d.M rng=Sheet2!a63'

```