

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**EVDE BAKIM HİZMETLERİNİN DEĞİŞKEN KOMŞULUK
ARAMA ALGORİTMASI İLE ÇİZELGELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TUBA ÖZBAY

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2017

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**EVDE BAKIM HİZMETLERİNİN DEĞİŞKEN KOMŞULUK
ARAMA ALGORİTMASI İLE ÇİZELGELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TUBA ÖZBAY

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2017


KABUL VE ONAY SAYFASI

Tuba ÖZBAY tarafından hazırlanan "EVDE BAKIM HİZMETLERİNİN DEĞİŞKEN KOMŞULUK ARAMA ALGORİTMASI İLE ÇİZELGELENMESİ" adlı tez çalışmasının savunma sınavı tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Doç. Dr. Özcan MUTLU

.....

Üye
Doç. Dr. Gültekin ÖZDEMİR

.....

Üye
Yrd. Doç. Dr. Olcay POLAT

.....

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ~~20/09/2017~~ tarih ve ~~37/34~~... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....

Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**Bu tez çalışması Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından 2016FEBE034
nolu proje ile desteklenmiştir.**

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

TUBA ÖZBAY

ÖZET

EVDE BAKIM HİZMETLERİNİN DEĞİŞKEN KOMŞULUK ARAMA ALGORİTMASI İLE ÇİZELGELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TUBA ÖZBAY

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI:DOÇ.DR. ÖZCAN MUTLU)

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2017

Evde Bakım Hizmetleri (EBH) hasta, engelli ya da yaşlanma sebebi ile kendi bakımını yapamayan kişilerin enjeksiyon, rehabilitasyon, fizyoterapi vb. sağlık ihtiyaçları ile alışveriş, temizlik, yemek, vb. kişisel ihtiyaçlarının kendi evlerinde karşılanmasıdır.

EBH'den istenen faydanın sağlanabilmesi için iyi bir çizelgeleme yapılması gerekmektedir. EBH'nin çizelgeleme problemi (EBHÇP), hastaların ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde uygun sağlık personelinin ve/veya ekipmanların atanmasını kapsamaktadır. İyi bir çizelgeleme hasta sayısının ve memnuniyetlerinin artmasının yanı sıra maliyetlerin de azalmasına neden olacaktır.

Bu çalışmada EBHÇP için bir matematiksel model önerilmiştir. Problemden günlük hasta ziyaretleri için çizelgeler ve rotalar belirlenmektedir. Tedavinin gereği olarak hastalar belli zaman aralıklarında ziyaret edilmesi gerekmektedir. Problemden üç amaç ele alınmıştır: günlük ziyaret edilecek hasta sayısını maksimum yapmak, hemşirelerin bekleme sürelerini ve toplam seyahat mesafesini minimum yapmaktır. Küçük çaplı problemlerin çözümü için GAMS kodu geliştirilmiştir. Bu problem zaman pencereli çoklu gezgin satıcı probleminin (MTSPTW) özel bir hali olduğundan NP zor sınıfında yer almaktadır. Bu nedenle büyük çaplı problemlerin çözümü için Değişken Komşuluk Arama (DKA) algoritması kullanılmıştır. Algoritmanın performansı farklı örnek problemler üzerinde test edilmiş ve tüm test problemleri için oldukça iyi sonuçlar elde edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Evde Bakım Hizmeti, Çizelgeleme ve Rotalama, Değişken Komşuluk Arama

ABSTRACT

HOME HEALTH CARE SERVICES SCHEDULING WITH VARIABLE NEIGHBORHOOD SEARCH ALGORITHM

MSC THESIS

TUBA ÖZBAY

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

INDUSTRIAL ENGINEERING

(SUPERVISOR:DOÇ.DR. ÖZCAN MUTLU)

DENİZLİ, AUGUST 2017

Home Health Care (HHC) provides health cares such as injections, rehabilitation, physiotherapy, etc. and personal cares such as shopping, cleaning, food, etc. to patients, disabled, or aged people in their homes.

In order to get the desired benefit from HHC, a good scheduling is needed. HHC scheduling problem (HHCSPP) involves the the assignment of appropriate health personnel and / or equipment to meet the needs of the patients. The constant increase in demand for HHC makes it necessary to use limited resources more efficiently. A good scheduling will result in an increase in the numbers of patient and their satisfactions as well as a reduction in costs.

In this study, a mathematical model for the HHCSPP is proposed. In the model, daily schedules and routes for patient visits are determined. Each patients should be visited at the specified time intervals due to the treatment requirement. Three objectives are to maximize the number of patients to be visited on a day, to minimize the waiting time of the nurses and the total travel distance. GAMS code is developed to the small size problem. Since the problem is a special case of multiple travelling salesman problem with time window (MTSPTW), it is NP hard. Variable Neighborhood Search (DKA) algorithm is used to solve large-scale problems. The algorithm is tested on different instances and very good results obtained for all instances.

KEYWORDS: Home Health Care, Scheduling and Routing, Variable Neighborhood Search

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. EVDE BAKIM HİZMETLERİ.....	3
2.1 Evde Bakım Hizmetlerinin Tarihiçesi	3
2.2 Evde Bakım Hizmeti Talebinin Nedenleri	6
2.3 Evde Bakım Hizmetleri Kapsamında Verilen Hizmetler	8
2.4 Evde Bakım Hizmetlerinin Avantajları ve Dezavantajları.....	10
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	12
3.1 Evde Bakım Hizmetleri Çizelgeleme ve Rotalama Problemi	12
3.2 Problemlerin Sınıflandırılması	14
3.3 Literatürdeki Evde Bakım Hizmetleri Çizelgeleme Problemleri	19
4. DEĞİŞKEN KOMŞULUK ARAMA.....	30
4.1 DKA Algoritmasının Adımları.....	31
4.1.1 Başlangıç adımı.....	32
4.1.1.1 Komşuluk yapıları.....	33
4.1.1.2 Başlangıç çözümünün bulunması.....	33
4.1.1.3 Durma koşulunun belirlenmesi	33
4.1.2 Karıştırma	33
4.1.3 Yerel arama.....	34
4.1.4 Hareket et ya da dur	35
4.1.5 Çeşitlendirme	35
4.2 DKA Algoritmasının Türleri	35
4.2.1 Temel değişken komşuluk arama	36
4.2.2 Değişken komşuluk iniş arama	36
4.2.3 İndirgenmiş değişken komşu arama	36
4.2.4 Genel değişken komşuluk arama	37
4.2.5 Ayrıştırılmalı değişken komşuluk arama	37
4.2.6 Esnek değişken komşuluk arama	37
4.2.7 Paralel Komşuluk Ayrıştırma Arama	38
5. MATEMATİKSEL MODEL	39
5.1 Problemin Varsayımları.....	39
5.2 Matematiksel Model.....	40
5.3 Örnek Problem.....	47
5.4 Problemin Değişken Komşuluk Arama Metodu ile Çözülmesi	49
5.5 Deneysel Sonuçlar	54
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	58

7. KAYNAKLAR	60
8. EKLER	70
EK A: Test problemlerinin DKA ile çözümleri.....	70
9. ÖZGEÇMİŞ	76

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.1: DKA algoritmasının temel adımları	32
Şekil 5.2: Evde bakım hizmetinin şebeke olarak gösterilmesi.....	40
Şekil 5.3. Hemşirelerin güzergâhları.....	48
Şekil 5.4: Komşuluk yapıları	50
Şekil 5.5 Sarsım mekanizması	53

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1: Ülkelerin 65 yaş ve üzeri nüfusun yıllara göre yüzdelerle değişimleri	7
Tablo 3.2: Performans ölçütleri.....	14
Tablo 3.3: Performans ölçülerine göre yapılan çalışmalar.....	15
Tablo 3.4: EBHP kullanılan kısıtlar	16
Tablo 3.5: Modellerde kullanılan kısıtlar	17
Tablo 3.6: EBHÇRP'nin çözümünde kullanılan yöntemler.....	18
Tablo 5.7: Hastaların koordinatları, bakım süreleri ve zaman pencereleri	47
Tablo 5.8: Problemin en iyi çözüm sonuçları	49
Tablo 5.9: C101_100-10 nolu problem için gerekli veriler	54
Tablo 5.10: Önerilen DKA algoritmasına ait başlangıç çözümü	56
Tablo 5.11: C101_100_10 için DKA algoritması ile bulunan çözüm	56

SEMBOL LİSTESİ

EBH	:	Evde Bakım Hizmeti
EBHP	:	Evde Bakım Hizmeti Problemi
DKA	:	Değişken Komşuluk Arama
SHÇEK	:	Sosyal Hizmetler ve Çocuk Esirgeme Kurumu
TNSA	:	Türkiye Nüfus ve Sağlık Araştırması
EBHÇP	:	Evde Bakım Hizmetleri Çizelgeleme Problemi
EBHÇRP	:	Evde Bakım Hizmetleri Çizelgeleme ve Rotalama Problemi
DKA	:	Değişken Komşuluk Azalma
TDKA	:	Temel Değişken Komşuluk Arama
GDKA	:	Genel Değişken Komşuluk Arama
İDKA	:	İndirgenmiş Değişken Komşuluk Arama
ADKA	:	Ayrıştırılmalı Değişken Komşuluk Arama
EDKA	:	Eğri Değişken Komşuluk Arama
MTSP	:	Çoklu gezgin satıcı probleminin

ÖNSÖZ

Hazırlamış olduğum tez çalışmamda, hiçbir zaman desteğini benden esirgemeyen, sorduğum her soruya cevap veren, bilgi birikimiyle bana yol gösteren Değerli Danışman Hocam Doç.Dr. Özcan MUTLU'ya,

Tez süresinde bana sunduğu katkılar için Sayın Hocam Yrd.Doç.Dr. Olcay POLAT'a,

Bu tezin gerçekleşmesinde 2016FEBE034 numaralı proje ile destek sağlayan Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine,

Ayrıca, bugünlere gelmemi sağlayan, beni her konuda destekleyen, bana güvenen, bana inanan ve her zaman yanımda olan canım annem Ayşe ÖZBAY'a, babam Fehmi ÖZBAY'a ve kardeşim Tuğçe ÖZBAY'a en derin teşekkürlerimi sunarım.

1. GİRİŞ

Dünyada artan ve giderek yaşlanan nüfusun bir sonucu olarak sağlık hizmetlerine duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Evde bakım hizmeti (EBH) bu artan talebi karşılamak için alternatif bir sağlık sistemidir. Sağlık hizmetleri, koruyucu, tedavi edici ve rehabilitasyon hizmetleri olmak üzere üç başlıkta toplanmaktadır. EBH bu üç hizmeti destekleyen ve modern toplumlarda yaygın bir şekilde kullanılan bir hizmettir.

Sağlık alanındaki teknolojik ilerlemeler ile birlikte sağlık kurumlarında verilen pek çok hizmetin ev ortamında verilir hale gelmesi EBH'nin güçlenmesine neden olmuştur. Hastalar ve yakınları doğal olarak kendi alıştikları ortamlarda yaşamlarını devam ettirmek istemektedirler. EBH bireye kendi yaşadığı ortamda hizmet verilerek toplumdan kopmadan, bağımsız bir şekilde yaşamını sürdürebilmesi sağlanmaktadır (Çavuş 2013).

Kronik hastalıkların artması, hastanede tedavinin daha maliyetli olması ve yatak kapasitesindeki yetersizlikler, evde tedavinin hem hasta hem de hastaya yakınları tarafından daha çok tercih edilmesi EBH'ye olan talebi her geçen gün arttırmaktadır.

Ülkemizde EBH yeni yeni gelişmeye başlamaktadır. EBH ülkemizde Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı ve Belediyeler tarafından verilmektedir.

EBH'den istenen faydanın sağlanabilmesi için iyi bir planlamanın yapılması şarttır. Bu planlama, hastalara uygun sağlık personelinin ve/veya sağlık ekipmanlarının ataması, çizelgelemesi ve ziyaret rotalarının belirlenmesi gibi çok karmaşık karar problemlerini içermektedir. Bu problemler genel olarak EBH problemleri (EBHP) olarak isimlendirilmektedir. Hastaların sağlık koşullarında meydana gelen değişim, bakım hizmetlerinin çeşitliliği, bakım sürekliliğindeki değişkenlik, hasta önceliği, sağlık personelinin uzmanlık ve becerilerinin çok farklı olması EBHP'yi hem heterojen hem de dinamik bir yapıya sokmaktadır. Bu nedenle EBHP çözümü zor problemler sınıfında yer almaktadır.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde EBHP sağlık personeli çizelgelemesi, sağlık personeli ataması, ekipman ataması, rotalama, kaynak planlaması vb. çok geniş bir yelpazede ele alınmaktadır (Taşdelen 2012). Çözüm yöntemleri incelendiğinde küçük problemler için tam sayılı modellerin, büyük çaplı problemler için sezgisel algoritmalar kullanılmaktadır.

Bu çalışmada EBH çizelgeleme ve rotalama problemi (EBHÇRP) için matematiksel model geliştirilmiştir. Problemden günlük hasta ziyaretleri için hemşire atamaları ve hemşirelerin rotaları belirlenmektedir. Hasta ziyaretleri belirlenirken üç amaç dikkate alınmıştır: i) mümkün olduğunca daha fazla hastaya bakım hizmeti vermek, ii) hemşirelerin gereksiz beklemelemlerini azaltmak ve iii) hemşirelerin ziyaretler için kat edecekleri toplam mesafeleri azaltmak. Bu problem zaman pencereli çoklu gezgin satıcı probleminin özel bir hali olduğundan büyük çaplı problemleri çözmek için değişken komşuluk arama (DKA) algoritması kullanılmıştır.

2. EVDE BAKIM HİZMETLERİ

Evde bakım hizmetleri, hastane tedavisinin destekleyici ve devam ettirici faaliyeti olup, ev ziyaretleri temeline dayalı bir sağlık hizmeti sağlamaktadır (Karabağ, 2007). Teknolojik ve tıbbi gelişmeler, ilerleyen yaşam ömrü ile birlikte yaşlı nüfusu da artmıştır. Yaşlanma kavramı genel olarak biyolojik bir süreçtir ve bireyde enerji azalması olarak nitelendirilmiştir (Güleç, 2011). Yaşı epeyce ilerlemiş bireylerin, günlük yaşam aktiviteleri fonksiyonlarındaki azalma oranı, yaşla birlikte belirgin bir şekilde artmakta ve yaşlılığın getirmiş olduğu enerji düşüklüğü sebebi ile kısıtlı hareket etmektedirler. Olumsuz koşulların etkisini azaltabilmek ve bakımlarının devamlılığı için önleyici ve tedavi edici müdahaleler oldukça önemlidir.

EBH, doktor, hemşire, psikolog, psikiyatrist, diyetisyen, fizik tedavi uzmanı ve bakım destek personeli gibi farklı uzmanlıkları kapsayan ve organize eden koruyucu ve tedavi edici hizmetlerini de içine alan bir kavramdır.

Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık mevzuat bilgi sistemi evde bakım hizmetleri sunumu hakkında yönetmelik EBH'yi: "Hekimlerin önerileri doğrultusunda hasta kişilere, aileleri ile yaşadıkları ortamda, sağlık ekibi tarafından rehabilitasyon, fizyoterapi, psikolojik tedavi de dahil tıbbi ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde sağlık ve bakım ile takip hizmetlerinin sunulması." şeklinde ifade etmektedir. (Resmi Gazete Tarihi: 10.03.2005, Resmi Gazete Sayısı: 25751, Madde:4d)

2.1 Evde Bakım Hizmetlerinin Tarihçesi

EBH'nin ilk uygulaması Amerika Birleşik Devletleri'nde 1700'lerin son çeyreğinde başlamıştır. ABD'de EBH sunan ilk kuruluş 1796 yılında Boston'da kurulmuştur. 1877 yılında, New York'ta bakıma muhtaç hastaların evlerine eğitimli sağlık personelleri gönderilmiştir. 1898'de Los Angeles Sağlık Bakanlığı bakıma muhtaç hastaları evlerinde ziyaret etmek üzere ücret karşılığında hemşireler çalıştırmaya başlamıştır. Böylece devlet tarafından desteklenen ilk EBH temeli atılmıştır. 1900'lü yıllarının başında, sanayileşme ile birlikte şehirlere hızlı bir göç başlamış ve insanlar sağlıksız koşullar altında yaşamak zorunda kalmıştır. Bunun sonucunda enfeksiyon

hastalıklarında büyük bir artış olmuştur. Artan hasta sayısı ve 1929 yılında başlayan büyük ekonomik kriz sonucunda EBH veren kuruluşlar kapanmıştır (Selek Öz 2010).

1930-1960 yılları arasında hastanede bakım uygulaması daha yaygın olarak kullanılmıştır. Ancak kronik hastalıklar ve yaşlı nüfusun hızla artması, hastane hizmetlerinin maliyetlerinin artmasına neden olmuş ve EBH'nin yeniden uygulamaya alınmasına neden olmuştur.

Avrupa'da birçok ülkede evde sağlık hizmeti uzun yıllardır uygulanan bir toplum hizmetidir. Hollanda, İsveç, Danimarka ve İngiltere, İskoçya gibi ülkelerde hükümetler evde sağlık ve bakım hizmetlerini sunarken bir yandan da kaliteli hizmet sunacak programları desteklemektedirler. Diğer Avrupa ülkeleri de nüfusun giderek yaşlanması sonucunda evde bakım hizmetleri konusuna daha çok önem vermeye başlamışlardır (Selek Öz 2010).

Osmanlı imparatorluğu döneminde 15. yüzyılda Fatih Sultan Mehmet'in 1470 Tarihli Vakfiyesinde yatağa düşmüş, evine doktor getirme imkânı olmayan hastalara, başvurmaları halinde doktor gönderilmesini istemiştir. (Vakıflar Genel Müdürlüğü 2010).

Türkiye'de EBH'nin tarihsel gelişimi ile ilgili kesinlik kazanmış bilgiler bulunmamaktadır. Bu sebeple sadece bazı yasalar sayesinde EBH'nin geçmişi konusunda fikir sahibi olunabilmektedir. Örneğin EBH'den yasal olarak ilk kez 24.04.1930 tarihli ve 1593 sayılı Umumi Hıfzıssıhha Kanunu'nda söz edildiği bilinmektedir. 20. yüzyılın başlarında diğer birçok ülkede olduğu gibi Türkiye'de de enfeksiyon hastalıkları yaygın, ana ve çocuk ölüm oranları yüksekti. Söz konusu kanun bulaşıcı hastalıkların evde tanı ve tedavisinin yapılması, evde hasta muayenesi ve anne çocuk gözlemi amacıyla çıkarılmıştır (Aydın 2005). Kanunda sözü edilen EBH'nin, günümüzdeki anlamdan oldukça uzak olduğu söylenebilir. Öncelikle yasa sadece evde sağlık bakımını kapsamaktadır. Evde sağlık bakımı hizmetlerinin düzenlenmesinin nedeni de bir anlamda bulaşıcı hastalığı olan insanların evlerinde karantinaya alınarak bulaşıcı hastalıkların yayılmasını önlemektir. Kanunun evde sağlık bakımı hizmetlerini düzenlemesinin bir diğer nedenini ise dönemin koşullarına uygun olarak koruyucu sağlık hizmetlerine duyulan yoğun ihtiyaç olmuştur. Evde sağlık hizmetleri

ile halkın enfeksiyon hastalıklarına karşı korunması ve ana-çocuk sağlığına yönelik önlemler alınması amacı da yasada ağırlık kazanmıştır.

Türkiye’de 1954 yılında kabul edilen 6283 sayılı Hemşirelik Kanunu, mecburi hizmet yükümlülüğü olmayan hemşirelerin, istediklerinde mesleklerini serbestçe yapabilmelerine imkân tanımıştır. Bu yasaya istinaden geçmiş yıllarda hemşirelerin “sağlık kabini” adı verilen özel işyerleri açarak, evlerde hastaların tedavilerini gerçekleştirdikleri, son yıllarda ise çok sayıda hemşirenin evde hasta bakımı kuruluşları açmaya başladıkları belirtilmektedir (Aydın 2005).

1961 tarihli 224 sayılı Sağlık Hizmetlerinin Sosyalleştirilmesi Hakkındaki Kanun ve bu kanunun çizdiği yasal çerçevede EBH ile ilgili düzenlemeler dikkat çekmektedir. Düzenlemelerdeki EBH tamamen evde sağlık bakımı hizmetlerini kapsamakta, Umum-i Hıfzıssıhha Kanunu’na göre daha geniş bir çerçeve çizmektedir.

