



Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

İşletme Anabilim Dalı

Sayısal Yöntemler Bilim Dalı

EVDE SAĞLIK HİZMETLERİ ATAMA VE ROTALAMA PROBLEMİ
ÜZERİNE

Ahmet Bahadır ŞİMŞEK

Doktora Tezi

Ankara, 2019

EVDE SAĞLIK HİZMETLERİ ATAMA VE ROTALAMA PROBLEMİ ÜZERİNE

Ahmet Bahadır ŞİMŞEK

Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

İŞletme Anabilim Dalı

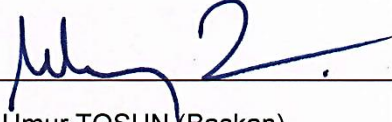
Sayısal Yöntemler Bilim Dalı

Doktora Tezi

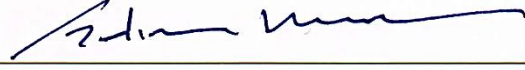
Ankara, 2019

KABUL VE ONAY

Ahmet Bahadır ŞİMŞEK tarafından hazırlanan “Evde Sağlık Hizmetleri Atama ve Rotalama Problemi Üzerine” başlıklı bu çalışma, 01/02/2019 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Umur TOSUN (Başkan)



Prof. Dr. Aydın ULUCAN (Danışman)



Doç. Dr. Kazım Barış Atıcı



Doç. Dr. H. Kemal İlter



Doç. Dr. Yetkin Çınar

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

Prof. Dr. Musa Yaşar SAĞLAM

Enstitü Müdürü

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinleri yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “*Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge*” kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. ⁽¹⁾
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ay ertelenmiştir. ⁽²⁾
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. ⁽³⁾

18/02/2019



Ahmet Bahadır ŞİMŞEK

¹ “*Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge*”

- (1) *Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.*
- (2) *Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internette paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.*
- (3) *Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir. * Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.*
Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

** Tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.*

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Prof. Dr. Aydın ULUCAN danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.



Ahmet Bahadır şİMşEK

Burcu Ülkü ve Süleyman Kaan 'a

ÖZET

Ahmet Bahadır ŞİMŞEK. *Evde Sağlık Hizmetleri Atama ve Rotalama Problemi Üzerine*, Doktora Tezi, Ankara, 2019.

Evde sağlık hizmeti (ESH), sağlık sisteminin üzerindeki yükü hafifleten, hastaların konforlu ve kaliteli hizmet almasına olanak tanıyan, ekonomik bir uygulamadır. Evde sağlık atama ve rotalama problemi, farklı konumlardaki hastaların tıbbi ihtiyaçlarının ev ortamında karşılanması işlemini kapsamaktadır. ESH'nin paydaşlarına özgü kısıtlar, problemi klasik atama ve rotalama probleminden ayırmakta ve özgün hale getirmektedir. Çalışmada problemin genel karakteristik özelliklerine ek olarak ilgili regülasyon ile şekillendirilen evde sağlık atama ve problemi ele alınmıştır. Çalışma literatüre üç ana noktada katkı sağlamaktadır. Birincisi, bakımın sürekliliğinin sağlık literatüründe kendine yer bulmuş bakımın sürekliliği indeks değeri ile ölçülmesidir. İkincisi, personele araçlar arası transfer imkanının sunulmasıdır. Üçüncüsü ise uzun dönemli planlama ufkunun dikkate alınmasıdır. Problemin çözümü için çok amaçlı optimizasyon modeli oluşturulmuş ve farklı senaryolar ile parametre değişimlerinin modelin çözüm üretme kapasitesi üzerine etkisi analiz edilmiştir. Stratejik kararlar alınabilmesi için uzun planlama periyodunda çözüm elde etmek öncelikli hedef olarak belirlenmiştir. ESH'ın büyüme potansiyeli dikkate alındığında uzun planlama periyodunda mümkün olduğunca fazla hasta için çözüm üretebilmek bu çalışmanın ana amacıdır. Optimizasyon modelinin yetersiz kaldığı noktada farklı yaklaşımlarla çözüm üretebilen hasta sayısı artırılmaya çalışılmıştır. Sonuç olarak karar vericinin stratejik ve operasyonel düzeyde vereceği kararlarda yardımcı olacak bilgileri üretilebilmiştir.

Anahtar Sözcükler

Evde Sağlık Hizmetleri, Bakımın Sürekliliği İndeksi, Transfer Seçenekli Araç Rotalama

ABSTRACT

Ahmet Bahadir SIMSEK, *On Home Health Care Assignment and Routing Problem*, PhD Thesis, Ankara, 2019.

Home health care (HHC) is an economic practice that relieves the burden on the health system and allows patients to receive comfortable and quality services. The home health care assignment and routing problem involves fulfilling the medical needs of patients who in different locations in the home environment. The constraints specific to HHC's stakeholders distinguish the problem from the classical assignment and routing problem and make it unique. In this study, in addition to the general characteristics of the home health assignment and routing problem, which is shaped by the relevant regulation, is handled. The study contributes to the literature in three main points. The first is to measure the continuity of care with the the continuity of care index which has been important in the health literature. Secondly, to allow providing transfer between the vehicles. The third is the consideration of the long-term planning horizon. A multi-objective optimization model was proposed and the effect of different scenarios and parameter changes on the solution producing capacity of the model was analyzed. In order to make strategic decisions, obtaining a solution in the long planning period is determined as the priority target. Considering the growth potential of HHC, the main purpose of this study is to produce solutions for as many patients as possible in the long planning period. When the optimization model is insufficient, different solution approaches has been tried to increase the number of patients who can produce solutions with. As a result, information that will help the decision-maker in strategic and operational decisions can be produced.

Keywords

Home Health Care Services, Continuity of Care Index, Vehicle Routing with Transfer Option

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI.....	ii
ETİK BEYAN.....	iii
İTHAF	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
GİRİŞ	1
1. BÖLÜM EVDE SAĞLIK HİZMETİ VE BAKIMIN SÜREKLİLİĞİ.....	3
1.1 EVDE SAĞLIK HİZMETİ TANIMI, KAPSAMI VE ÖNEMİ.....	3
1.2 EVDE SAĞLIK HİZMETLERİNİN OLUMLU-OLUMSUZ YÖNLERİ..	8
1.3 BAKIMIN SÜREKLİLİĞİ KAVRAMI VE ÖNEMİ	10
1.4 BAKIMIN SÜREKLİLİĞİNİN ÖLÇÜLMESİ.....	12
1.5 BAKIMIN SÜREKLİLİĞİ İLE İŞ YÜKÜ İLİŞKİSİ.....	15
2. BÖLÜM EVDE SAĞLIK ATAMA VE ROTALAMA PROBLEMİ	18
2.1 HEMŞİRE ATAMA PROBLEMİ	18
2.2 ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ.....	22
2.3 EVDE SAĞLIK ATAMA VE ROTALAMA PROBLEMİNİN KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ	26
2.3.1 Sağlık Kuruluşu İle İlgili Kısıtlar.....	26
2.3.2 Hastalar İle İlgili Kısıtlar	30
2.3.3 Sağlık Personeli İle İlgili Kısıtlar.....	34
3. BÖLÜM ÇALIŞMANIN AMACI VE PROBLEMİN TANIMLANMASI	36

3.1	