Meydana gelen gelişmeler ile 1982 yılında Ulusal Evde Bakım Birliği kurulmuştur. Birliğin misyonu, evde bakım ve hospis hastaları için bakım kalitesini geliştirmek, hemşirelerin haklarını korumak, tüm evlerde ve hospislerdeki bakım veren bakıcı personeli etkili şekilde temsil etmek ve evde sağlık bakımının merkezine yerleştirmektir.

Özellikle 2000 yılından sonra EBH ile ilgili çok fazla yasal düzenleme yapılmıştır. Ancak bu yasal düzenlemeler arasında bakım sigortası yasasının olmaması hizmetlerin kurumsallaşması anlamında sorunlara neden olmaktadır. Türkiye’de EBH, Sosyal Hizmetler ve Çocuk Esirgeme Kurumu (SHÇEK), hastaneler, özel kuruluşlar, sivil toplum kuruluşları ve yerel yönetimler tarafından yerine getirilmektedir. Hizmetler çok başlı ve dağınık bir görünüm sergilemektedir. Sağlık Bakanlığı tarafından 444 3 833 numaralı telefon hattından Türkiye’deki tüm illeri kapsayan bir çağrı merkezi hizmet vermektedir. Ayrıca son yıllarda ya temel ya da yan faaliyet alanı olarak evde bakım hizmeti veren çok sayıda özel şirket kurulmuş ve EBH alanında özel sektörün payı hızla artmaya başlamıştır.

Türkiye’de henüz sosyal sigortalar çatısı altında oluşturulmuş bir bakım güvence sistemi bulunmamaktadır. 2007 yılında yapılan Özürlüler Şûrası’nda bakım sigortasının kurulmasına yönelik bir karar alınmıştır ve bu yönde çalışmalar devam

etmektedir. Hizmetlerin dağınıklığı, belli standartlardan yoksunluğu ve her kesime ulaşamaması, bakım sigortasının bir an önce çıkarılmasını gerektirmektedir.

Türkiye’de EBH’ye ihtiyaç duyan birey ve aileler için ulusal boyutta evde bakım sisteminin, gereken standartlarda kurulması ve evde bakım alanının sağlık ve sosyal hizmetler sistemine entegre edilmesi için çalışmalar yapmak amacıyla, 18 Ağustos 2005 tarihinde Evde Bakım Derneği kurulmuştur. Dernek, bakım sigortasının yasalaşması konusunu her fırsatta dile getirmekte, bakım sigortasının Türkiye için önemine ve acili yetine ilişkin toplantılar düzenlemektedir.

2.2 Evde Bakım Hizmeti Talebinin Nedenleri

Günümüzde sağlık alanındaki gelişmelerin sonucu olarak dünyadaki yaşlı nüfusu özellikle gelişmiş ülkelerde sürekli olarak artmaktadır.

Birleşmiş Milletler’ in 2009 yılındaki raporuna göre yaşlı nüfus oranının en yüksek olduğu ülkeler başta Avrupa ülkeleri olmak üzere, Kuzey Amerika ülkeleri ve Avustralya’dır (eyh.gov.tr – aile.gov.tr). Yapılan çalışmalar dünya genelindeki 60 yaş ve üstü nüfusun 2030 yılında 1,5 milyara, 2050 yılında 2,5 milyara ulaşacağını göstermektedir (Elevli 2012).

Ülkemizde ise, 1990 yılı nüfus sayımına göre yaşlı nüfus oranı %4,3 iken, 2000 yılında bu oran %5,6’ya çıkmıştır (Çavuş 2013). 2003 yılı nüfus sayımı incelendiğinde ülkemizde 65 yaş ve üstü nüfus oranı 6,9’dur (Bahar ve Parlar 2007). 2008 yılında gerçekleştirilen Türkiye Nüfus ve Sağlık Araştırması (TNSA) verilerine göre 60 yaş ve üstü yaşlı nüfusun 2025 yılında %9’a, 2050 yılında %17,6’ya ulaşacağı tahmin edilmektedir (Taşçı 2010).

Dünyada yaşlıların nüfus içindeki yüzdeleri ortalama olarak %8,3’tür. Avrupa Birliği’nde bu oran ortalama olarak %17,60, ülkemizde %8’dir. Tablo 2.1’de ülkelerin 65 yaş ve üzeri nüfusunun yüzdesel değişim gösterilmiştir.

Tablo 2.1: Ülkelerin 65 yaş ve üzeri nüfusun yıllara göre yüzdelik değişimleri

Ülke	1990	2000	2010	2020	2030
Türkiye	4,3	5,7	7,0	10,0	15,0
Almanya	14,9	16,2	20,7	23,0	28,1
Avusturya	14,9	15,4	17,6	19,8	24,1
İngiltere	15,7	15,8	16,4	18,7	21,2
Bulgaristan	13,0	16,2	17,5	20,9	24,2
Fransa	13,9	15,8	16,6	20,2	23,2
İspanya	13,4	16,7	16,8	19,1	22,8
İsveç	17,8	17,3	18,1	20,6	22,3
İsviçre	14,6	15,3	16,8	19,4	23,6
İtalya	14,7	18,1	20,2	22,3	25,5
Norveç	16,3	15,3	14,9	17,5	20,3
Polonya	10,0	12,1	13,5	17,3	22,5

(Kaynak: Eurostat European Commission, Nisan 2011)

EBH'ye olan eğilimin başlıca sebepleri arasında sosyal değişiklikler, toplumsal değişim, bilim ve teknolojide meydana gelen gelişmeler, sosyal haklarda meydana gelen gelişmeler, uzun dönemli kurumsal bakım hizmetlerindeki yetersizlikler, insani gerekçeler ve sağlık hizmetleri harcamalarındaki maliyet artışları sayılabilir. Evde bakım hizmetlerini öne çıkaran başlıca sosyal toplumsal sebepler;

- Kentleşme, iç ve dış göç gibi nedenlerle çekirdek aile yaşam biçiminin artması ve yaşlılara aile içerisinde bakım imkanı sunan geniş aile sayısının azalması,
- Çekirdek aile yapısının artması sunucunda yaşam alanlarının küçülmesi, ev ortamının geniş aile ortamına dolayısıyla yaşlılar için uygun olmaması,
- Gençlerin yaşlılara bakış açısı ve kuşaklar arası iletişim bozukluğu,
- Ailede yaşlıların bakımını genel olarak kadınların yapması ve kadınların maddi gerekçeler ile iş hayatına geçmek istemesi ile evde bakım sağlayacak kişinin kalmaması
- Yaşlı ve yaşlının bakıma muhtaç olması hakkında bilgi eksikliği,

şeklinde sıralanabilmektedir.

Yaşanan sosyal ve toplumsal değişimle yaşlılar, çocuklarına bakım konusunda muhtaç olmak istemediği gibi aynı zamanda da kurumda (huzurevi/bakımevi) bakım hizmeti almaktan çekinmektedirler. Bu noktada evde bakım hizmeti kavramı ile

yaşının ev ortamından ayrılmaması ve çocuklarına muhtaç olma kaygısını taşımaması yönünde fayda sağlanmaktadır.

Teknolojideki gelişmeler ile birlikte önceden sadece hastanede sunulan destekli solunum cihazına bağlama, diyalize bağlama, diyet tedavileri uygulama, radyografi ve ultrason çekme, kan alma işlemleri, nabız oksimetreleri ölçme gibi teknik hizmetler artık evde ortamında da sunulabilmektedir (Leff ve Burton 2001). Bakıma muhtaç kişilerin evlerinde sunabilen hizmetler sayesinde günlük yaşamlarını kolaylaştırılmıştır. Özel sandalyeler, ev içinde yapılan rampalar, uyumlaştırılmış tuvalet, banyo ve mutfaklar, kaldırma ekipmanları, bası yaralarını önlemek için tasarlanmış özel yataklar evde bakımda bakıma muhtaç kişinin bağımsız bir şekilde yaşamını sürdürebilmesine yardımcı olmaktadır (WHO 2008). Bu yenilikler ve teknolojideki gelişmelerle sunulan imkanlar hem evde bakımı hem de bakım hizmeti veren personelin kaliteli hizmet sunması sağlamıştır.

Sağlığa yönelik maliyetler incelediğinde yaklaşık bütçenin %50'si doğrudan bakıma muhtaçlara yapılmaktadır (<http://www.sgk.com.tr/>). Harcamalar yaş dönemine göre gruplandığında 60 yaş ve üzeri kişi başına düşen sağlık harcaması, 60 yaş altındaki kişilere göre kat ve kat fazladır. Literatürde yer alan çalışmalar EBH'nin, hastanede yapılan bakım hizmetlerine göre %25 daha düşük maliyetli olduğunu göstermektedir (Shnoor ve diğ. 2007). Azalan maliyet nedeniyle ülkeler EBH'yi yaygınlaştırmaya çalışmaktadır.

2.3 Evde Bakım Hizmetleri Kapsamında Verilen Hizmetler

EBH hasta bakımı, rehabilitasyon ve kişisel/öz bakım yanında önleyici hizmetleri de kapsayan çok yönlü uygulamalar bütünüdür. EBH hastalık, özrürlük, yaşlılık ve analık durumunda bireye ve/veya ailesine verilen her türlü desteği kapsamaktadır. Ayrıca potansiyel sorunları önlemek amacıyla evlere yapılan sosyal hizmet uzmanı ve ebe-hemşire ziyaretleri ile aile hekimliği uygulamaları evde bakım hizmetinin önleyici boyutunu oluşturmaktadır (Bulut 2001).

EBH kapsamında verilen hizmetler şunlardır:

- **Ev işleri:** Yemek pişirme, çamaşır yıkama, alışveriş yapma, ilaç alma, teknolojik cihazları kullanma gibi günlük yaşam aktiviteleri desteğidir.
- **Kişisel (Öz) Bakım:** Giyinme, soyunma, yemek yeme, gezme, ayağa kaldırma, yatırma, banyo ve tuvalet hareket ihtiyacı gibi aktivitelerdir.
- **Hemşirelik ve sağlık bakımı:** Hemşire/bakım personeli değerlendirmesi, uygulanacak bakım planını belirleme, diyaliz, solunum cihazına bağlama gibi teknoloji gerektiren hizmetler ile bakıma muhtaç kişiye ve ailesine bakım süreci hakkında bilgi verilmesidir.
- **Diğer sağlık hizmetleri:** Her türlü ilacın (oral, topikal, fitil, enjeksiyon) uygulanmasıdır.
- **Rehabilitasyon:** Fiziksel hareket programları, tedavi egzersizleri, konuşma terapisi ile yeteneklerin yeniden kazandırılması veya geliştirilmesi için hemşireler/fizyoterapistler tarafından verilen hizmetlerdir.
- **Palyatif bakım:** Hasta semptomlarının ve ilaçların müdahalesi ile yaşamın son günlerinin rahat geçirilmesine yönelik hizmetlerdir.
- **Bakım yönetimi:** Bakımın planlanması, bakım için gerekli ekipmanın sağlanması ve bakımla ilgilenen personel ile iletişim içerisinde olma gibi hizmetlerdir. (Kane 1999)

Evde bakım hizmetinden yararlanması beklenen grupları aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür:

- Yaşlılar,
- Kişisel bakıma, ağrı kontrolüne ve psikolojik desteğe ihtiyacı olan hastalar (kanser gibi),
- Yaşamının son dönemindeki kronik hastalar,
- Hareket kısıtlılığı veya günlük aktivitelerinde yardıma muhtaç hastalar,
- Kronik hastası olan yardımcıya/refakatçiye ihtiyacı olan aileler,
- Yaşam destek cihazlarına bağlı ve günlük bakım ile yaşamlarına devam eden hastalar,
- Diabet, böbrek hastalığı veya felç gibi sıkı takip gerektiren hastalar,
- Hastaneden yeni taburcu olmuş, cerrahi operasyon görmüş ve doğum yapan hastalar (Tanlı 1996).

2.4 Evde Bakım Hizmetlerinin Avantajları ve Dezavantajları

Günümüzde sağlık alanında yaşanan teknolojik gelişmeler yoğun bakım, diyabet, astım, kanser gibi pek çok bakım gerektiren durum için evde bakım olanağı sunmaktadır. EBH, hasta veya bakıma ihtiyacı olan bireylere ev ortamında kolay yaşama fırsatı sunmaktadır. Bakım hizmeti sunulacak kişiye kendi ev ortamında hizmette bulunulması kişinin kendisi ve ailesi için cazip hale gelmektedir (Göz ve Erkan 2008). EBH, bireyin ve ailesinin bakıma daha çok katılmasını sağlamaktadır.

Bakıma muhtaç kişinin hastanede diğer hastalarında bulunduğu stresli ortamda alacağı bakımı, kendi evlerinde bağımsız, rahat ve huzurlu şekilde faydalanmasını sağlamaktadır (Bulut 2001). Hastaneden taburcu edilen ve evde bakım hizmeti alan hastaların, bedensel ve ruhsal olarak genel sağlık durumlarının daha iyi, hastaneye tekrar yatışlarının daha az olduğu belirtilmektedir (Göz ve Erkan 2008). Taburcu olunduktan sonra alınan EBH ile hastane yatılı hasta servislerindeki yatak doluluk oranlarını azaltmakta ve hastaneye yatması gereken diğer hastaların daha az sıra beklemeleri sağlanmaktadır. Dolayısıyla EBH sağlık harcamalarını azaltarak ülke ekonomisine önemli katkılar sağlamaktadır.

Evde bakım hizmetleri sayesinde enfeksiyona yakalanma ihtimali de azalmaktadır. Hastane ortamında sağlanan bakımından farklı olarak evde bakımda bireye ve aileye özgü bakım planları ile bakımın daha etkin bir şekilde yürütülmesi sağlanabilmektedir (Göz ve Erkan 2008).

EBH'nin aile üzerinde olumlu yönlerinin yanı sıra bir takım olumsuz etkileri de olabilmektedir. Sürekli bir hasta ile aynı ortamda yaşamak ve onun sorumluluğunu üstelenmek aile bireyleri üzerinde psikolojik sorunlara yol açabilmektedir (Çoban 2003). Alzheimer ve demans hastaları ile yaşamak aile için çok yıpratıcı olabilmektedir. Bu noktada hastanın ailesine psikolojik destek verilmesi oldukça önemlidir. EBH sadece bakıma muhtaç hastaları değil aynı zamanda ailesine yönelik hizmetleri de kapsayan bir bütündür. Hasta açısından durumu inceleyecek olursak ailesine yük olduğu duygusuna kapılıp mutsuzluk yaşayabilmektedir. Bu sebeple, hasta ve ailesi için EBH'nin uygunluğu titizlikle incelenmelidir.

EBH verecek personelin hastanın yanında devamlı olarak bulunmaması herhangi bir acil durumda hastaya müdahale edilmesini güçleştirmektedir (Çoban 2003).

EBH sunulurken oluşan tıbbi atıklar ve bu atıkların kontrollü şekilde yok edilmesi gerekmektedir (Çoban 2003). Türkiye’de 1 Şubat 2010 tarihinde yürürlüğe giren Sağlık Bakanlığınca Sunulan Evde Sağlık Hizmetlerinin Uygulama Usul ve Esasları Hakkında Yönerge’nin 11/ç nolu maddesi ile evde sağlık hizmetleri sunumu sırasında oluşacak olan tıbbi atıkların toplanması ve muhafaza edilmesi görevi sorumlu doktora verilerek yasal bir düzenleme altına alınmıştır.

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürde EBH konusunu farklı açılardan ele alan çok sayıda çalışma yer almaktadır. Bu çalışmaları kesin bir çizgi ile birbirinden ayırmak mümkün olmamakla birlikte planlama ufkuna göre iki grup altında toplayabiliriz: i) kısa vadede örneğin günlük çizelgelerin ve rotaların belirlendiği çalışmalar, ii) orta ve uzun vadede personel planlamasını ve yönetsel faaliyetleri içeren çalışmalar (Carello ve Lanzarone 2014). Birinci gruptaki problemler Evde Bakım Hizmetleri Çizelgeleme ve Rotalama Problemi (EBHÇRP) olarak isimlendirilmektedir (Fikar ve Hirsch 2017).

3.1 Evde Bakım Hizmetleri Çizelgeleme ve Rotalama Problemi

EBHÇRP genel olarak belli bir performans ölçütünü veya ölçütlerini eniyileyecek şekilde hastalara sağlık personelinin atanması ve günlük ziyaret rotalarının belirlenmesi olarak tanımlanabilir. Bu problem aslında çoklu gezgin satıcı probleminin (MTSP) özel bir hali gibi düşünülebilir. Bu nedenle problem NP zor sınıfında yer almaktadır.

Hasta çeşidinin çok fazla olması, heşireler arasındaki farklılıklar, hizmet sürelerinin hastaya ve sağlık personeline bağlı olarak değişkenlik göstermesi, ani olarak ortaya çıkan durumlar nedeniyle belirsizliğin çok fazla olması ve dinamik bir yapıya sahip olması, yasal düzenlemelere uyma zorunluluğu gibi pek çok faktör EBHÇRP'yi klasik gezgin satıcı problemine göre çok daha zorlaştırmaktadır.

EBHÇRP için geliştirilen matematiksel modellerde pek çok kısıt dikkate alınmak zorundadır. Bu kısıtlardan bazıları aşağıda listelenmektedir.

Sağlık personeli ile ilgili kısıtlar:

1. **Uzmanlık alanları:** Sağlık personelinin uzmanlık alanları farklı olabilir. Bu nedenle atama yapılırken hastaların ihtiyaçları ile sağlık personelinin uzmanlıklarının uyumlu olması gerekir.
2. **İş yükü:** Sağlık personelinin iş yüklerinin mümkün olduğunca dengeli olması gerekir. İş yükünün değerlendirilmesinde, hasta sayısı, hastaların

özellikleri, sağlık personelinin fiziksel ve zihinsel özellikleri vb. çok sayıda faktör dikkate alınmalıdır. Sağlık personelinde, aşırı iş yüküne bağlı olarak tükenmişlik sendromu gibi sağlık problemleri oldukça yaygın bir sorundur.

Hastalar ile ilgili kısıtlar:

1. **Süreklilik:** Hastalar genellikle memnun kaldığı sağlık personelinin tercih etmektedir. Bir hastaya aynı sağlık personelinin atanması süreklilik olarak isimlendirilememektedir.
2. **Ziyaret sayısı:** Bir hastaya birden fazla ziyaret gerekebilir.
3. **Sağlık personeli sayısı:** Bazı hastalara birden fazla hemşirenin atanması gerekebilir.
4. **Zaman penceresi:** Bakımın bir gereği olarak hastalara belli bir zaman aralığında hizmet vermek gerekebilir. Örneğin iğne, pansuman vb. hizmetlerin zamanında yapılması gerekmektedir.
5. **Özel durumlar:** Hastalara daha iyi hizmet vermek için gerekli olan dil uyumu, cinsiyet uyumu gibi özel durumları kapsar.

Yasal kısıtlamalar kısıtlar:

1. **Çalışma süresi:** Sağlık personelinin yasal düzenlemelere bağlı olarak bir günde çalışabileceği süredir. Gerekli durumlarda fazla mesai uygulaması söz konusu olabilir.
2. **Çalışma zamanları:** Sağlık personelinin yasal düzenlemelere göre öğle yemeği, mola gibi zorunlu dinlenme zamanı verilmeli ve özel durumları nedeniyle gerektiğinde tercih ettiği zamanlar dikkate alınmalıdır.
3. **Yetkinlik:** Sağlık personeli sunduğu hizmetin gereği olan uzmanlığa sahip olmalıdır.

Parametreler

Matematiksel modellerin kurulması için aşağıdaki parametrelerin bilinmesi gerekmektedir.

1. Sağlık personeli sayısı
2. Hasta sayısı

3. Hasta başına ziyaret sayısı
4. Hasta başına gerekli sağlık personeli sayısı
5. Bakım Süresi
6. Seyahat Süresi
7. Sağlık personeli maliyeti
8. Zaman pencereleri

Performans Ölçütleri

EBHÇRP için geliştirilen matematiksel modellerde çok sayıda performans ölçütü kullanılmaktadır. Problemin yapısı gereği genellikle birden fazla performans ölçütü aynı anda ele alınmaktadır. Literatürde sık kullanılan performans ölçütleri Tablo 3.2’de verilmektedir.

Tablo 3.2: Performans ölçütleri

Kısaltma	Açıklama
Z	Toplam süreyi minimum yapmak (ulaşım, bekleme, hizmet verme vb.)
M	Toplam maliyeti minimum yapmak (ulaşım, personel, çizelgeleme vb.)
G	Toplam mesafeyi minimum yapmak
A	Ziyaret edilecek hasta sayısını maksimum yapmak
İYD	İş yükü dengeleme
HT	Hastaların tercih ettikleri personel tarafından hizmet almasını maksimum yapmak
PT	Sağlık personelinin tercih ettikleri hastalara atanmasını maksimum yapmak
HS	Bakım alan hasta sayısını maksimum yapmak
SS	Gerekli sağlık personeli sayısının minimum yapmak

3.2 Problemlerin Sınıflandırılması

EBHÇRP konusunda yapılan çalışmalar performan ölçütleri, kısıtlar ve çözüm yöntemlerine göre incelenmiştir.

Son yirmi yılda performans ölçütlerine göre EBHP konusunda yapılan çalışmalar Tablo3.3’de verilmektedir. EBH çok boyutlu olduğundan yapılan

çalışmalarda genellikle iki veya daha fazla performans ölçütü aynı anda kullanılmıştır. Tablo3.3’de performans ölçütü olarak toplam sürenin, toplam maliyetin, hasta ve sağlık personeli tercihlerinin en çok kullanılan performans ölçütleri olduğu görülmektedir.

Tablo 3.3: Performans ölçülerine göre yapılan çalışmalar

Makale	Z	M	G	İYD	HT	PT	HS	SS	A
Begur ve diğ. (1997)	+		+						
De Angelis (1998)							+		
Bertels and Fahle (2006)		+			+	+			
Eveborn ve diğ. (2006)		+							
Akjiratikar ve diğ., (2007)			+						
Hertz ve Lahrichi (2009)			+	+					
Bredström ve Rönnqvist (2008)			+		+	+			
Redjem ve Marcon (2015)	+								
Trautsamwieser ve Hirsch (2011)	+				+	+			
Trautsamwieser ve Hirsch (2014)	+				+	+			
Gamst ve Jensen (2012)	+	+			+	+			
Rasmussen ve diğ. (2012)		+				+			+
Hiermann ve diğ. (2015)	+								
Liu ve diğ. (2013)		+							
Allaoua ve diğ. (2013)					+				
Maya ve diğ. (2015)		+		+					
Mısır ve diğ. (2013)	+								
Rodriguez(2015)								+	
Toplam	9	8	4	3	7	6	1	1	1

EBHÇRP için geliştirilen matematiksel modellerde çok farklı kısıtlar yer almaktadır. Tablo 3.4’de EBHÇRP’de genel olarak kullanılan kısıtlar verilmektedir.

Tablo 3.4: EBHP kullanılan kısıtlar

Kısaltma	Açıklama
ZP	Zaman penceresi kısıtı
UZ	Uzmanlık alanı kısıtı
ZAT	Zaman ve hasta-personel atama ile ilgili personel / hasta tercihleri
PER	Periyot, tekrarlı programlar (belirli günler ve personel)
HZ	Hizmetler arasında zaman ilişkisi
SEK	Senkronizasyon
Gİ	Her hasta için gerekli hemşire sayısı kısıtı
ZÖ	Ziyaret önceliği kısıtı

Zaman penceresi kısıtı: Enjeksiyon, şeker ölçümü, pansuman vb. işlemlerin belli zaman aralığında yapılması zorunlu olabilir veya hastaların bakım için tercih ettikleri bir zaman aralığı olabilir. Birinci durumda zaman penceresi katıdır ve mutlaka uyulmalıdır ikinci durumda zaman penceresi yumuşaktır uyulması zorunlu olmayabilir (Bertels ve Fahle 2006).

Uzmanlık alanı kısıtı: EBH’de genellikle çok farklı ihtiyaçları olan hastalar yer almaktadır. Hemşirelerin uzmanlık alanları da farklılık gösterebilmektedir. Bu nedenle uygun hasta ve hemşire eşleşmesi yapılması gerekmektedir.

Zaman ve hasta-personel atama ile ilgili personel / hasta tercihleri kısıtı: Hastanın ziyareti sağlık personeli tarafından belirtilen zaman dilimi içerisinde olmalıdır. Hastanın sağlık personeli seçme hakkı vardır.

Periyot, tekrarlı programlar (belirli günler ve personel) kısıtı: Destekleyici veya tedavi edici sağlık hizmetleri sağlık personeli tarafından belirlenen ziyaret sıklığına göre çizelgelendirir.

Hizmetler arasında zaman ilişkisi kısıtı: Hizmetler arasında tedavi süresi ve ulaşım süresi kısıtları bulunmaktadır.

Senkronizasyon kısıtı: Sağlık personelleri arasındaki uyumdur. Birden fazla sağlık personelinin aynı hastaya hizmet vermesi durumunda belli bir zaman aralığında hastaya u

Her hasta için gerekli hemşire sayısı kısıtı: Hastanın bakım tedavisini gerçekleştirebilmek için gerekli olan personel sayısı kısıtıdır.

Ziyaret önceliği kısıtı: Bazı hastaların sağlık durumu nedeni ile sistemdeki diğer hastalara göre öncelikli olarak ziyaret edilmesi gerekli olabilir.

Tablo 3.5’de literatürde yer alan çalışmalarda kullanılan kısıtlar verilmektedir.

Tablo 3.5: Modellerde kullanılan kısıtlar

Çalışma	ZP	UZ	ZAT	PER	HZ	SEK	Gİ	ZÖ
Begur ve diğ. (1997)	+	+	+					
De Angelis (1998)							+	
Bertels ve Fahle (2006)		+			+	+		
Eveborn ve diğ. (2006) (2006)		+						
Akjiratikarl ve diğ. (2007)			+					
Hertz ve Lahrichi (2009)			+	+				
Bredström ve Rönnqvist (2008)			+		+	+		
Steeg (2008)	+	+			+			
Kergosien ve diğ. (2009)	+	+			+	+		
Redjem ve Marcon (2015)	+							
Trautsamwieser ve Hirsch (2011)	+				+	+		
Trautsamwieser ve Hirsch (2014)	+				+	+		
Gamst ve Jensen (2012)	+	+			+	+		
Rasmussen ve diğ. (2012)		+				+		+
Hiermann ve diğ. (2015)	+							
Liu ve diğ. (2013)		+						
Allaoua (2013)	+	+		+				
Mısır ve diğ. (2013)	+							
Toplam	10	9	4	2	7	7	1	1

Çözüm yöntemleri açısından problem ele alındığında rotalamanın dikkate alınmadığı durumlarda problemin çözümü için tam sayılı doğrusal programlama kullanılmıştır. Rotalamanın yer aldığı problemlerde ise genellikle metasezgisel yöntemler tercih edilmiştir.

Tablo 3.6: EBHÇRP'nin çözümünde kullanılan yöntemler

Yazarlar	Matematiksel modeller	Metasezgisel	Hibrit
Begur ve diğ (1997)		+	
De Angelis (1998)	+		
Bertels and Fahle (2006)			+
Eveborn ve diğ. (2006)			+
Akjiratikar ve diğ., (2007)		+	
Hertz ve Lahrichi (2009)	+		
Bredström (2008)			+
Steeg (2008)			+
Kergosien ve diğ. (2009)	+		
Rahim (2010)	+		
Redjem ve Marcon (2015)	+		
Trautsamwieser ve Hirsch (2011)	+	+	
Trautsamwieser ve Hirsch (2014)		+	
Gamst ve Jensen (2012)	+		
Rasmussen ve diğ. (2012)	+		
Hiermann ve diğ. (2015)		+	
Liu ve diğ (2013)		+	
Allaoua ve diğ. (2013)		+	
Mısır ve diğ. (2013)		+	
Maya ve diğ. (2014)			+
Mankowska ve diğ. (2014)	+		
Toplam	9	8	5

EBHÇRP hem personel atama hem de rotalama problemlerini aynı anda içermektedir. Bu nedenle bu problem NP zor sınıfında yer almaktadır. Matematiksel modeller sadece küçük çaplı EBHÇRP'nin çözümünde kullanılabilir, büyük çaplı problemlerin çözümünde ise sezgisel yöntemlerin kullanılması zorunludur.

Begur ve diğ. (1997), Akjiratikar ve diğ. (2007), Trautsamwieser ve Hirsch (2011), Misir ve diğ. (2013), Hiermann ve diğ. (2015), Liu ve diğ. (2013) ve Allaoua ve diğ. (2013) meta sezgisel yöntemlerin etkinliği incelemiştir.

Literatür incelendiğinde en çok uygulanan sezgisel yöntem, tabu arama algoritmasıdır. Bazı makalelerde tabu arama algoritması diğer sezgisel yöntemler ile karşılaştırılmıştır (Hansen ve Mladenović 2005).

EBHÇRP için geliştirilen çözüm yöntemlerin hangisinin daha iyi olduğu konusunda sağlıklı bir karşılaştırılma yapılamamaktadır. Çünkü literatürdeki

çalışmalarda ele alınan problemler karakteristik özellikleri açısından birbirinden çok farklılıklar göstermektedir.

3.3 Literatürdeki Evde Bakım Hizmetleri Çizelgeleme Problemleri

Begur ve diğ. (1997), hemşire atama ve çizelgeleme için çoğrafik bilgi sistemini (GIS) kullanan bir karar destek sistemi yazılımı geliştirilmiştir. Planlama yapılırken 16 haftalık geçici ana plan oluşturulmuş, haftalık planlar karma tamsayılı programlama ile günlük planlara dönüştürülmüş ve günlük ziyaretler için rotalar tassarruf algoritması ile oluşturulmuştur. Problemdede hemşireler arasında iş yüklerinin dengeli bir şekilde dağıtılması ve tur uzunluklarının minimum yapılması hedeflenmiştir. Karar destek yazılımı “what-if” analizleri yapacak şekilde tasarlanmıştır.

Borsani ve diğ. (2006) sağlık hizmetlerini iyileştirmek amacıyla kısa vadeli insan kaynakları planlaması için iki tamsayılı doğrusal model geliştirilmiştir. Birinci model hastalara hemşire ataması yapmakta, ikinci model ise yapılan atamalara göre haftalık çizelgeler oluşturmaktadır. Geliştirilen model İtalya’da iki EBH işletmesi üzerinde uygulanmıştır. Lingo paket programı ile çözülen modellerin sonuçları işletmelerin performanslarında iyileşme olduğunu göstermektedir.

Bertels ve Fahle (2006), hem katı ve esnek kısıtların yer aldığı bir evde bakım problemini ele alınmıştır. Problemin çözüümü için PARPAP adı verilen program geliştirmişlerdir. Bu yazılım doğrusal programlama, kısıt programlama ve sezgisel yöntemlerin kombinasyonunu kullanmaktadır.

Eveborn ve diğ. (2006), EBH için LAPS CARE olarak isimlendirdikleri bir karar destek yazılımı geliştirmiştir. Sistem, bilgi veri tabanları, haritalar, optimizasyon rutinleri ve rapor bileşenlerinden oluşmaktadır. Problem küme ayırma modeli olarak ele alınmış ve çözüm yöntemi olarak sürekli eşleştirme algoritması kullanılmıştır.

Akjiratikarlı ve diğ. (2007) EBH’nin çizelgelenmesi için parçacık sürü optimizasyonu (PSO) yöntemi kullanmıştır. Kapasite ve zaman pencersi kısıtları altında toplam mesafeyi minimum yapacak şekilde hemşirelerin güzergahları

bulunmuştur. Gelecekte çalışmalar için hem hemşire sayısını hem de toplam mesafeyi minimum yapmak gibi birden fazla performans ölçütünü içeren bir amaç fonksiyonu ve vardiyalı iş modeli, bakım devamlılığı ve beceri eşleştirilmesi gibi kısıtları içeren çalışmaların yapılacağı belirtilmiştir.

Burke ve diğ. (2008), hemşire çizelgelemede sezgisel sıralama ve değişken komşuluk arama algoritmalarını melezleyen bir yaklaşım önermiştir. Sezgisel sıralama, değişken komşuluk arama metodu ve geri izleme işlemlerinin kapsayan kombinasyonların tekrarlı bir şekilde kullanılmasıyla aramanın genişletilebilirliğini ve çözüm kalitesinin önemli ölçüde geliştirilebileceğini göstermişlerdir. Yirmi'den az hemşireye ait vakalarda DKA algoritmasının, genetik algoritma ile karşılaştırıldığında daha iyi zaman çizelgeleri bulduğu gösterilmiştir.

Elbenani ve diğ. (2008), evde bakım problemini içinde ilave kısıtların yer aldığı zaman pencereli çoklu araç rotalama problemini (MVRPTW) şeklinde modellenmiştir.

Hertz ve Lahrichi (2009), bazı doğrusal olmayan kısıtlar içeren bir karma tam sayılı programlama modeli önermişlerdir. Modelin amacı hastaları ziyaret etmek için minimum sürede görev yerine ulaşmak ve hemşirelerin iş yükü arasında dengeyi sağlamaktır. Bu amaçla, hemşirelerin yaptıkları ziyaret sayısını, her bir hastanın ağırlığını, hemşirelerin her bir kategoride sahip oldukları hasta sayısını ve ihtiyaç duyulan seyahatleri göz önüne alarak hemşirelerin yükü ölçülmüştür.

Bachouch ve diğ. (2010), hemşire çizelgelemede karar destek sistemi bulunmadığında görev atamanın zorlaşmaması için matematiksel model önerilmiştir. Modelin amacı, hasta bakımının kalitesini ve hemşirelik çalışmalarının kalitesini arttırmak için hemşireler arasındaki iş yükünü dengelemektir. Hemşirelerin ataması yapılırken uygunluk ve mesleki becerileri dikkate alınmış ve çözüm için LINGO paket programı kullanılmıştır.

Burke ve diğ. (2010a), hemşire çizelgeleme problemi için, farklı durumlara uyarlanabilir, yapıcı bir sezgisel model önerilmiştir. Çözüm kalitesini geliştirmek için ağgözlü yerel aramadan yararlanılmıştır. Önerdikleri modeli mevcut veri seti ile sınımlar ve çizelge oluşturulur iken yerel arama sezgiseli kullanılmasının çözüm

kalitesini daha da iyileştirdiğini belirtilmiştir. Ayrıca problem için yeni bir veri seti tanımlanmıştır.

Burke ve diğ. (2010b), çok amaçlı hemşire çizelgeleme problemi için, tam sayılı programlama ve değişken komşuluk arama algoritmasının birleşiminden oluşan melez bir model önerilmiştir. Tam sayılı programlama, yüksek ve düşük düzeyde kısıtlı problemleri çözmek için çalıştırılmış ve daha sonra bulunan çözümlerin geliştirilmesi için değişken komşu arama metodu kullanılmıştır. Yöntem Almanya'daki bir hastane için uygulanmış ve elde edilen sonuçların genetik algoritmaya göre daha iyi olduğunu belirtilmiştir.

Trautsamwieser ve Hirsch (2011), günlük personel çizelgeleme problemini zaman pencereli değişken komşuluk arama yöntemi ile modellemiştir. Modelde amaç fonksiyonu, seyahat süresini ve verimsiz geçen süreleri minimum yapmak, hemşirelerin seyahat süresini ve hemşirelerin memnuniyetsizlik düzeyini en aza indirmektedir. Uygun bir çözüme ulaşılabilmesi için çalışma saati düzenlemelerine, esnek olmayan zaman penceresine, zorunlu molalara ve hemşirelerin hastalara uygun bir şekilde atanmasına dikkat edilmesi gereği vurgulanmıştır.

Barrera ve diğ. (2012), bir ağ tabanlı yaklaşım ile problemi modellemiştir ve bu ağ üzerinden bir karma tamsayı programlama ile formüle edilmiştir. Tamsayı model iş yükünü dengelerken kaynakların sayısının optimizasyonunu kolaylaştırmaktadır. Küçük çaplı problemler matematiksel model ile kolay çözümlenebilirken, büyük problemlerde meta sezgisel yöntem kullanılmıştır.

Lanzarone ve diğ. (2012), hasta taleplerinin deterministik veya stokastik olduğu durumları dikkate alarak iş yüklerini dengeleyecek matematiksel modeller önermiştir. Kısıt olarak bakım sürekliliği, hemşire becerileri ve coğrafik alanlar kullanılmıştır. Gerçek bir vaka çalışmasından elde edilen sonuçların analizi, önerilen modellerin uygulanabilirliğini ve bunların uygulanmasından kaynaklanan faydaları göstermektedir. Stokastik programlama tekniklerinin klasik kullanımı ile hemşirelerin iş yüklerinin dengelenmesini önemli ölçüde iyileştiremediği gösterilmiştir.

Rasmussen ve diğ. (2012), zaman pencereli araç rotalama problemi olarak ele alınmış ve çözüm olarak dal sınır algoritmasını önerilmiştir. Gerçek yaşam problemleri

için kısıtlamalar ile dallanmayı uygulayan ilk çalışmadır. EBH çizelgeleme problemi için tercih parametrelerine dayanarak, farklı ziyaret kümeleme planları, ziyaret kümeleme şemalarının geliştirilmesi ve gerçek yaşam problemleri için dallanmaya uygulanabilirliği gösterilmiştir.

Nickel ve diğ. (2012) EBH planlama problemi için haftalık çizelgelemleri oluşturmaya çalışmışlardır. Uygulamada önce ana planlar belirlendikten sonra operasyonel planlar yapıldığından haftalık çizelgeler oluşturulurken benzer yol izlenmiştir. Problemlerin çözümünde meta sezgisel yöntem kullanılmıştır. Gerçek veriler ile yapılan çalışmada uyarlamalı büyük komşuluk arama metodu kullanılmıştır.

Milburn ve Spicer (2013), EBH çizelgelemeye farklı olarak uzaktan takip cihazları ile seyahat maliyeti, hemşire rotalama ve dengeli iş yükü hedefleri için meta sezgisel çözüm yaklaşımı geliştirilmiştir. Bu cihazlar bazı hastaların uzaktan takibini sağlamaktadır. Böylelikle iş yükü atamalarındaki değişkenliğin, seyahat maliyetlerinin ve hemşire tükenmişliğinin azaltılacağı öngörülmüştür.

Benzarti ve diğ. (2013), EBH çizelgeleme problemine katkıları, temel ünitelerin bölünmezliği (hastaların yaşadığı yerler vb.), insan kaynakları arasındaki iş yükü dengesi ve uyumluluk gibi kriterleri göz önüne alarak, karma bir tam sayı programlama modeli ile formüle edilmiştir. Geliştirilen formülasyon, meta sezgisel yöntem ile personel iş yükünü dengelemek ya da hastalara ulaşmak için ulaşım mesafesini en aza indirmek üzerine kurulmuştur. Problem rastgele veriler ile oluşturulmuş olup devamı için gerçek veriler üzerinde geliştirilen formülasyonun uygulanabileceği öngörüsünde bulunulmuştur.

Bard ve diğ. (2013), coğrafi bir bölge genelinde hastalara sürekli tedavi sağlamak için sağlık personellerinin haftalık programlarının hazırlamasını sağlayacak bir model önermişlerdir. Çok depolu araç rotalama problemine benzetilerek veri seti büyüklüğüne göre karşılaştırmalar yapılmıştır. Problemin yapısında hasta randevu saatleri ve ziyaret günleri planlama başlamadan önce bilinmekte olup modellerdeki çeşitlilikler arasında, tekli veya çoklu ana üsler, homojen ve heterojen personeller, öğle yemeği gereksinimleri, ulaşım ve fazla mesai için doğrusal olmayan bir maliyet yapısı bulunmaktadır.

Liu ve diğ. (2013), evde bakım şirketinin eczanesinden hastaların evlerine ilaçlar ile tıbbi cihazların ve bir hastaneden hastalara özel ilaçların ulaştırılmasından, biyo örneklerin alınmasından ve kullanılmayan ilaçların ve tıbbi cihazların hastalardan alınması ile ilgili evde bakım lojistiğinde karşılaşılan bir araç çizelgeleme problemi ele alınmaktadır. Sorun, eş zamanlı teslimat, alım ve zaman pencereleri ile, istasyondan hastaya teslimat, bir hastaneden hastaya teslimat, bir hastadan depoya alınma olmak üzere özel bir araç yönlendirme sorunu olarak düşünülebilir. Problem için hibrit bir model geliştirilip, genetik algoritma (GA) ve tabu arama (TS) metodunu önerilmiştir. Amaç, tüm güzergâhlar arasındaki azami yolculuk maliyetlerini en aza indirmek için her bir hastanın ziyaret günlerinin ve her gün için araç yollarının belirlenmesidir. Sayısal sonuçlar, önerilen yaklaşımın toplam maliyeti düşürdüğünü ve araçların iş yükü bakımından daha iyi dengede olduğunu göstermektedir.

Cappanera ve Scutellà (2013), EBH'de yer alan çeşitli karar düzeylerini birleştirmek amacıyla önceden planlanan çizelgeleme profillerini kullanarak, hizmet verecek personellerin bakım ziyareti oluşturacakları turlar belirlenmiş ve tam sayılı doğrusal programlama ile modellenmiştir.

Carello ve Lanzarone (2014), EBH'de insan ve maddi kaynakları idare etmek, kendine özgü kısıtlar (örneğin hastanın her zaman aynı hemşire tarafından gerektiren bakımın devamlılığı) ve hastaların taleplerinin değişkenliği bakımından zor bir görevdir. Belirsizlik hemşire ile hasta atama probleminin önemli bir özelliğidir ve genellikle stokastik programlama modellenmiştir. Bu soruna uygulanan yaklaşım diğer metodolojilere kıyasla (Lanzarone ve diğ. 2012), (Lanzarone ve Matta, 2012), problemi daha az hesaplama ile zamanında çözebilir ve talep değişkenliği üzerine daha az varsayımda bulunmaktadır. Talep belirsizliği ile ilgili olarak önerilen yaklaşımda, hastaların taleplerinin beklenen ve maksimum değerleri almasına izin verilmektedir. Bazı hastaların beklenen değerden daha düşük bir talep göstermesi durumunda Mattia (2012) ve Bienstock (2007) 'de önerildiği gibi her hastaya farklı talep seviyeleri getirmekle aşılabilmektedir.

Archetti ve Speranza (2014), karma tam sayılı matematiksel model ile tanımlanan araç rotalama problemlerinin çözümünde kullanılan metasezgisel yaklaşımlar karşılaştırılmıştır. Matematiksel bilgiler, birkaç farklı çizelgeleme problemine uygulanmış ve bir takım farklı yaklaşımlar içeren araştırmalar

incelenmiştir. Metasezgisel yaklaşımlar; ayrışma yaklaşımları, iyileştirme metasezgiselleri, dal ve fiyat / sınır bilgisine dayalı yaklaşımlar olmak üzere üç şekildedir. Metasezgisel yöntemlerin artışı, matematiksel programlama formülasyonlarını problemin spesifik yapısını kullanarak çözüm için en gelişmiş yazılım imkanını sunmasıdır.

Liu ve diğ. (2014), Evde bakım hizmetleri lojistiğinde karşılaşılan periyodik araç yönlendirme sorunu ele alınmıştır. Zaman pencereli kısıt ile klasik periyodik araç yönlendirme problemini modellenmiştir. Problemdeki lojistik faaliyeti talepler, ilaçların / tıbbi cihazların EBH deposuyla hastaların evleri arasında taşınması, özel ilaçların hastalara verilmesi ve hastalardan laboratuvara gönderilmesi şeklindedir. Sorun, her bir hastanın ziyaret günlerinin ve her gün için araç yollarının belirlenmesinden oluşur ve tüm güzergâhlar arasındaki maksimum güzergâh gideri maliyetlerini en aza indirmesidir. EBH problemini, periyodik zaman pencereli araç rotalama problemine benzeterek tabu arama metodu ile çizelgelenmiştir. Önerilen yaklaşımın toplam maliyeti düşürdüğünü ve araçların iş yükü bakımından daha iyi dengede olduğunu gösterilmiştir.

Mutingi ve Mbohwa (2014), çok amaçlı amaç fonksiyonuna sahip EBH problemlerinin bulanık benzetimli evrim algoritması yaklaşımı ile geliştirilebileceği önerilmiştir. Temel amaç, (i) hangi hastanın her bir çalışana atanacağı ve (ii) sağlık görevlerini yerine getirmek için her bakım verenin en iyi (kısa) yolun bulunmasıdır.. Bu yöntem ile büyük boyutlu problemle için çözümler elde edilebilmektedir.

Lanzarone ve Matta (2014), EBH'nin yüksek çeşitlilikten etkilenen çok sayıda hasta, farklı bakım kategorileri, destek personeli ve malzeme kaynaklarını yöneten karmaşık kuruluş olduğu belirtilmiştir. Etkin olmayan kaynakları, tedavi gecikmelerini ve düşük hizmet kalitesini önlemek için, EBH organizasyonlarındaki operasyonlar için sağlam kaynak planlaması çok önemlidir. Bu bağlamda problem, hastalara tekli veya çoklu personel atama koşulu altında stokastik model olarak çözülmüştür. Model hemşirelerin fazla mesaisini en aza indirirken, bakımın devamlılığı kısıtı altında atama sorununa çözüm önermektedir.

Mankowska ve diğ. (2014), EBH'de açıklanan sorunlara ilişkin hemşire performansı, maliyetler ve hizmet koşullarını optimize etmek için günlük planlama

yaklaşımı önerilmiştir. EBH için rotalama ve çizelgelemenin birlikte çözüm sağlayacağı güçlü bir sezgisel ile birlikte bir matematiksel model formülasyonu geliştirilmiştir. Modele hastaların zaman tercihleri dâhil edilmiştir. Bir hastaya aynı anda bakım veren birden fazla personelin eşzamanlı veya belirli bir zaman aralığında gerçekleştirmesi gereken hizmetleri, son planlama yaklaşımlarında dikkate alınmamıştır. Bu gibi senkronizasyon gereksinimlerini karmaşık bir çözüm sunum planına dayanarak yerine getirebilen yeni bir yöntem geliştirilmiş ve elde edilen sonuçlar ile yöntemin uygulanabilirliği gösterilmiştir.

Trautsamwieser ve Hirsch (2014), EBH'nin birçok yerde manuel olarak çizelgelenmesi nedeni ile karar destek sistemi geliştirilmiştir. Hemşirelerin dinlenme zamanlarını, en uzun süreli dinlenmelerini ve yoğunluklarını göz önünde bulundurulmuş, değişken komşuluk arama yaklaşımının çözümlerini üst sınır kabul edilerek çözüm için dal fiyat ve dal sınır çözüm yaklaşımı önerilmiştir

Yuan ve diğ. (2015), stokastik servis zamanları ve hemşire becerileri içeren EBH'nin çizelgeleme ve araç rotalama problemini ele almıştır. Sağlık personelinin hastaya geç kalması ve erken ulaşması için ceza maliyeti içeren stokstik programlama modeli geliştirilmiştir.

Fikar ve Hirsch (2015), hemşirelerin hastalara ulaşım sürelerini ve ulaşım sürelerinin minimum olmasını amaçlayarak meta sezgisel yöntemlerden Tabu Arama uygulanmıştır.

En-nahli ve diğ. (2015), EBH çizelgeleme ve rotalama problemi için karar vermeyi destekleyecek bir karma tam sayılı doğrusal programlamaya dayalı çok amaçlı bir yaklaşım önerilmiştir. Amaç, hastanın ve bakım sağlayıcıların maliyetlerini azaltırken, hasta memnuniyetini sağlayan, günlük bazda, her hemşire için uygulanabilir etkili bir çalışma planı sunulmasıdır. Önerilen modeli TSP kıyaslama veri setleri ve rastsal olarak üretilen veriler üzerinde test edilmiştir. Önerilen yaklaşımın hasta ve bakıcı tercihi ile seyahat masrafları arasında iyi dengelenmeye ulaşıldığını göstermişlerdir.

Lin ve diğ. (2015), EBH problemlerini çözmek için bakım hizmeti veren hemşirelerin haftalık programını oluşturmak için çok amaçlı bir optimizasyon

matematiksel model sunulmuştur. Devamlılık ile ilgili çeşitli kısıtlamalara tabi tutularak minimum maliyetle (gecikme maliyeti, yeniden atama maliyeti, fazla mesai maliyeti) hizmet taleplerinin karşılanması amaçlanmaktadır. Gerçek problem matematiksel olarak modellenmiş ve CPLEX ile çözülmüştür. Sürekli olmayan bakım modelinin atama modeline dâhil edilmesi fazla mesai yapılmasına izin verilmediği varsayımına göre daha iyi iş yükü dengeleme düzeyi sağlamıştır. Çözümün iyileştirilmesinde atama sonuçları yönlendirme sonucunu etkileyeceğinden, atama modeli ve yönlendirme modeli için iki aşamalı bir modelin geliştirebileceği önerilmiştir.

Rest ve diğ. (2015), farklı yeterlilik düzeylerindeki bakım personelinin, günde en az bir kez belirli hastalara ziyaret etmesi gerekliliği, atama kısıtlamaları ve sert zaman pencerelerini dikkate almışlardır. Tabu Arama tabanlı çözüm yöntemleri için zaman süreleri girdi olarak kullanılmaktadır. Personelin maksimum çalışma süresinin iki vardiyaya ayrılabilmesini, zorunlu molaların ardışık çalışma süresinde belirli bir eşiği aşarsa planlanması gerekmektedir. Amaç fonksiyonu olarak bakım personelinin toplam seyahat ve bekleme süreleri en aza indirmek olarak belirlemişlerdir.

Maya (2015), EBH'yi iki amaçlı matematiksel programla problemi olarak tanımlamışlardır. Modelde hizmet seviyesinin maksimum olması ve seyahat süresinin minimum olması hedeflenmiştir.

Cappanera ve Scutellà (2014), EBH problemlerini çözmek için özel tamsayılı doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir. Önerilen modelin daha büyük EBH örneklerini çözebilmesi için özel tasarım modeli çalışması devam etmektedir.

Liu ve diğ. (2015), mevcut araştırmalar çoğunlukla tek hemşire atama veya günlük çok hemşire atama planlamasına odaklanılmıştır. Bu sebep ile bir haftalık tıbbi ekip planlama problemi için matematiksel model desenleri tanıtılmıştır. Desende; hemşirelik türü, beceri düzeyi olmak üzere her takımın mesleki yetenekleri ve hemşire sayısı ortak karakter olarak kabul edilmiştir.

Nguyen ve diğ. (2015), EBH hemşirelerin çalışmasındaki belirsizliği göz önünde bulundurmışlardır. Hemşire-hasta atama hem de hemşire çizelgeleme ve

rotalaması için optimuma yakın çözümler bulan genetik algoritma ve matematiksel programlamayı içere bir sezgisel yöntem önermişlerdir.

Hiermann ve diğ. (2015), EBH problemini modellemek için iki aşamalı yaklaşım seçilmiştir. İlk aşama kısıt programlama teknikleri ya da rasgelelik yoluyla ilk çözümleri üretmektir. İkinci aşamada ise ilk çözümler (iteratif) dört meta sezgisel yöntem uygulanarak geliştirilmiştir. Bunlar; değişken komşuluk arama (DKA), memetik (taklitçi) algoritma, dağılım arama ve tavlama benzetimidir. Kapsamlı hesaplama yöntemleri, sonuçları karşılaştırma yaklaşımı ile gerçek örnekleri çözme yeteneğine sahip olduğunu gösterilmiştir.

Issaoui ve diğ. (2015), EBH sorununu çözmek için meta sezgisel yöntemlere dayalı değişken komşuluk iniş algoritması ve en uzun işlem süresi algoritması önerilmiştir. İlk aşamada, en uzun işlem süresi algoritmasını kullanarak atama problemi çözülmekte, ikinci aşamada, her hemşire için değişken komşuluk iniş algoritması ile seyahat mesafeleri geliştirilmektedir. Üçüncü aşama ise ikinci aşamada bulunan mesafeleri dikkate alırken, hemşiresinden memnun olmayan hastaların hemşiresini değiştirmelerini gerçekleştiren etkili bir sezgisel kullanılması amaçlanmıştır. Üç meta sezgisel yöntem kullanılarak sonuçları karşılaştırılmıştır. En etkili sonucun değişken komşuluk iniş ve en uzun işlem süresi algoritmanın birlikte kullanıldığı yöntemde olduğunu deneyler ile gösterilmiştir.

Redjem ve Marcon (2015), EBH probleminde amaç fonksiyonu hemşireler için zaman pencereleri ile kısa turun bulunması ve tüm hastaların bakımının sağlanmasıdır. Bunun için sezgisel bir yöntem geliştirilmişler ve bu yöntem hemşire rotalama sezgiseli olarak tanımlanmıştır. Problem zaman pencereli araç rotalama problemine benzetilmiştir. Bir önceki çalışmalarında karışık tam sayılı lineer programlama ile çözüm sağlanmış ve geliştirdikleri sezgisel algoritma ile karşılaştırıldığında hemşire rotalama sezgiselinin daha etkin çözüm sağladığı görülmüştür.

Rodriguez ve diğ. (2015), EBH için optimum personel sayısını bularak personel maliyetinin minimuma çekilmesi amaçlanmıştır. Problemi iki aşamada çözülmüştür. İlk aşama da gerekli personel sayısını bulunacak matematiksel modeli geliştirip, ikinci aşamada stokastik araç rotalama problemine benzeterek gerekli personel sayısı ile rotalar oluşturulmaktadır. Son olarak maliyetleri karşılaştırılarak

model sayesinde minimum olan maliyet elde edilmiştir. Yapılan çalışmada göz ardı edilen faktörlerden bölgesel coğrafi koşullar, mevsimsel faktörler gibi tahmin edilemeyen etkenler olması ile tahminleme yapmanın zorluğu belirtilmiştir.

Braekers ve diğ. (2016), iki amaçlı EBH çizelgelenmesi ve rotalanması problemi için çok yönlü yerel arama önerilmiştir. EBH planlama ve zamanlama problemi için önerdikleri modelde çalışma ve ulaşım süreleri, sert zaman penceresi moduna bağlı hemşireler, seyahat ve fazla mesai maliyetleri ile hasta tercihleri yer almaktadır. Amaç fonksiyonu, seyahat masraflarının ve hemşirelerin mesai maliyetlerinin toplamının minimize edilmesidir.

Cooper ve diğ. (2016), EBH sağlık personeli tükenmişlik sendromuna ilişkin literatürde sistematik inceleme yapılmıştır.

Liu ve diğ. (2016), öğle yemeği molası gereksinimleri dikkate alınarak gerçek bir evde bakım hemşiresinin zamanlama ve yönlendirme problemi ele alınmıştır. Üç indisli matematiksel model geliştirilerek dal değer (branch and price) algoritması ile çözüm yaklaşımı sunulmuştur. Karışık tamsayı algoritmasından daha iyi sonuç elde edildiği gösterilmiştir.

Wirnitzer ve diğ. (2016), orta vadeli EBH atama sorununu sürekliliği dikkate alarak, haftalık yinelenen planlamayı hasta ziyaret ve turlarını içerecek şekilde hemşire atama olarak tanımlanmıştır. Tüm sabit planlama kısıtlamalarını içeren ve farklı formülasyonlarda kullanılan beş yeni karışık tam sayılı programlama önerilmiştir. Sonuç olarak, hemşirelerin planlama boyunca hasta ziyaretleri turlarında bir aylık ana bir çizelge geliştirilmiştir.

Yalçındağ ve diğ. (2016a), hemşire atama, planlama ve rotalama kararları planlamasına odaklanılmıştır. Planlama stratejisine göre, hemşirelerin yeteneklerine göre her hasta için özel bakım planlaması yapılması önerilmiştir. Dört farklı matematiksel model çözüm yöntemi, bunların varyantları ve farklı seviyelerdeki esneklikleri liste halinde gösterilmiştir.

Yalçındağ ve diğ. (2016b), EBH atama probleminde seyahat sürelerini tahmin edebilmek için hemşirelerin geçmiş hizmet bakım bilgilerini kullanarak Kernel regresyon yöntemi önerilmiştir. Hemşire kapasitesi veya yetenekleri/uzmanlıkları

ihmal edilmiştir. TPS ya da en yakın komşuluk arama metodu ile çalışmanın genişletebileceği belirtilmiştir.

Fikar ve Hirsch (2017), literatür çalışması yapılarak geniş yelpazede çözüm yöntemlerini, kısıtları ve amaç fonksiyonları incelenmiştir. EBH rotalama ve planlama içermesinden dolayı geliştirilmesine ihtiyaç duyulan konu olmasına vurgu yapılmıştır.

4. DEĞİŞKEN KOMŞULUK ARAMA

Yerel arama ilk olarak Teitz ve Bart (1968) tarafından P-medyan probleminin çözümünde bahsedilmiştir (Bastı 2012). Değişken komşuluk arama metodu Hansen ve Mladenovic (1997) in yapmış olduğu çalışmada geliştirilerek ilk olarak p-medyan problemi üzerinde uygulanmıştır (Bastı 2012). Hansen ve Mladenović (2001) yerel arama yöntemine ek olarak komşuluk değiştirme algoritmasını dahil ederek detaylı çalışma yapmışlardır.

DKA, kombinatoriyal optimizasyon problemlerini çözmeyi amaçlayan bir meta sezgiseldir. Temel fikri yerel bir arama ile bir komşuluk birleşimlerinin sistematik olarak değiştirilmesidir (Liberti ve Maculan 2006). DKA yöntemi ilk önerildiği tarihten bu yana pek çok gelişme yaşamış ve birçok alanda başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Söz konusu çalışma alanlarından bazıları aşağıda verilmiştir.

- Endüstriyel uygulamalar,
- Komünikasyon konusundaki tasarım problemleri,
- Yer seçimi problemleri,
- Veri madenciliği,
- Çizelgeleme problemleri,
- Araç rotalama problemleri,
- Karma tam sayılı programlama,

Sezgisel başlangıç çözümünden başlamakta ve her adımda amaç fonksiyonu değerini iyileştirerek yerel değişiklikler yapmaktadır. Yerel değişimler ile iyileşme yapmak mümkün olmadığında ise algoritma sonlanmaktadır.

DKA yaklaşımı, başlangıç noktasından yerel minimuma ulaşmada azalan metod olarak çalışmaktadır. Daha sonra bu çözümün önceden tanımlanmış farklı komşuluklarının serisi araştırılarak, her tekrarda geçerli komşuluğun bir veya birkaç noktası, yerel azalma yöntemini çalıştırmak için başlangıç noktası olarak kullanılmaktadır. Arama eğer sadece geçerli olan çözümden daha iyi ise yeni yerel minimuma atlamaktadır.

Diğer meta sezgisellerden farklı olarak, temel DKA yaklaşımının düşüncesi basittir. Yöntem basitliğine rağmen etkilidir. DKA aşağıdaki 3 temel fikre dayanmaktadır.

1. Bir komşuluk yapısına göre elde edilen yerel minimum, diğer komşu yapılarının yerel en küçüğü olmak zorunda değildir.

2. Global minimum, mümkün olan tüm komşu yapılarına göre yerel bir minimumdur.

3. Bir veya birkaç komşu yapısına göre yerel minimumlar genellikle birbirine benzerdir.

Bu çalışmada DKA yönteminin, komşu yapılarını geliştirme, karıştırma, yerel arama ve komşu değiştirme kriteri gibi temel adımları açıklanmıştır. DKA algoritmasının söz konusu adımları, bir sonraki bölümde detaylı olarak açıklanmıştır.

4.1 DKA Algoritmasının Adımları

DKA algoritmasının adımları Şekil 4.1 'de yer almaktadır. İşleyişi izleyen alt bölümlerde anlatılmıştır.

Başlangıç

(1) N_k komşuluk yapıları kümesini seç ($k = 1, \dots, k_{max}$)

(2) x başlangıç çözümünü bul

(3) Durma koşulunu seç

Durdurma koşulu sağlanıncaya kadar ana adımları tekrarla

(1) $k = 1$ olarak al

(2) $k = k_{max}$ oluncaya kadar aşağıdaki adımları tekrarla

(a) Karıştırma: x' 'in, k . komşuluğundan, rassal olarak bir x' noktası üret

$$(x' \in N_k(x))$$

(b) Yerel arama: x' başlangıç çözümüne yerel arama metodunu uygula.

x' yerel en iyi çözümü olarak belirle

(c) Hareket et ya da dur: Eğer bu yerel en iyi daha iyi bir sonuç ise

$x = x''$ yap ve adım aynı komşulukta aramaya devam et.

Diğer durumda, $k = k + 1$ yap.

Şekil 4.1: DKA algoritmasının temel adımları

4.1.1 Başlangıç adımı

Algoritmanın başlangıç adımında, ana adımın karıştırma kısmında kullanılacak komşuluk yapısına karar verilmelidir. Ek olarak, ana adımda karıştırma ve yerel aramayı uygulamak için ilk bir çözüme ihtiyaç duyulmaktadır. Başlangıç çözümü rassal oluşturulabilir veya algoritmanın performansını olumlu etkileyecek şekilde iyi bir başlangıç çözümü kullanılabilir. Son olarak, arama algoritmasının kabul edilebilir bir sürede sona ermesi için bir durdurma koşulunun tanımlanması gerekir. Aşağıdaki bölümlerde, başlangıç bölümünde yapılan adımlar ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

4.1.1.1 Komşuluk yapıları

Birçok yerel arama tabanlı sezgiseller tek bir komşuluk yapısı kullanırken, DKA farklı komşuluk yapılarını kullanır. Komşuluk yapıları, k yüksek çıktıkça daha fazla kardinaliteye sahip olacak şekilde seçilir. Hansen ve Mladenović (2001), komşuluk yapılarını, önceden seçilmiş komşuluk yapılarının sınırlı bir kümesi olan N_k , ($k = 1, \dots, kmax$), k . komşuluk yapısındaki x 'nin çözümler kümesini ise $N_k(x)$ şeklinde tanımlamaktadır.

4.1.1.2 Başlangıç çözümünün bulunması

Problemin ilk çözümü, algoritmanın ana adımına giren girdilerin biridir. Problemin başlangıç çözümü rassal olabileceği gibi daha iyi çözümlere daha kısa zamanda ulaşmaya imkan verecek şekilde belirli bir yapı ile de oluşturulabilir.

4.1.1.3 Durma koşulunun belirlenmesi

Mevcut zamandan verimli bir şekilde yararlanmak için durma koşulu özenle ayarlanmalıdır. Algoritma en uygun çözümleri oluşturmak için yeterince uzun süre çalışmalıdır, ancak aynı zamanda herhangi bir iyileştirme yapmadan gereksiz yere devam etmemelidir. Genel olarak, kullanılan durma koşulları; izin verilen maksimum CPU zamanı, maksimum toplam iterasyon sayısı, iki iyileştirme arasındaki maksimum yineleme sayısıdır. Bu şartlardan birisi ya da daha fazlasını birlikte kullanabiliriz. Örneğin, algoritma önceden belirlenmiş bir zaman sınırına ulaşıldığında veya daha önce belirlenen bir dizi iterasyondan sonra herhangi bir iyileşme olmadığında durdurabilir. Problem yapısı ve zamanın kullanılabilirliği göre diğer durma koşulları da geliştirilebilir.

4.1.2 Karıştırma

Karıştırma, başlatma sırasında tanımlanan komşuluk yapısının incelendiği aşamadır. Geçerli k değerine, komşuluk indisine göre, bir çözüm x' , $N_k(x)$ ' den

rastgele seçilir. x' rastgele seçilmediği halde deterministik bir kuralla döngü oluşabilir. Karıştırmanın asıl amacı, görevdeki çözümde yerel minimumdan kaçmak ve yerel arama için iyi bir başlangıç noktası sağlamak için tedirginlik yapmaktır.

Ana adımdaki yerel arama, önceki adımdaki görevdekinden daha iyi çözümler üretmediğinde, k değeri artar. Yerel arama her görevde başarılı olamıyorsa, daha güçlü bir etki yaratır. Bununla birlikte, yerel arama önceki adımdaki görevdekinden daha iyi bir çözüm bulursa, k değeri 1 olarak ayarlanır ve arama, görevdeki çözüm etrafında yoğunlaştırılır ve yerel arama, görevdekine en yakın çözümlere uygulanır. Bu nedenle görevdeki çözüme yakın bölgeler keşfedilir.

Ele alınan problemin yapısına göre, daha gelişmiş ve etkili yerel arama algoritmaları veya karıştırma aşamasında belirlenenlerden farklı komşuluk yapıları kullanılabilir.

4.1.3 Yerel arama

Karıştırma aşamasında rassal olarak üretilen çözüme yerel bir arama algoritması uygulanır. k 'nin değeri, 1 veya 2 gibi olası en küçük değerlerden birine ayarlanır. Yerel arama aşamasında elde edilen sonuçlar bir öncekinden düşükse, komşuluk yapısının indeksi olan k değeri artırılır ve daha iyi bir çözüm bulana kadar prosedür tekrarlanır. Bu sayede yerel arama her seferinde önceki çözümü iyileştiremede güçlü bir etki ortaya koymuş olur.

Çözümleri x'' , x' in yakınında (x'' , $N_k(x')$) en düşük hedef fonksiyon değeri ile (en küçükleme problemi için) seçilir. x' 'nin amaç fonksiyonu değerinden düşükse, yeni çözümün mahallindeki çözümler değerlendirilir ve daha iyi bir çözüm bulana kadar prosedür tekrarlanır. Son olarak x'' çözümü ise yerel en iyi çözüm olarak belirlenir ve yerel arama sonlandırılır.

Bu yöntem kullanılabilen en basit yerel arama algoritmasıdır. Ele alınan problem göz önüne alındığında, genel algoritmayı hızlandırmak için, daha karmaşık ve verimli yerel arama algoritmaları veya karıştırma aşamasındaki farklı komşuluk yapıları kullanılabilir.

4.1.4 Hareket et ya da dur

Yerel arama, çözümleri iyileştiremediğinde komşuluk değiştirilir. DKA'da karıştırmaya ek olarak çeşitlenmenin kaynağı hareket et ya da dur'a bağlıdır. Yerel arama iyi çözümler üretmediğinden ve k arttığı zaman, karıştırma aşamasında x'' , x' 'in komşuluklarından daha yüksek değer ile seçildiğinden çeşitlilik artar. Aksi durumda, k 'ya 1 değeri atanır ve çeşitlendirme azaltılır.

4.1.5 Çeşitlendirme

Yerel arama aşamasında, iyileşme sağlanamadığı durumlarda, komşuluk yapısının değiştirilmesine çeşitlendirme denir. DKA'da çeşitlilik; komşuluk yapısının değiştirilmesi, karıştırma adımı ve sarsım stratejisidir. Yerel arama ile daha iyi bir sonuca ulaşamayıp k artırıldığında çeşitlenme artmış olur. Diğer durumda ise k 'ya 1 değeri atanır ve çeşitlenme oluşmaz (Polat ve diğ., 2015).

4.2 DKA Algoritmasının Türleri

DKA algoritmasının uygulanmasında komşuluk yapılarının belirlenmesi için farklı yaklaşımlar mevcuttur. DKA'nın değişik ihtiyaçları karşılamak amacıyla literatür taramasında karşılaşılan başlıca değişken komşuluk arama çeşitleri şunlardır:

- Temel değişken komşuluk arama, (TDKA)
- Değişken komşuluk iniş arama (DKİA)
- İndirgenmiş değişken komşuluk arama (İDKA)
- Genel değişken komşuluk arama (GDKA)
- Değişken komşuluk ayrıştırma araması (DKAA)
- Eğik değişken komşuluk arama (EDKA)
- Paralel değişken komşuluk arama (PDKA)

4.2.1 Temel değişken komşuluk arama

Komşuluk yapılarının değiştirilmesi hem deterministik hem de stokastik olarak gerçekleştirilir. DKA yaklaşımının önemli prosedürü olan karıştırma adımında gerçekleştirilen sarsım oluşturma stratejisi ile DKA algoritmasının temel adımlarının verildiği Şekil 4.1’de TDKA metodu uygulanmaktadır.

4.2.2 Değişken komşuluk iniş arama

Değişken komşuluk iniş arama (DKİA) sezgiseli, farklı yerel en iyilere sahip olabilen farklı komşuluk yapıları özelliğine dayanmaktadır. DKİA metodu, komşuluk yapılarının deterministik olarak değiştirilmesi şeklinde uygulanmaktadır. Ayrıca DKİA’da karıştırma adımı bulunmamaktadır. Her seferde x ’nin komşuluğundaki en iyi sonuç bulunmakta, eğer bulunan sonuç x ’den daha iyi ise arama aynı komşulukta devam etmektedir. Aksi halde komşuluk değiştirilmekte ve aramaya bu şekilde devam edilmektedir. Bu versiyon daha çok yerel arama yöntemi olarak kullanılmaktadır.

4.2.3 İndirgenmiş değişken komşu arama

İndirgenmiş değişken komşuluk arama (İDKA) sezgiseli kısa sürede uygun sonuçlar elde etmek amacıyla tasarlanmıştır. İDKA’da en çok zaman alan kısmı yerel aramadır. Böylece İDKA’ da yerel arama rutini tamamen kaldırılır ve onun yerine karıştırma adımında elde edilen çözüme uygulanır.

Her komşu kümesinden bir çözüm rastgele seçildiğinde ve öncekinden daha iyi olursa, arama yeni çözüme taşınır. Yani N_k komşuluğunda rassal olarak bir çözüm seçildikten sonra doğrudan başlangıç çözüm ile karşılaştırma adımına geçilir. Böylece çok hızlı bir şekilde sonuç elde edilmiş olur.

Çözüm reddedildiğinde, k artar ve arama farklı komşuluklarda devam eder. Bu yöntem, yerel aramanın zor olduğu büyük boyutlu problemlerde kolaylık sağlamaktadır.

4.2.4 Genel değişken komşuluk arama

Mladenović ve dię. (2008) sürekli global optimizasyon problemlerini çözmek amacıyla, genel değişken komşuluk arama (GDKA) sezgiselini geliştirmiştir. Farklı yerel en küçükleme kullanımına ek olarak komşuluklardaki farklı metrik fonksiyonlar kullanılmıştır. Temel odak noktası genel kısıtlı doğrusal olmayan programlama problemini çözmeye yöneliktir.

Temel değişken komşuluk arama metodundaki yerel arama adımı yerine DKA yaklaşımının uygulanmasıyla GDKA yöntemi elde edilmektedir.

4.2.5 Ayırıştırılmalı değişken komşuluk arama

Hansen ve diğ. (2001) DKA'nın büyük boyutlu problemler üzerindeki etkinliğini artırmak amacıyla ayırıştırılmalı değişken komşuluk arama (ADKA) sezgiselini önermişlerdir. ADKA, tüm problem yerine alt problemin çözüldüğü yerel arama, TDKA' ya ardışık yakınsama ve ayırıştırma metodunun entegre edilmesi ile geliştirilmiştir.

4.2.6 Esnek değişken komşuluk arama

Esnek değişken komşuluk arama (EDKA), arama alanını önceki çözüm noktasından çok uzakta tutmak için önerilmiştir. Yöntem ile x'' çözümüne ait amaç fonksiyonu değerinin yanı sıra x'' çözümünün bir önceki çözüme olan uzaklığı belirlenmektedir. Söz konusu işlem DKA'nın temel adımlarına mesafe fonksiyonunu kullanan yeni bir adımın eklenmesi ile sağlanmaktadır. Bu şekilde arama ile önceki çözümden uzak alanların da keşfedilmesine yetecek kadar uzaktaki çözümlere de yer verme sağlanmaktadır.

4.2.7 Paralel Komşuluk Ayrıştırma Arama

Seri uygulamaların yanında hesaplama yükünü karşılamak amacıyla paralel algoritmalar da kullanılmaktadır. Paralel işlemci teknolojisi ile algoritmanın veriminin arttırılması ve kaynakların etkin kullanılabilmesi sağlanmaktadır. Paralel işleme, algoritma hızını arttırmak için aynı anda birçok algoritmanın kullanıldığı durumlarda yapılır. Bu durum çözüm alanının daha iyi keşfedilmesini sağlamaktadır. İşlemci tabanlı paralelleştirme çözümü, problemi DKA tarafından bağımsız olarak çözer ve düşük maliyetli bilgisayarların bir ağ yardımıyla birleştirilmesi sonucunda çok yüksek işlem güçlerine ulaşılabilmesini sağlar. Şevkli ve Aydın (2007) DKA'nın paralelleştirilmesi için dört farklı stratejinin uygulamasını incelemişlerdir. Değerlendirilen problem için üzerinde belirli bir fonksiyon ile başlamanın etkisi olup olmadığını anlamak için sıralamalar değiştirilerek uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Polat (2017) İşbirlikli DKA yaklaşımı geliştirerek Eşzamanlı Topla-Dağıt ARP ve Bölünebilir Topla-Dağıt ARP için problemlerin etkin bir paralel algoritma ile çözülmesini sağlamıştır.

5. MATEMATİKSEL MODEL

Bu çalışmada EBHÇRP için bir matematiksel model geliştirilmiştir. Matematiksel modeli tasarlanırken gerçek hayattaki EBH uygulamalarına yakın olmasına dikkat edilmiştir. Mevcut durumda hasta veya hasta yakınları evde bakım hizmeti almak için ilgili EBH birimine başvuru yapmaktadır. Başvurunun değerlendirilmesi için hasta bir doktor tarafından ziyaret edilmektedir. Bu ziyaret sonucunda hastanın EBH'ye uygun olup olmadığı tespit edilmekte ve hastaya yapılması gereken işlemler belirlenmektedir. Daha sonra mevcut hemşireler mevcut iş yüklerini dikkate dikkate alarak hasta ziyaretlerini planlamaktadır. Yeni hastalar veya mevcut hastaların bakımlarının sona ermesine bağımlı olarak ziyaretler günlük olarak sürekli olarak güncellenmektedir.

Bu tezde günlük bazda ziyaretlerin planlandığı bir çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Evde bakım hizmetinin etkinliğini ölçmek için üç performans ölçütü (amaç) belirlenmiştir. Evde bakım hizmetlerinde en önemli amaç günlük ziyaret edilecek hasta sayısını maksimum yapmaktır. Mevcut hemşireler ile maksimum sayıda ziyaret gerçekleştirildikten sonra ikinci öncelikli amaç hemşirelerin bekleme sürelerini minimum yapmaktır. Tedavinin bir gereği olarak bazı hastaların belirlenen zaman aralığında gerekli işlemlerin yapılması gerekmektedir. Eğer hemşire zamanından önce hastaya gelmiş ise zorunlu olarak beklemektedir. Bu iki amaç sağlandıktan sonra üçüncü öncelikli amaç toplam seyahat mesafesini minimum yapmaktır.

5.1 Problemin Varsayımları

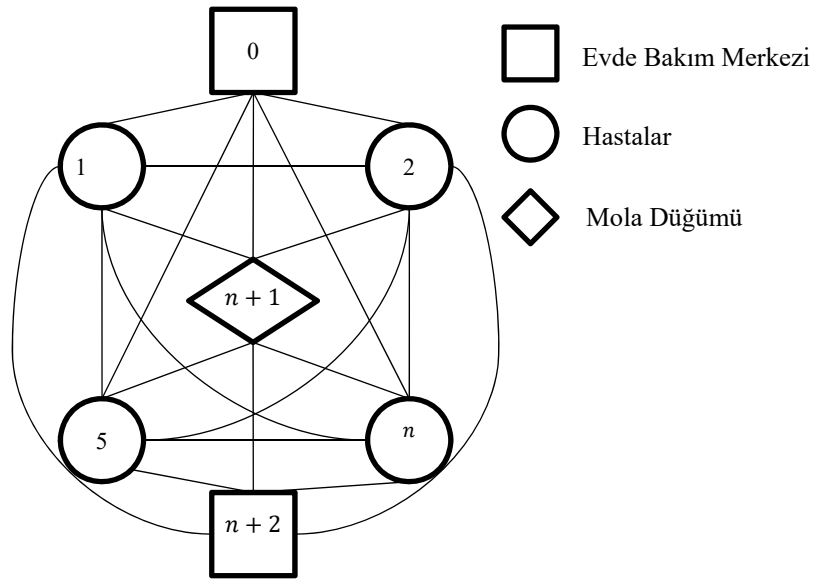
Problemin matematiksel modeli oluşturulurken aşağıdaki varsayımlar dikkate alınmıştır.

- Hasta ziyaretleri günlük olarak planlanmaktadır,
- Hemşire sayısı sabittir,
- Her hastaya en fazla bir hemşire atanabilmektedir,
- Hemşireler bilgi birikimi, tecrübe beceri olarak aynıdır ve hastaların tüm bakım ihtiyaçlarını karşılayabilmektedir,

- Hastaların bakım süreleri bilinmektedir ve hemşirelerden bağımsızdır,
- Hastalar arasında bir öncelik yoktur,
- Hastalar, bakım ihtiyaçlarına veya kişisel tercihlerine bağlı olarak belli zaman penceresi içinde ziyaret edilmek zorundadır,
- Mesai süresi 8 saattir ve fazla mesaiye izin verilmemektedir,
- Hemşireler belirtilen zaman aralığı içinde 1 saat öğle molası vermektedir,
- Düşümler arasında süreler bilinmektedir ve zaman içinde değişmemektedir.
- Hastaneden ilk çıkışlardaki beklemler dikkate alınmamıştır.

5.2 Matematiksel Model

Şekil 5.2’de EBHÇRP şebeke olarak gösterilmektedir. 0 ve $n + 2$ nolu düğümler sağlık merkezini $n + 1$ nolu düğüm mola düğümü ve $\{1, 2, \dots, n\}$ ise hastaları temsil etmektedir. Hemşireler mesailerine sağlık merkezden başlayacak, uygun bir zaman aralığında 1 saat mola verecek ve mesai saati tamamlanmadan sağlık merkezine geri gelecektir. Bu problem aslında zaman pencereli çoklu gezgin satıcı problemidir (Multiple Travelling Salesman Problem with Time Windows, MTSPTW).



Şekil 5.2: Evde bakım hizmetinin şebeke olarak gösterilmesi

Kümeler

Modelde iki temel küme bulunmaktadır.

V : Döğümler kümesi $\{0,1,2,\dots, n+2\}$

H : Hemşireler kümesi $\{1,2, \dots, s\}$

Bu kümelere ilave olarak kısıtların daha basit olarak yazılması için aşağıdaki hastalar kümesi tanımlanmıştır.

P : Hastalar kümesi $\{1, \dots, n\}$

İndisler:

i, j, k : Döğümler

s : Hemşireler

Parametreler

Bakım veya mola süresi: Hemşire bir döğüme ulaştığında eğer bu döğüm hasta döğümü ise bakım işlemini gerçekleştirecek mola döğümü ise bir saat mola verecektir.

t_i : bakım süresi veya mola süresi

Yasal mola süresi 60 dakika olduğundan tüm hemşireler için $t_{n+2} = 60$ dakika olarak tanımlanmıştır.

Seyahat süresi: İki döğüm arasındaki toplam süre. Seyahat süresi trafiğe bağılı olarak değışkenlik gösterse de bu çalışmada seyahat süresi sabit olarak alınmıştır.

d_{ij} : (i, j) döğümleri arasındaki seyahat süresi, $i, j \in V$

Hemşireler hem zamandan hem de maliyet açısından kazanç sağlamak için mola saati geldiğinde en son bakım yapılan hastanın bulunduğu konumda mola verecekler, mola için hastaneye geri gelmeyeceklerdir. Bu nedenle herhangi bir döğümden mola döğümüne olan mesafeler sıfır olarak alınmıştır.

$$d_{i,n+1} = 0 \quad \forall i \in V$$

Zaman penceresi: Bakımın bir gereği olarak hastalar belli zaman aralığında ziyaret edilmesi gerekebilir. Zaman penceresi öncesinde bir geliş söz konusu ise hemşire beklemek zorunda kalacaktır. Zaman penceresi sonrasında hasta ziyaretlerine izin verilmemektedir.

$$[e_i, l_i] : i. \text{ hasta için zaman penceresi, } i \in P$$

Benzer şekilde hemşireler öğlen molası için belirlenen zaman aralığında mola vereceklerdir.

$$[lt_1, lt_2] : \text{ Hemşirelerin öğle molası zaman penceresi}$$

Maksimum hasta sayısı: Hemşirelerde yoğun iş yükünden ve mesleğin yapısından dolayı tükenmişlik sendromu oldukça sık görülmektedir (Cooper et al., 2016). Bu nedenle, hemşirelere atanacak hasta sayısına bir sınırlama getirilmiştir.

b : Bir hemşirenin bir günde bakabileceği maksimum hasta sayısı

Karar değişkenleri

Problemde iki tip karar değişkeni yer almaktadır. Birinci tip karar değişkenleri bir hemşire atandığı hastaları ve izlediği rotayı tespit etmek için kullanılmaktadır. Bu karar değişkenleri aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$x_{i,j}^s = \begin{cases} 1, & \text{s. hemşire } i. \text{ düğümünden sonra } j \text{ düğüme giderse} \\ 0, & \text{diğer durumda} \end{cases}$$

İkinci tip karar değişkenleri bir hemşirenin herhangi bir hastaya atanıp atanmadığını takip etmek için kullanılan karar değişkenleridir. Bu değişkenler aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$y_s = \begin{cases} 1, & \text{s. hemşire en az bir hastaya atanır ise} \\ 0, & \text{diğer durumda} \end{cases}$$

Bu iki tip karar değişkenin yanı sıra hemşirelerin bekleme sürelerini tespit etmek için aşağıdaki karar değişkenlere de ihtiyaç bulunmaktadır.

a_i^s : s. hemşirenin i düğüme geliş zamanı

Eğer bir hemşire bir hastaya zaman penceresinden önce gelir ise zorunlu olarak beklemektedir. Bekleme süresini tespit etmek için aşağıdaki karar değişkenleri tanımlanmıştır.

w_i^s : s. hemşirenin i hastayı bekleme süresi

a_i^s ve w_i^s arasında şu ilişki bulunmaktadır. Eğer $a_i^s < e_i$ ise hemşirenin bekleme süresi $w_i^s = e_i - a_i^s$ olur. Diğer taraftan, zaman penceresinden sonra hastaya gelinmesine izin verilmediğinden $a_i^s \leq l_i$ koşulunun tüm hastalar için sağlanması gerekir.

Amaç fonksiyonu

Hastalara hemşire ataması yapılırken üç amaç dikkate alınmaktadır. Birinci öncelikli amaç günlük hasta sayısının maksimum yapmaktır.

f_1 : Günlük bakım hizmeti alan hasta sayısı olarak tanımlayalım.

$$f_1 = \sum_{i \in V} \sum_{j \in P} \sum_{s \in H} x_{ij}^s \quad (5.1)$$

İkinci öncelikli amaç hemşirelerin bekleme süresi minimum yapmaktır.

f_2 : Toplam bekleme süresi

Hemşirelerin günlük toplam bekleme süresi aşağıdaki gibi hesaplanır

$$f_2 = \sum_{s \in M} \sum_{i \in P} w_i^s \quad (5.2)$$

Üçüncü öncelikli amaç toplam seyahat süresinin minimum yapmaktır.

f_3 : Toplam seyahat mesafesi

$$f_3 = \sum_{s \in M} \sum_{i \in P} d_{ij} x_{ij}^s \quad (5.3)$$

Bu üç amaç arasında öncelik ilişkisi $f_1 \ll f_2 \ll f_3$ şeklindedir. Bu nedenle problemin çözümünde sözlüksel metot (lexicographic method) kullanılacaktır. Önce birinci öncelikli amaç için problem çözülerek günlük ziyaret edilecek hasta sayısı maksimum yapılacak daha sonra ikinci öncelikli amaç olan hemşirelerin bekleme süreleri minimum yapılacak ve son olarak toplam mesafe minimum yapılacaktır.

Bu üç amacı aşağıdaki gibi tek amaç fonksiyonu altında birleştirebiliriz. Toplam ziyaret edilen hasta sayısını maksimum yapmak

$$Enk z = \alpha f_1 + \beta f_2 + \gamma f_3 \quad (5.4)$$

Burada, amaç fonksiyonundaki katsayılar arasında $\alpha \gg \beta \gg \gamma$ şeklinde bir ilişki bulunmaktadır.

Kısıtlar

Her hemşire ziyaretlere 1. düğüm olan evde bakım merkezinden başlamalı ve gün sonunda yine $n + 2$. düğüm olan evde bakım merkezine geri dönmelidir. Bu kısıtlar (5.5) ve (5.6)'da matematiksel olarak ifade edilmektedir.

$$\sum_{j=1}^{n+1} x_{0,j}^s = y_s \quad \forall s \in H \quad (5.5)$$

$$\sum_{j=1}^{n+1} x_{j,n+2}^s = y_s \quad \forall s \in H \quad (5.6)$$

Eğer m . hemşire görev alacak ise $y_s = 1$ olmalıdır. Aynı zamanda bir hemşire en fazla b hastaya bakım yapmalıdır. Bu iki koşul (5.7)'deki kısıt sayesinde gerçekleştirilir.

$$\sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^n x_{i,j}^s \leq b y_s \quad \forall s \in H \quad (5.7)$$

Her hasta bir hemşire tarafından en fazla bir kere ziyaret edilmelidir. Bu kısıt (5.8)'deki gibi ifade edilir.

$$\sum_{i=0}^n \sum_{s=1}^m x_{i,j}^s \leq 1 \quad \forall j \in P \quad (5.8)$$

Eğer bir hemşire bakım hizmeti için görevlendirilmiş ise mutlaka mola vermelidir. Bu kısıt (5.9)'daki gibi ifade edilir.

$$\sum_{i=0}^n x_{i,n+1}^s = y_s \quad \forall s \in H \quad (5.9)$$

$$\sum_{i=1}^{n+2} x_{n+1,i}^s = y_s \quad \forall s \in H$$

Eğer s. hemşire i. düğümden j. düğüme gelmiş ise buradan da k. düğüme gitmek zorundadır. Bu kısıt (5.10)'daki gibi ifade edilir.

$$\sum_{i=0}^{n+1} x_{i,j}^s = \sum_{i=1}^{n+2} x_{j,k}^s \quad \forall j \in \{1,2, \dots, n+1\}, s \in H \quad (5.10)$$

Herhangi bir hemşire i. düğümünden sonra j. düğümüne gitmiş ise j. düğüme varış zamanı aşağıdaki gibi bulunur: i. düğüme varış süresi, i. düğüm için bekleme süresi, i düğümdaki kalış süresi, i ve j arasındaki seyahat süresinin toplamı j. düğüme varış zamanını verecektir. Kısıt olarak bu durum (5.11) ve (5.12)'deki gibi ifade edilir.

$$a_i^s + w_i^s + t_i + d_{ij} \leq a_j^s + M(1 - x_{i,j}^s) \quad \forall s \in H \text{ ve } i, j \in V - \{n+1\} \quad (5.11)$$

$$a_{n+1}^s + w_{n+1}^s + t_{n+1} + \sum_{k=0}^n x_{k,n+1}^s d_{kj} \leq a_j^s + M(1 - x_{n+1,j}^s) \quad (5.12)$$

$$\forall s \in H \text{ ve } j = 1, 2, \dots, n + 2\}$$

Kısıt (5.11) ve (5.12) birlikte eğer $x_{i,j}^s = 1$ ise $a_i^s \leq a_j^s$ eşitsizliğinin her zaman sağlanmasını garanti eder. Böylece, bir sonraki düğüme varış zamanı sürekli olarak arttığından hemşirenin ziyaret ettiği bir düğümü yeniden ziyaret etmesi önlenmiş olur. Bu nedenle Kısıt (5.11) ve (5.12) aynı zamanda alt turların oluşmasını da önlemektedir (Mankowska, Meisel, & Bierwirth, 2014).

Hemşirelerin bir düğüme geliş zamanı ile ilgili olarak iki farklı duruma izin verilmektedir: i) Hemşire hastaya ziyaret saatinden önce gelebilir. Bu durumda ziyaret saati gelinceye kadar beklemek zorunda olacağından $w_i^s > 0$ olur. ii) Hemşire zaman penceresi içinde gelebilir. Bu durumda bekleme zamanı $w_i^s = 0$ olur. Bu nedenle, geliş zamanı ve bekleme zamanının toplamı en erken ziyaret saatinden büyük olmak zorundadır. Diğer taraftan hemşirelerin zaman penceresinden sonra hasta gelmelerine izin verilmediğinden geliş zamanının hastayı en geç ziyaret etme saatinden küçük olmak zorundadır. Bu kısıtlar (5.13) ve (5.14)'te matematiksel olarak verilmektedir.

$$a_i^s + w_i^s \geq e_i y_s \quad \forall s \in H \text{ ve } i \in P \quad (5.13)$$

$$a_i^s \leq l_i \quad \forall s \in H \text{ ve } i \in P \quad (5.14)$$

Her hemşire $[l_1, l_2]$ aralığında bir saat öğle molası vermek zorundadır. Hasta düğümünde olduğu gibi eğer mola zamanından önce hasta bakımını tamamlamış ise mola zamanının gelmesini beklemek zorundadır. Bu kısıtlar (5.15) ve (5.16)'daki gibi yazılır.

$$a_{n+1}^s + w_{n+1}^s \geq l_1 y_s \quad \forall s \in H \quad (5.15)$$

$$a_{n+1}^s \leq l_2 \quad \forall s \in H \quad (5.16)$$

Problemde fazla mesaiye izin verilmediğinden her hemşire molalar dahil olmak üzere günde en fazla 540 dakika çalışarak evde bakım merkezine geri gelmek zorundadır. Bu durum kısıt olarak (5.17)'deki gibi ifade edilir.

$$a_{n+2}^s \leq 540 \quad \forall s \in s \quad (5.17)$$

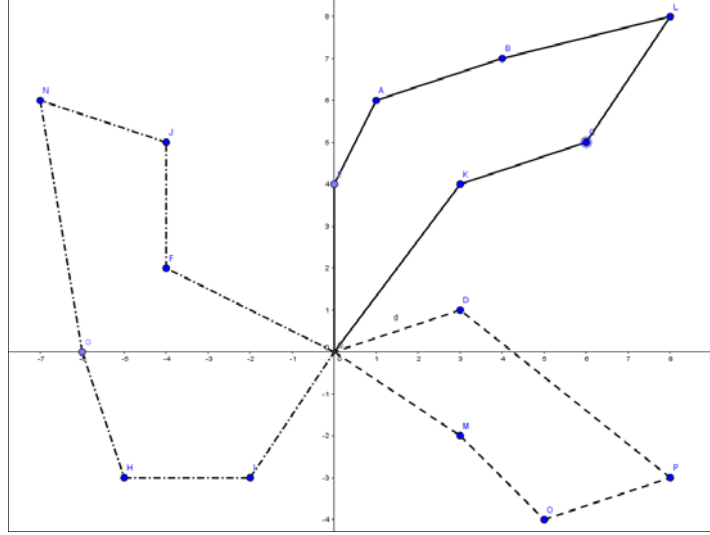
5.3 Örnek Problem

Modelin uygulamasını göstermek için 16 hasta ve 3 hemşirenin yer aldığı bir problem ele alınmıştır. Tablo 5.7'de hastaların evlerinin koordinatları, bakım süreleri ve bakım için zaman aralıkları (zaman penceresi) verilmektedir.

Tablo 5.7: Hastaların koordinatları, bakım süreleri ve zaman pencereleri

Hasta No	Koordinatlar	Bakım Süresi (dk)	Zaman Penceresi
A	(1, 6)	60	0 - 180
B	(4, 7)	75	240 - 360
C	(6, 5)	40	300 - 540
D	(3, 1)	55	300 - 540
E	(0, 4)	90	0 - 120
F	(-4, 2)	45	0 - 240
G	(-6, 0)	65	300 - 540
H	(-5, -3)	40	360 - 540
I	(-2, -3)	50	360 - 540
J	(-4, 5)	45	0 - 240
K	(3, 4)	18	0 - 540
L	(8, 8)	22	360 - 540
M	(3, -2)	36	0 - 240
N	(-7, 6)	50	0 - 540
O	(5, -4)	10	0 - 240
P	(8, -3)	28	0 - 540

Düğümler arasındaki süreler hesaplanırken Öklid uzaklıkları dikkate alınmıştır. Şehir içinde araçların ortalama 20 km hız yapacağı varsayılarak düğümler arasındaki süreler bu ortalama hıza göre hesaplanmıştır. Örnek problemin eniyi çözümü GAMS ile bulunmuştur. Şekil 5.3’de eniyi çözümde hemşirelerin izlediği güzergâhlar grafik olarak verilmektedir.



Şekil 5.3. Hemşirelerin güzergâhları

Tablo 5.8’de hemşirelerin hastalara geliş zamanı ve bekleme süreleri verilmektedir. Eniyi çözümde tüm hastalara ziyaret gerçekleştirilmiş ve hemşireler hiç bekleme yapmamıştır. Birinci hemşire sırasıyla (F,J Mola, N, G, H, I) güzergahını takip ederek 6 hastaya bakım hizmeti vermiştir. Birinci hemşirenin toplam bakım süresi 295 dakikadır. İkinci hemşire (E, A, Mola, B, L, C, K) güzergahını izleyerek 6 hastaya bakım hizmeti vermiştir. İkinci hemşirenin toplam bakım süresi 305 dakikadır. Üçüncü hemşire (M,O, Mola, P, D) güzergâhını izleyerek 4 hastaya bakım hizmeti vermiştir. Üçüncü hemşirenin toplam bakım süresi 129 dakika ve kat ettiği toplam mesafe 70,936 km’dir.

Tablo 5.8: Problemin en iyi çözüm sonuçları

Hemşire No	Hasta No	Hastaya Geliş Zamanı	Bekleme Süresi	Zaman Penceresi
1	F	118.96	0	0-240
	J	172.96	0	0-240
	Mola	217.96	0	180-240
	N	287.45	0	0-540
	G	355.70	0	300-540
	H	430.18	0	360-540
	I	479.18	0	360-540
2	E	23.29	0	0-120
	A	120.00	0	0-180
	Mola	180.00	0	180-240
	B	249.49	0	240 -360
	L	336,85	0	300 – 540
	C	369,68	0	300 – 540
	K	419,16	0	0 – 540
3	M	125.52	0	0 - 240
	O	170,00	0	0 - 240
	Mola	180.00	0	180-240
	P	249.49	0	0-540
	D	296,69	0	300-540

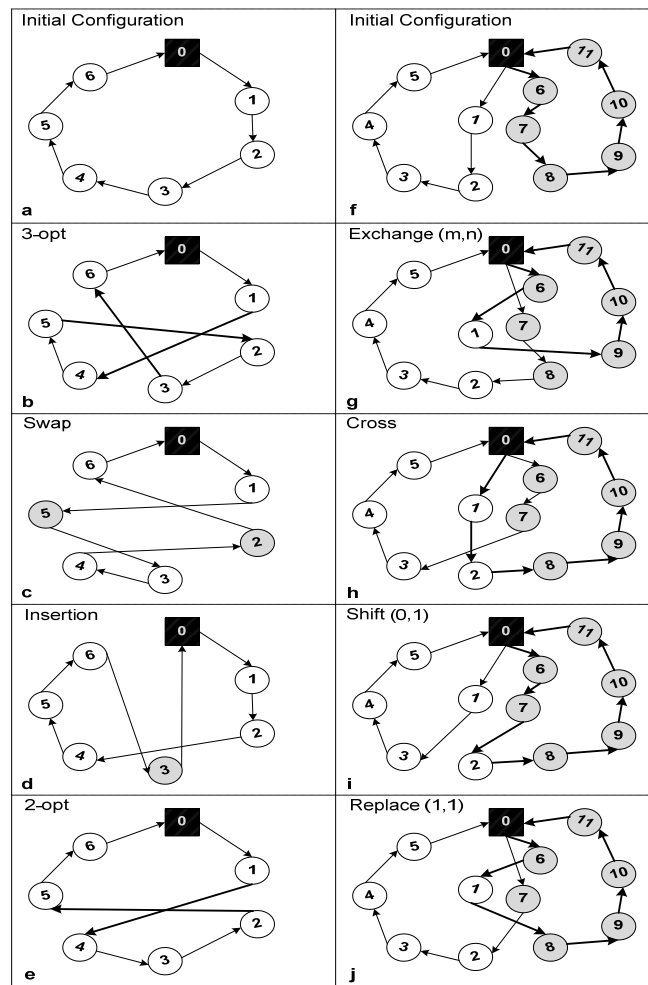
Bu küçük problemin GAMS ile çözümü 34905 saniye sürmüştür. Bu nedenle büyük çaplı problemlerin eniyi çözümlerin bulunması için çok uzun süre gerekeceği ortadadır. Bu nedenle problemin çözümü için izleyen bölümde açıklanan DKA yöntemi önerilmiştir.

5.4 Problemin Değişken Komşuluk Arama Metodu ile Çözülmesi

Bölüm 5.3'te verilen örnek problem DKA yöntemi ile çözülmüş ve GAMS ile bulunan optimum çözüm 4 saniye gibi çok kısa bir sürede elde edilmiştir. DKA algoritmasında arama çeşitliliği sağlayabilmek için yer değiştirme ve ekleme komşuluk yapısı kullanılmıştır. Bu komşuluk yapılarına ilişkin ayrıntılar aşağıda açıklanmaktadır.

Bu çalışmada rotalar-arası ve rota-içi yapılar deterministik sırayla salınım ve yerel arama adımları kullanılmıştır. Kullanılan metodolojide DKA ve DKİA'nın her ikisinde de dört rota içi [3-opt, swap, insertion, 2-opt] ve dört rotalar arası [Exchange(m,n), Cross, Shift(0,1), Replace(1,1)] yapılar bulunmaktadır. Algoritma ilk

olarak salınım adımıyla başlar ve iki rasgele alt tur seçer. Eğer bir sonraki DKA adımı bir rotalar-arası operatörü ise operatör bu seçilen alt turları rasgele uygular. Aksi takdirde bir sonraki operatör rota-içi operatör ise operatör iki alt turu da rasgele uygular. Algoritmanın DKİA adımı, salınım adımından alınan bu iki alt tur, deterministik olarak sekiz operatörün hepsi tarafından aranır. DKİA adımının sonunda DKİA' den elde edilen en iyi sonuç en iyi genel sonuçla karşılaştırılır. Hareket etme ya da durma koşulunu sağlamak için, karıştırma ve yerel arama adımlarından elde edilen geçici çözüm (x''), mevcut çözüm ile karşılaştırılır. Geçici çözümün kabul edilmesi için daha iyi çözüm sonucunu vermesi gereklidir (Polat ve diğ. 2015).



Şekil 5.4: Komşuluk yapıları

Şekil 5.4, komşuluk yapılarını göstermektedir (Polat ve diğ. 2015). Rota-içi komşuluk yapıları, 3-opt, swap, insertion ve 2-opt bir başlangıç yapılandırılmasına

göre tanımlanmaktadır. Uygulanan işlemleri detaylı açıklaması ilk iterasyon Şekil 5.4.a 'da gösterilmiştir.

3-opt operasyonu, aynı rotadaki farklı konumların bazı alt dizilerinde kaydırmaları dener. Bu örnekte, üç kenar silinir ve diğer üç kenar ile yer değiştirilir. Şekil 5.4.a 'da, bağlantılar [1,2] (hasta 1 ve 2'nin bağlantısı), [3,4] ve [5,6] rota 1' den silinmiştir ve bağlantılar [1,4], [5,2] ve [3,6] eklenmiştir (Şekil 5.4.b).

Swap, aynı rotada bulunan iki hastanın rasgele yer değişim hareketidir. Şekil 5.4.c' de hasta 2 ve 5'in ziyaretleri yer değiştirilmiştir.

Insertion, rasgele bir hasta seçer ve aynı rotada rasgele bir düğüme yerleştirir. Şekil 5.4.d' de hasta 3 seçilmiş ve 6. düğüme eklenmiştir.

2-opt sezgiseli gelişim için bağlantılardan takas çiftleri arar (Croes 1958). Şekil 2.e'de bağlantı [1,2] ve [4,5] silinmiş ve bağlantı [1,4] ve [2,5] eklenmiştir.

Exchange (m,n), Cross, Shift (0,1) ve Replace (1,1) rota içi geliştirme adımlarını temsil etmektedir, yani ağ içindeki farklı rotaları dikkate almaktadır. Şekil 5.4.f 'de bir başlangıç yapılandırılması örneği verilmiştir.

Şekil 5.4.g 'de bir rotadan (rota 1) m ardışık hasta başka bir rotaya (rota 2) transfer edilmiş ve sırayla n ardışık hasta rota 2'den rota 1'e transfer edilmiştir. Bu çalışmada m 1 ve 5 arasında rasgele seçilmiştir ve n ise m ya da m-1 den birisi rasgele seçilerek belirlenmiştir.

Cross yapısı, rotalar arasındaki basit bir çaprazlamadır. Bu yapıda, bağlantı [2,3] rota 1'den ve bağlantı [7,8] rota 2'den kaldırılmıştır. Rotaları tamamlamak için bağlantı [2,8] ve [7,3] eklenmiştir (Şekil 5.4.h).

Shift hareketi (0,1) rasgele bir hastanın bir rotadan diğerine kaydırılmasıdır. Şekil 5.4.i de hasta 2 rota 1'de rota 2'ye transfer edilmiştir.

Replace (1,1) farklı rotalardaki iki hastanın permütasyon hareketidir. Şekil 5.4.j de rota 1'den hasta 1 rota 2 den hasta 7 ile yer değiştirmiştir.

Salınım ve yerel arama adımları tarafından belirlenen geçici çözüm, değiştirilip ya da değiştirilmeyeceğine karar vermek için geçerli çözüm ile karşılaştırılır. Önerilen DKA ve DKİA içinde, geçici çözümün kabul kriteri, sadece iyi çözüme ulaşan

sonuçlar için kabul edilir. Ancak bazı durumlarda bu prosedür yerel aramanın yerel optimumuna takılmasına sebep olabilir. Bu nedenle, gelişim dışı çözümlerin kabul stratejisini kullanmak gerekir. Sarsım mekanizması, yerel optimumdan yeni daha iyi çözüm sonucuna ulaşılacak komşuluklara sıçramak için etkili bir yöntemdir. Diğer bir strateji ise yok et ve tamir et tabanlı bir sarsım mekanizmasıdır (Jun ve Kim, 2012). Daha önce belirlenen yerel en iyi çözümler, iyi tekil çözümlerin küresel ve yerel bilgileriyle birleştirilir. Çalışmamızda geliştirilmiş sarsım mekanizması (SM) metodu kullanılmıştır. Bu sarsım mekanizması son geliştirilmiş çözümden başlayarak geliştirilemeyen çözümlerin sayısı ile çalışır. Ve Şekil 5.5 'te sarsım mekanizması verilmiştir. SM çağırıldığı zaman, bir sarsım yapısı dizisinden [double replace, double cross, triple shift, triple replace ve triple cross] rasgele birisi çalışır.

Double replace rulet tekeri metoduyla seçilen aynı rotaların iki kez ardışık Replace (1,1) kombinasyonudur. Rota 1' den rasgele seçilen bir hasta rota 2'den rasgele seçilen bir hasta ile değiştirilir, sonra, rota 1'den rasgele seçilen başka bir hasta rota 2'den bir hasta ile değiştirilir. Daha sonra yerel-içi rota 1 ve rota 2'ye lokal-içi arama uygulanır, kabul limitlerine göre ulaşım süresi ve bakım süresi kontrol edilir.

Double Cross apraz değiştirmeyi uygular ve Double Replace yapısıyla benzedir.

Triple Shift yeni geliştirilmiş yerel en iyi çözümde sıçramak için yeni geliştirilmiş hızlı ve etkili bir salınım hareketidir. Rasgele bir rota seçilir (rota 1) ve farklı iki rota (rota 2 ve 3) rulet tekeri metoduna göre seçilir. Sonra shift (0,1) hareketine benzer olarak, rota 2' den rasgele bir hasta rota 1'e transfer edilir ve rota 1'den bir hasta rota 3'e transfer edilir. Çift yapılara benzer olarak, yerel-içi arama uygulandıktan sonra ulaşım süresi ve bakım süresine bakılarak kontrol edilir.

Triple Replace (1,1) hareketi kullanarak Triple Shift hareketine benzerdir.

Triple Cross, takas yapısı kullanarak Triple Shift' e benzerdir.

Lokal optimizasyonda, komşuluk-içi yapılar [3-opt, Swap, Insertion, 2-opt] deterministik sırayla z-max defa tekrar edilir. Eğer salınım yapısında kabul edilebilir bir sonuç bulunmazsa, algoritma başka bir salınım yapısı dener.

Lokal optimum noktalarına takılmayı engelleyen sarsım mekanizması Şekil 5.5'de verilmiştir.

1:	Prosedür: Sarsım Mekanizması Yaklaşımı
2:	Girdi: Parametreler ve yapılar, h_{max} , z_{max} , π^0 , AL
3:	Çıktı: π^1
4:	Başlangıç
5:	$\pi^1 \leftarrow \pi^0 + AL$;
6:	Tekrarla
7:	$z \leftarrow 1$;
8:	$\pi^5 \leftarrow \pi_r^0 \in N_r(\pi^0)$; { <i>perturb- π_r^0 rasgele sarsım yapısı r ile bozulur</i> }
9:	Tekrarla
10:	$h \leftarrow 1$;
11:	Tekrarla
12:	$\pi^6 \leftarrow \pi_h^5 \in N_h(\pi^5)$;
13:	Eğer $f(\pi^6) < f(\pi^5)$
14:	$\pi^5 \leftarrow \pi^6$, $z \leftarrow 1$, $h \leftarrow 1$;
15:	Değil ise
16:	$h \leftarrow h + 1$;
17:	Dur
18:	$h = h_{max}$ e kadar
19:	$z \leftarrow z + 1$;
20:	$z = z_{max}$ e kadar
21:	Eğer $f(\pi^5) < AL$
22:	$\pi^1 \leftarrow \pi^5$;
23:	Dur
24:	$\pi^1 < AL$ e kadar
25:	Son

Şekil 5.5 Sarsım mekanizması

h_{max} : optimizasyon yapılarının sayısı,

z_{max} : maksimum sarsım yöntemi girişimi sayısı,

n_r : sarsım yapıları dizisi,

N_h : optimizasyon yapıları kümesi,

AL : rotanın kabul limiti.

Sarsım kavramı, yerel en iyiden uzaklaşarak daha iyi sonuçlar elde edilebilecek alanlara kaymak amacıyla kullanılan etkili bir stratejidir. Genellikle uygulanan sarsım

stratejisi, bir önceki yerel en iyinin belirli bir kısmının rassal olarak değiştirilmesi şeklindedir.

5.5 Deneysel Sonuçlar

DKA'nın performansını büyük çaplı problemlerde test etmek için Solomon'un araç rotalama problemi için önerdiği veri setleri kullanılmıştır. Solomon'un veri setlerine probleme uyarlamak için zaman pencereleri ve bakım süreleri rassal olarak ilave edilmiş ve 19 adet veri seti oluşturulmuştur. Tablo 5.9'da örnek bir veri seti (C101_100_10) için hastaların koordinatları, zaman pencereleri ve bakım süreleri verilmektedir. Bu veri setinde 100 hasta ve 10 hemşire bulunmaktadır.

Tablo 5.9: C101_100-10 nolu problem için gerekli veriler

Hasta No	Kordinatlar	Zaman Penceresi	Bakım	Hasta No	Kordinatlar	Zaman Penceresi	Bakım Süresi
1	(45,68)	[0,180]	15	51	(25,30)	[180,360]	28
2	(45,70)	[0,180]	30	52	(25,35)	[180,360]	14
3	(42,66)	[0,180]	26	53	(44,5)	[180,360]	13
4	(42,68)	[0,180]	15	54	(42,10)	[180,360]	16
5	(42,65)	[0,180]	28	55	(42,15)	[180,360]	29
6	(40,69)	[0,180]	25	56	(40,5)	[180,360]	16
7	(40,66)	[0,180]	18	57	(40,15)	[180,360]	23
8	(38,68)	[0,180]	11	58	(38,5)	[180,360]	28
9	(38,70)	[0,180]	25	59	(38,15)	[180,360]	26
10	(35,66)	[0,180]	17	60	(35,5)	[180,360]	17
11	(35,69)	[0,180]	26	61	(50,30)	[240,480]	21
12	(25,85)	[0,180]	27	62	(50,35)	[240,480]	24
13	(22,75)	[0,180]	19	63	(50,40)	[240,480]	17
14	(22,85)	[0,180]	24	64	(48,30)	[240,480]	26
15	(20,80)	[0,180]	24	65	(48,40)	[240,480]	30
16	(20,85)	[0,180]	13	66	(47,35)	[240,480]	24
17	(18,75)	[0,180]	17	67	(47,40)	[240,480]	22
18	(15,75)	[0,180]	15	68	(45,30)	[240,480]	25
19	(15,80)	[0,180]	23	69	(45,35)	[240,480]	14
20	(30,50)	[0,180]	20	70	(95,30)	[240,480]	19
21	(30,52)	[120,240]	14	71	(95,35)	[240,480]	14
22	(28,52)	[120,240]	26	72	(53,30)	[240,480]	19
23	(28,55)	[120,240]	14	73	(92,30)	[240,480]	24
24	(25,50)	[120,240]	19	74	(53,35)	[240,480]	15

Tablo 5.9 Hasta verileri (Devam)

Hasta No	Kordinatlar	Zaman Penceresi	Bakım	Hasta No	Kordinatlar	Zaman Penceresi	Bakım Süresi
25	(25,52)	[120,240]	28	75	(45,65)	[240,480]	19
26	(25,55)	[120,240]	29	76	(90,35)	[240,480]	13
27	(23,52)	[120,240]	30	77	(88,30)	[240,480]	15
28	(23,55)	[120,240]	17	78	(88,35)	[240,480]	27
29	(20,50)	[120,240]	27	79	(87,30)	[240,480]	17
30	(20,55)	[120,240]	26	80	(85,25)	[360,540]	21
31	(10,35)	[120,240]	27	81	(85,35)	[360,540]	19
32	(10,40)	[120,240]	28	82	(75,55)	[360,540]	10
33	(8,40)	[120,240]	18	83	(72,55)	[360,540]	30
34	(8,45)	[120,240]	23	84	(70,58)	[360,540]	12
35	(5,35)	[120,240]	18	85	(68,60)	[360,540]	20
36	(5,45)	[120,240]	27	86	(66,55)	[360,540]	18
37	(2,40)	[120,240]	30	87	(65,55)	[360,540]	17
38	(0,40)	[120,240]	14	88	(65,60)	[360,540]	22
39	(0,45)	[120,240]	26	89	(63,58)	[360,540]	14
40	(35,30)	[120,240]	28	90	(60,55)	[360,540]	27
41	(35,32)	[180,360]	23	91	(60,60)	[360,540]	16
42	(33,32)	[180,360]	20	92	(67,85)	[360,540]	22
43	(33,35)	[180,360]	29	93	(65,85)	[360,540]	18
44	(32,30)	[180,360]	21	94	(65,82)	[360,540]	22
45	(30,30)	[180,360]	28	95	(62,80)	[360,540]	23
46	(30,32)	[180,360]	14	96	(60,80)	[360,540]	16
47	(30,35)	[180,360]	13	97	(60,85)	[360,540]	12
48	(28,30)	[180,360]	21	98	(58,75)	[360,540]	20
49	(28,35)	[180,360]	20	99	(55,80)	[360,540]	30
50	(26,32)	[180,360]	12	100	(55,85)	[360,540]	28

Geliştirilen algoritmada başlangıç çözümü için Solomon'un zaman pencereli araç rotalama problemi için oluşturduğu başlangıç çözümleri kullanılmıştır. Başlangıç çözümü 10 hemşire olduğu için 10 rota yer almaktadır. Tablo 5.10'da DKA algoritmasının başlangıç çözümü için Solomon veri setleri için literatürde yer alan bilinen en iyi çözümler başlangıç çözümü olarak alınmıştır. Hemşirelerin günlük çalışma süreleri 540 dakika olup 11:00 ile 13:00 arasında herhangi bir anda toplam 60 dakika buldukları konumda mola vereceklerdir. Solomon veri setlerinin uyarlanması sırasında hemşire sayısı kadar mola düğümü oluşturulmuştur. Tablo 5.10'da yer alan başlangıç çözümünde mola düğümleri 101 ile 110 arasında numaralanmış ve başlangıç çözümünün son düğümü olarak eklenmiştir.

Tablo 5.10: Önerilen DKA algoritmasına ait başlangıç çözümü

Rota1:	81	78	76	71	70	73	77	79	80	101				
Rota2:	57	55	54	53	56	58	60	59	102					
Rota3:	98	96	95	94	92	93	97	100	99	103				
Rota4:	32	33	31	35	37	38	39	36	34	104				
Rota5:	13	17	18	19	15	16	14	12	105					
Rota6:	90	87	86	83	82	84	85	88	89	91	106			
Rota7:	43	42	41	40	44	46	45	48	51	50	52	49	47	107
Rota8:	67	65	63	62	74	72	61	64	68	66	69	108		
Rota9:	5	3	7	8	10	11	9	6	4	2	1	75	109	
Rota10:	20	24	25	27	29	30	28	26	23	22	21	110		

Problemin çözümü için önerilen DKA algoritması MATLAB paket programı ile kodlanmıştır. Tablo 5.11’de C101_100_10 problemi için DKA algoritması ile bulunan çözümler yer almaktadır. Bu çözüme göre tüm hemşireler hasta ziyareti yapmakta ve hastaların tamamı ziyaret edilmektedir. Tablo 5.11’den hemşireler arasında iş yükü açısından çok dengeli bir dağılım olmadığı görülmektedir. 5, 6, ve 7 nolu hemşireler diğerlerine göre daha az hastaya bakım hizmeti vermektedir. Bunun nedeni hasta sayısını arttırmak için bazı hemşirelerin daha fazla ziyaret yapmasıdır. Hemşirelerin toplam bekleme sürelerinin ortalaması 30,89 dakika olup 6 numaralı hemşire 5 bakım yapmasına rağmen 74.28 dakika ile en fazla bekleme süresine sahiptir.

Tablo 5.11: C101_100_10 için DKA algoritması ile bulunan çözüm

Hemşire No	Hasta Sayısı	Bekleme Süresi	Tur Süresi (dk)
1	13	62.25	460.54
2	13	44.08	532.46
3	12	27.98	502.73
4	12	17.67	539.39
5	11	19.21	501.89
6	5	74.28	255.13
7	5	13.34	250.20
8	4	22.58	255.81
9	14	10.82	539.70
10	11	16.68	521.58

Solomon veri setlerinden oluşturulan diğer veri setleri de DKA algoritması ile çözülmüş elde edilen sonuçlar EK A’da verilmektedir. Veri setlerine ait eniyi çözümleri bilinmediğinden bulunan çözümlerin karşılaştırması maalesef yapılamamaktadır. Bundan sonra yapılan çalışmalarda DKA algoritmasının bu

problem üzerindeki performansı diğer sezgisel yöntemlerle karşılaştırılarak belirlenecektir. Çözüm süresi açısından değerlendirildiğinde önerilen DKA algoritması tüm veri setlerini 1 dakikanın altında bir süre içinde çözüm vermiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya nüfusunu sürekli artması ve yaşlanması, sosyo-kültürel, ekonomik, siyasi ve çevresel açıdan yaşanan olumsuz gelişmeler ileride sağlık problemlerinin daha da artacağını göstermektedir. Özellikle gelişmiş ülkelerde nüfusun büyük bir bölümünü bakıma muhtaç yaşlılardan oluşmaya başlamıştır.

Ülkemizde de hem nüfus yaşlanmakta hem de sağlık alanındaki yetersizlikler evde bakım hizmetlerine olan talebi her geçen yıl arttırmaktadır. Ülkemizde de evde bakım hizmetleri Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı ve Belediyeler tarafından yürütülmektedir.

Bu tez çalışmasında, evde bakım hizmeti sunumunda karşılaşılan çizelgeleme ve rotalama gibi iki temel problem birlikte ele alınmaktadır. Literatürde bu problem evde bakım hizmetleri çizelgeleme ve rotalama problemi (EBHÇRP) olarak isimlendirilmektedir. Problemden toplam ziyaret edilen hasta sayısını maksimum yapmak, hemşirelerin gereksiz beklmelerini ve toplam seyahat mesafesini minimum yapacak şekilde hemşire-hasta atamaları ve rotalar eş zamanlı olarak belirlenmektedir. Bu problem zaman pencereli çoklu gezgin satıcı probleminin özel hali olup NP zor sınıfında yer almaktadır. Bu nedenle problemin çözümü için metasezgisel yöntem önerilmiştir. Bu amaçla Mladenović ve Hansen (1997) tarafından geliştirilen değişken komşuluk arama (DKA) algoritması kullanılmıştır.

Bu tezden elde edilen sonuçlar doğrultusunda gelecekte aşağıdaki çalışmaların yapılması tavsiye edilebilir.

- Amaç fonksiyonu olarak başka kriterler kullanılabilir. Örneğin hemşireler arasında iş yüklerinin dengelenmesi.
- Modele yeni kısıtlar eklenebilir. Örneğin, hemşire-hasta uyumu, hasta başına atanacak hemşire sayısı vb.
- Problem günlük olarak ele alınmıştır. Bakım hizmetlerinin sürekliliğinin sağlanması için gerçekte problem çok dönemli olarak ele alınması gerekmektedir.
- Bakım süreleri ve seyahat sürelerinin deterministik olduğu varsayılmıştır. Halbuki sağlık ve trafik değişkenliğinin ve belirsizliğin en fazla yaşandığı

alanlardır. Bu nedenle gerçek duruma daha da yaklaşmak için stokastik ve bulunuk modeller geliştirilebilir.

- Problem farklı sezgisel yöntemler ile çözümlenerek, yöntemlerin performansları karşılaştırılabilir.

7. KAYNAKLAR

Akjiratikarl, C., Yenradee, P. and Drake, P. R., “PSO-based algorithm for home care worker scheduling in the UK”, *Computers and Industrial Engineering*, doi:10.1016/j.cie.2007.06.002, (2007).

Allaoua, H., Borne, S., Létocart, L. and Wolfler Calvo, R., “A matheuristic approach for solving a home health care problem”, *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, doi:10.1016/j.endm.2013.05.127, (2013).

Archetti, C. and Speranza, M. Grazia., “A survey on matheuristics for routing problems”, *EURO J Comput Optim*, 2, 223–246. doi:10.1007/s13675-014-0030-7, (2014).

Aydın, D., “Evde Bakım Hizmetleri”, Sağlıklı Nesiller Derneği Sağlık ve Eğitim Yayınları 1, Ankara, (2005)

Bachouch, R. Ben, Guinet, A. and Hajri-Gabouj, S., “An optimization model for task assignment in home health care”, *IEEE*, (2010).

Bahar, A. ve Parlar, S., “Yaşlılık ve Evde Bakım”, *Fırat Sağlık Hizmetleri Dergisi*, 2 (4), 33-39, (2007).

Bard, J. F., Shao, Y. and Wang, H., “Weekly scheduling models for traveling therapists”, *Socio Economic Planning Sciences*, doi:10.1016/j.seps.2012.07.001, (2013).

Barrera, D., Velasco, N. and Amaya, C. A., “A network-based approach to the multi-activity combined timetabling and crew scheduling problem: Workforce scheduling for public health policy implementation”, *Computers and Industrial Engineering*, doi:10.1016/j.cie.2012.05.002, (2012).

Bastı, M., “P-medyan Tesis Yeri Seçim Problemi ve Çözüm Yaklaşımları The”, *Online Academic Journal of Information Technology*, 3(7), 47–75. doi:10.5824/1309-1581.2012.2.004, (2012).

Begur, S. V., Miller, D. M. and Weaver, J. R., “An Integrated Spatial DSS for Scheduling and Routing Home-Health-Care Nurses”, *Interfaces*, 27(4), 35–48. doi:10.1287/inte.27.4.35, (1997).

Benzarti, E., Sahin, E. and Dallery, Y., “Operations management applied to home care services: Analysis of the districting problem”, *Decision Support Systems*, (2013).

Bertels, S. and Fahle, T., “A hybrid setup for a hybrid scenario: combining heuristics for the home health care problem”, *Computers & Operations Research*, (2006).

Borsani, V., Matta, A., Beschi, G. and Sommaruga, F., A, “Home Care Scheduling Model For Human Resources”, IEEE (2006).

Braekers, K., Hartl, R. F., Parragh, S. N. and Tricoire, F., “A bi-objective home care scheduling problem: Analyzing the trade-off between costs and client inconvenience”, *European Journal of Operational Research*, doi:10.1016/j.ejor.2015.07.028, (2016).

Bulut, I., “Evde Bakım Hizmetleri ve Sosyal Hizmet”, İnsani Gelişme ve Sosyal Hizmet, Prof. Dr. Nesrin Koşar’a Armağan, Hacettepe Üniversitesi, *Sosyal Hizmetler Yüksekokulu*, Yayın No: 009, Ankara, s. 33-37, (2001).

Burke, E. K., Curtois, T., Post, G., Qu, R. and Veltman, B., “A hybrid heuristic ordering and variable neighbourhood search for the nurse rostering problem”, *European Journal of Operational Research*, 188 (2008) 330–341, doi:10.1016/j.ejor.2007.04.030, (2008).

Burke, E. K., Li, J. and Qu, R., “A hybrid model of integer programming and variable neighbourhood search for highly-constrained nurse rostering problems”, *European Journal of Operational Research*, 203(2), 484–493. doi:10.1016/j.ejor.2009.07.036, (2010).

Cappanera, P. ve Scutellà, M. G., “Home care optimization: Impact of pattern generation policies on scheduling and routing decisions”, *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, doi:10.1016/j.endm.2013.05.075, (2013).

Cappanera, P. and Scutellà, M. G., Joint Assignment, “Joint Assignment, Scheduling, and Routing Models to Home Care Optimization: A Pattern-Based Approach”, *Transportation Science*, 49(4), 830–852, doi:10.1287/trsc.2014.0548doi:10.1287/trsc.2014.0548, (2014).

Carello, G. and Lanzarone, E., “A cardinality-constrained robust model for the assignment problem in Home Care services”, *European Journal of Operational Research*. doi:10.1016/j.ejor.2014.01.009, (2014).

Cooper, S. L., Carleton, H. L., Chamberlain, S. A., Cummings, G. G., Bambrick, W. and Estabrooks, C. A., “Burnout in the nursing home health care aide: A systematic review”, *Burnout Research*, 3. doi:10.1016/j.burn.2016.06.003, (2016).

Croes, G.A., "A method for solving traveling salesman problems", *Operations Research*, 6 791-812, (1958).

Çavuş, F. Ö., "Yaşlılara yönelik evde bakım hizmetlerinin değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Ankara, (2013).

Çoban, M., "Evde Bakım Hizmetleri Konusunda Görüş Belirleme: Sosyal Sigortalar Kurumu Ankara Eğitim Hastanesi Doktorları ve Hemşireleri Üzerinde Bir Uygulama", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2003).

Elbenani, B., Ferland, J. A. and Gascon, V., "Mathematical Programming Approach for Routing Home Care Nurses", *2008 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 107–111, (2008).

Elevli, E., "Evde Bakım Hizmetlerine Olan İhtiyacın Tespit Edilmesi Konusunda Bir Araştırma", Yüksek Lisans Tezi, *Beykent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İşletme Yönetimi Anabilim Dalı, İstanbul, (2012).

En-nahli, L., Allaoui, H. and Nouaouri, I., "A Multi-objective Modelling to Human Resource Assignment and Routing Problem for Home Health Care Services", *IFAC-PapersOnLine*, 48(3),698–703, doi:10.1016/j.ifacol.2015.06.164, (2015).

Eveborn, P., Flisberg, P. and Rönnqvist, M., "Laps Care-an operational system for staff planning of home care", *European Journal of Operational Research*, doi:10.1016/j.ejor.2005.01.011, (2006).

Fikar, C. and Hirsch, P., "A matheuristic for routing real-world home service transport systems facilitating walking", *Journal of Cleaner Production*, doi:10.1016/j.jclepro.2014.07.013, (2015).

Fikar, C. and Hirsch, P., "Home Health Care Routing and Scheduling: A Review", *Computers & Operations Research*, doi:10.1016/j.cor.2016.07.019, (2016).

Göz, F. ve Erkan, M., "Yaşlılık: Sorunlar ve Bakım İlkeleri", (2008).

Güleç, D., "Sağlık turizmi kapsamında antiaging (sağlıklı yaşlanma) uygulamaları ve yaşlı bakımı : Türkiye değerlendirmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İşletme Anabilim Dalı, Ankara, (2011).

Hansen, P., Mladenovic, N., “Variable Neighborhood Search: Principles and Applications”, *European Journal of Operational Research*, Vol.130, pp. 449-467, (2001)

Hansen, P., and Mladenović, N., “First improvement may be better than best improvement: An empirical study”, *Discrete Applied Mathematics*, Vol. 154, pp. 802–817, (2006)

Hansen, P. and Mladenović, N., “Variable Neighborhood Search”, *Search Methodologies (ss. 211–238)*, Boston, MA: Springer US, doi:10.1007/0-387-28356-0_8, (2005).

Hertz, A. and Lahrichí, N., “A patient assignment algorithm for home care services”, *Journal of the Operational Research Society*, 60(60), 481–495, doi:10.1057/palgrave.jors.2602574, (2009).

Hiermann, G., Prandtstetter, M., Rendl, A., Puchinger, J. and Raidl, G. R., “Metaheuristics for solving a multimodal home-healthcare scheduling problem”, *Central European Journal of Operations Research*, 23(1), 89–113, doi:10.1007/s10100-013-0305-8, (2015).

Issaoui, B., Zidi, I., Marcon, E. and Ghedira, K., “New multi-objective approach for the home care service problem based on scheduling algorithms and variable neighborhood descent”, *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, 47, 181–188. doi:10.1016/j.endm.2014.11.024, (2015).

Jun, Y., Kim, B.-I., “New best solutions to VRPSPD benchmark problems by a perturbation based algorithm”, *Expert Systems with Applications*, 39 (5), 5641-5648, (2012).

Kane, R. A., “Goals of Home Care: Therapeutic, Compensatory, Either, or Both”, *Journal of Aging And Health*, Vol. 11, No. 3, August, p. 299-321, (1999)

Karabağ, H., “Evde sağlık bakım hizmetlerinin Türkiye’de uygulanabilirliğine ilişkin hekimlerin görüşleri ve kardiyoloji hastaları için hastane destekli evde bakım hizmetleri model önerisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı*, Ankara, (2007).

Koeleman, P. M., Bhulai, S. and Van Meersbergen, M., “Optimal patient and personnel scheduling policies for care-at-home service facilities”, *European Journal of Operational Research*. doi:10.1016/j.ejor.2011.10.046, (2012).

Lanzarone, E. and Matta, A., “Robust nurse-to-patient assignment in home care services to minimize overtimes under continuity of care”, *Operations Research for Health Care*, 3, 48–58. doi:10.1016/j.orhc.2014.01.003, (2014).

Lanzarone, E., Matta, A. and Sahin, E., “Operations management applied to home care services: The problem of assigning human resources to patients”, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part A: Systems and Humans*, doi:10.1109/TSMCA.2012.2210207, (2012).

Leff, B. and Burton, J. R., “The future history of home care and physician house calls in the United States”, *Journals of Gerontology Series a-Biological Sciences and Medical Sciences*, 56(10), M603–M608. doi:10.1093/gerona/56.10.M603, (2001).

Liberti, L., Maculan, N., “Global optimization: From theory to implementation”, Springer: Berlin, (2006).

Lin, M.Y., Chin, K.S., Tsui, K. L., “2015 A Weighted Multi-Objective Therapist Assignment Problem in Hong Kong”, *IEEE IEEM*, (2015).

Liu, M., Xu, L. and Su, Q., “Mathematical model for pattern-based medical team planning problem”, *2015 12th International Conference on Service Systems and Service Management*, doi:10.1109/ICSSSM.2015.7170273, (2015).

Liu, R., Xie, X., Augusto, V. and Rodriguez, C., “Heuristic algorithms for a vehicle routing problem with simultaneous delivery and pickup and time windows in home health care”, *European Journal of Operational Research*, 230(3), 475–486. doi:10.1016/j.ejor.2013.04.044, (2013a).

Liu, R., Xie, X., Augusto, V. and Rodriguez, C., “Heuristic algorithms for a vehicle routing problem with simultaneous delivery and pickup and time windows in home health care”, *European Journal of Operational Research*, doi:10.1016/j.ejor.2013.04.044, (2013b).

Liu, R., Xie, X. and Garaix, T., “Hybridization of tabu search with feasible and infeasible local searches for periodic home health care logistics”, *Omega (United Kingdom)*, 47, 17–32. doi:10.1016/j.omega.2014.03.003, (2014).

Liu, R., Yuan, B. and Jiang, Z., “Mathematical model and exact algorithm for the home care worker scheduling and routing problem with lunch break requirements”, *International Journal of Production Research*, <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2016.1213917>, (2016).

- Mankowska, D. S., Meisel, F. and Bierwirth, C., “The home health care routing and scheduling problem with interdependent services”, *Health Care Management Science*, doi:10.1007/s10729-013-9243-1, (2014).
- Milburn, A. B. and Spicer, J., “Multi-objective home health nurse routing with remote monitoring devices”, *Int. J. Planning and Scheduling*, 1(4), 242–263, (2013).
- Misir, M., Verbeeck, K., De Causmaecker, P. and Vanden Berghe, G., “An investigation on the generality level of selection hyper-heuristics under different empirical conditions”, *Applied Soft Computing Journal*, 13(7), 3335–3353, doi:10.1016/j.asoc.2013.02.006, (2013).
- Misir, M., Smet, P., G., V. B., May., “Generalised heuristics for vehicle routing and personnel rostering problems”, *J Oper Res Soc* 66 (5), 858–870, (2015).
- Mutingi, M. and Mbohwa, C., “A fuzzy simulated evolution algorithm for multi-objective homecare worker scheduling”, *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, doi:10.1109/IEEM.2013.6962479, (2014).
- Nickel, S., Schröder, M. and Steeg, J., “Mid-term and short-term planning support for home health care services”, *European Journal of Operational Research*, doi:10.1016/j.ejor.2011.10.042, (2012).
- Perez, J.A.M., Mladenovic, N., Batista, B.M., and Amo, I.J.G., “Variable neighborhood search. Chapter in: Metaheuristic procedures for training neural networks”, Springer: US. Pirkwieser, (2006).
- Polat, O., Kalaycı, C.B, Kulak, O., Günther, H.-O., “A perturbation based variable neighborhood search heuristic for solving the vehicle routing problem with simultaneous pickup and delivery with time limit”, *European Journal of Operational Research*, 242 (2), 369–382, (2015).
- Polat, O., “A Parallel Variable Neighborhood Search for the Vehicle Routing Problem with Divisible Deliveries and Pickups”. *Computers & Operations Research*, 85, 71-86, (2017).
- Rasmussen, M. S., Justesen, T., Dohn, A. and Larsen, J., “The Home Care Crew Scheduling Problem: Preference-based visit clustering and temporal dependencies”, *European Journal of Operational Research*, 219(3), 598–610. doi:10.1016/j.ejor.2011.10.048, (2012a).

Rasmussen, M. S., Justesen, T., Dohn, A. and Larsen, J., “The Home Care Crew Scheduling Problem: Preference-based visit clustering and temporal dependencies”, *European Journal of Operational Research*, doi:10.1016/j.ejor.2011.10.048, (2012b).

Redjem, R. and Marcon, E., “Operations management in the home care services: a heuristic for the caregivers’ routing problem”, *Flexible Services and Manufacturing Journal*, doi:10.1007/s10696-015-9220-8, (2015).

Rest, K.-D. and Hirsch, P., “Daily scheduling of home health care services using time-dependent public transport”, *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 1–31, doi:10.1007/s10696-015-9227-1, (2015).

Rodriguez, C., Garaix, T., Xie, X. and Augusto, V., “Staff dimensioning in homecare services with uncertain demands”, *International Journal of Production Research*, 53(24), 7396–7410, doi:10.1080/00207543.2015.1081427, (2015).

Selek Öz, C., “Sosyal belediyeçilik bağlamında evde bakım hizmetleri (İstanbul, Ankara ve Kocaeli Büyükşehir Belediyeleri Örnekleri)”, Doktora Tezi, *Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Çalışma Ekonomisi Ve Endüstri İlişkileri Anabilim Dalı, Sakarya, (2010).

Shnoor, Y., Szlaifer, M., Aoberman, A. S. and Bentur, N., “The cost of home hospice care for terminal patients in Israel”, *The American journal of hospice & palliative care*, 24(4), 284–90. doi:10.1177/1049909107300212, (2007).

Şevkli, M., and Aydın, M.E., “Parallel variable neighbourhood search algorithms for job shop scheduling problems”, *IMA Journal of Management Mathematics*, Vol.18, No.2, 117-133, (2007).

Tanlı, S., “Evde Bakım hizmetlerinin Firmalaştırılması: Bir İşletme Planı Önerisi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İşletme Fakültesi, İstanbul, (1996).

Taşçı, F., “Yaşlılara Yönelik Sosyal Politikalar: İsveç, Almanya, İngiltere ve İtalya Örnekleri”, *Çalışma ve Toplum Dergisi*, 1, 175-202, (2010).

Teitz, M.B. and Bart, P. “Heuristic Methods for Estimating the Generalized Vertex Median of a Weighted Graph”, *Operations Research*, Vol.16, No:5, pp.955–961, (1968).

Trautsumwieser, A. and Hirsch, P., “Optimization of daily scheduling for home health care services”, *Journal of Applied Operational Research*, 3(3), 124–136, (2011).

Trautsumwieser, A. and Hirsch, P., “A Branch-Price-and-Cut approach for solving the medium-term home health care planning problem”, *Networks*, 64(3), 143–159. doi:10.1002/net, (2014).

Viet, T., Nguyen, L., Toklu, N. E. and Montemanni, R., “Matheuristic optimization for robust home health care services”, *Management Science*, 7, 1–7, (2015).

Web 1 : www.evdebakim.org.tr

Wirnitzer, J., Heckmann, I., Meyer, A. and Nickel, S., “Patient-based nurse rostering in home care”, *Operations Research for Health Care*, doi:10.1016/j.orhc.2015.08.005, (2016).

Yalçındağ, S., Cappanera, P., Scutellà, M. G., Şahin, E. and Matta, A., “Pattern-based decompositions for human resource planning in home health care services”, *Computers and Operation Research*, 73, 12–26. doi:10.1016/j.cor.2016.02.011, (2016).

Yalçındağ, S., Matta, A., Şahin, E. and Shanthikumar, J. G., “The patient assignment problem in home health care: using a data driven method to estimate the travel times of care givers”, *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 28(1–2), 304–335. doi:10.1007/s10696-015-9222-6, (2016).

Yuan, B., Liu, R. and Jiang, Z., “A branch-and-price algorithm for the home health care scheduling and routing problem with stochastic service times and skill requirements”, *International Journal of Production Research*, 53(24), 7450–7464, doi:10.1080/00207543.2015.1082041, (2015).

EKLER

8. EKLER

EK A: Test problemlerinin DKA ile çözümü

Problem No	Hemşire No	Hasta Sayısı	Bekleme Süresi	Tur Süresi(dk)
C102_100_10	1	13	0.4977	529.35
	2	7	0	250.97
	3	7	0.44153	313.84
	4	4	73.875	255.81
	5	12	80.485	526.86
	6	13	97.062	534.58
	7	9	37.564	401.86
	8	12	23.796	487.27
	9	13	3.941	536.13
	10	10	15.889	536.94
C103_100_10	1	12	12.068	526.86
	2	5	21.58	250.2
	3	14	65.797	539.7
	4	4	69.211	255.81
	5	4	30.405	255.13
	6	12	49.371	502.73
	7	12	68.661	460.54
	8	13	33.389	510.93
	9	12	44.077	522.77
	10	12	12.353	538.1
C104_100_10	1	12	14.331	537.73
	2	6	42.866	253.8
	3	13	15.842	487.27
	4	12	95.291	494.22
	5	7	37.003	353.28
	6	13	85.678	527.49
	7	8	37.564	380.31
	8	4	50.845	253.17
	9	13	55.807	538.9
	10	12	43.763	538.31

EK A: Test problemlerinin DKA ile çözümü (Devam)

Problem No	Hemşire No	Hasta Sayısı	Bekleme Süresi	Tur Süresi(dk)
C105_100_10	1	11	11.851	535.47
	2	4	0.0090983	253.17
	3	11	10.608	518.04
	4	14	26.981	538.79
	5	14	56.368	534.67
	6	13	25.696	528.05
	7	8	47.922	344.36
	8	6	10.298	253.8
	9	9	53.583	391.69
	10	10	52.228	477.35
C106_100_10	1	12	15.542	475.09
	2	4	21.774	255.13
	3	12	0.099401	539.99
	4	14	0.55575	501.29
	5	10	0	484.19
	6	13	15.313	536.61
	7	3	49.029	255.81
	8	5	71.477	250.2
	9	14	15.583	535.12
	10	12	0.24408	537.86
C107_100_10	1	11	11.851	535.47
	2	4	0.0090983	253.17
	3	11	10.608	518.04
	4	14	26.981	538.79
	5	14	56.368	534.67
	6	13	25.696	528.05
	7	8	47.922	344.36
	8	6	10.298	253.8
	9	9	53.583	391.69
	10	10	52.228	477.35
C108_100_10	1	12	12.726	526.86
	2	12	0.6031	539.99
	3	11	44.785	501.89
	4	4	15.144	255.81
	5	4	88.084	255.13
	6	13	28.323	525.05
	7	13	44.077	532.46
	8	5	56.002	250.2
	9	14	94.168	493.24
	10	12	58.377	483.3

EK A: Test problemlerinin DKA ile çözümü (Devam)

Problem No	Hemşire No	Hasta Sayısı	Bekleme Süresi	Tur Süresi(dk)
C109_100_10	1	13	57.741	536.86
	2	4	12.194	255.13
	3	12	29.883	527.26
	4	8	26.796	378.47
	5	12	70.118	524.63
	6	6	51.214	250.2
	7	12	12.827	532.08
	8	12	0.90664	500.84
	9	9	60.843	363.74
	10	12	37.925	512.52
R101_100_19	1	11	64.69	512.09
	2	0	180	240
	3	4	142.64	299.17
	4	2	127.07	283.8
	5	12	25.775	532.4
	6	11	96.857	457.91
	7	0	180	240
	8	11	23.163	504.9
	9	5	0.81632	257.47
	10	11	114.36	535.19
	11	0	180	240
	12	0	180	240
	13	12	28.564	470.47
	14	5	65.418	246.32
	15	3	54.895	265.31
	16	0	180	240
	17	5	12.438	277.06
	18	4	14.889	268.97
	19	4	38.527	254.65

EK A: Test problemlerinin DKA ile çözümü (Devam)

Problem No	Hemşire No	Hasta Sayısı	Bekleme Süresi	Tur Süresi(dk)
R102_100_17	1	13	43.062	535.63
	2	0	180	240
	3	4	24.082	257.47
	4	4	39.167	277.06
	5	3	14.545	265.31
	6	11	92.624	519.23
	7	11	20.855	469.96
	8	6	54.878	317.32
	9	10	21.639	442.56
	10	3	79.946	246.32
	11	13	39.591	529.06
	12	2	60.231	245
	13	2	92.94	268.97
	14	7	10.863	299.17
	15	0	180	240
	16	11	32.387	504.9
	17	0	180	240
R104_100_9	1	10	37.189	412.28
	2	13	0.28059	525.51
	3	12	2.491	504.9
	4	11	24.606	453.44
	5	12	47.135	463.84
	6	15	48.044	530.29
	7	11	64.396	516.06
	8	11	56.916	434.11
	9	5	69.074	258.39
R105_100_14	1	6	21.366	299.17
	2	4	11.485	246.32
	3	5	94.837	277.06
	4	4	91.378	257.47
	5	13	13.223	532.4
	6	13	22.493	534
	7	7	145.69	367.18
	8	9	12.097	388.74
	9	10	102.66	512.09
	10	0	180	240
	11	11	19.133	487.02
	12	3	24.415	245
	13	12	0.089682	516.97
	14	3	64.838	265.31

EK A: Test problemlerinin DKA ile çözümü (Devam)

Problem No	Hemşire No	Hasta Sayısı	Bekleme Süresi	Tur Süresi(dk)
R106_100_12	1	12	27.845	535.24
	2	14	86.972	539.32
	3	3	49.732	265.31
	4	6	15.483	334.91
	5	11	11.994	467.28
	6	9	44.713	418.16
	7	11	62.521	469.96
	8	5	0.57411	258.75
	9	8	13.739	361.34
	10	13	33.737	520.18
	11	2	102.54	254.65
	12	6	64.534	277.06
R108_100_9	1	13	0	522.86
	2	6	12.005	298.77
	3	12	26.279	489.86
	4	11	15.379	459.31
	5	9	0	354.48
	6	8	0	353.91
	7	14	12.072	520.12
	8	14	17.819	538.14
	9	13	10.843	535.37
R110_100_10	1	10	67.875	404.72
	2	13	94.228	514.69
	3	12	0	504.9
	4	5	24.561	276.05
	5	9	27.197	425.49
	6	11	45.076	462.3
	7	4	36.431	268.25
	8	15	4.689	535.52
	9	9	11.515	387.8
	10	12	73.445	507.72

EK A: Test problemlerinin DKA ile çözümü (Devam)

Problem No	Hemşire No	Hasta Sayısı	Bekleme Süresi	Tur Süresi(dk)
Rc101_100_14	1	3	26.405	274.03
	2	4	111.49	334.17
	3	12	39.599	490.17
	4	11	3.845	408.22
	5	11	24.679	458.78
	6	12	3.332	513.16
	7	2	62.991	294.2
	8	13	92.162	531.19
	9	10	55.914	450.82
	10	6	0.81874	316.21
	11	2	83.944	285.2
	12	9	98.611	420.67
	13	5	0.26541	309.32
	14	0	180	240
Rc105_100_13	1	13	10.009	490.17
	2	5	32.08	316.21
	3	13	82.949	525.41
	4	11	14.688	458.78
	5	4	68	353.72
	6	3	15.118	274.03
	7	12	57.052	513.16
	8	2	68.922	279.36
	9	9	16.906	450.82
	10	11	20.27	408.22
	11	3	20.867	285.2
	12	9	65.392	420.67
	13	5	20.855	309.32
Rc106_100_11	1	3	11.377	285.2
	2	12	32.565	490.81
	3	9	23.601	393.13
	4	11	47.783	408.22
	5	6	25.597	339.39
	6	11	0	495.34
	7	12	61.477	528.41
	8	5	68	342.84
	9	7	22.601	336.64
	10	11	82.949	480.4
	11	13	51.095	514.31

9. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Tuba ÖZBAY
Doğum Yeri ve Tarihi : Manisa / 02.01.1990
Lisans Üniversite : Erciyes Üniversitesi
Elektronik posta : tubaozbay35@gmail.com
Adres : İzmir

Yayın Listesi :

Mutlu, Ö., Özbay T., Polat O., “Değişken Komşuluk Arama Yöntemi ile Evde Bakım Hizmetlerinin Çizelgelenmesi” *YA/EM 2017: 37. Yöneylem Araştırmasa ve Endüstri Mühendisliği Ulusal Kongresi*, İstanbul, Türkiye, 6-7 Temmuz 2017.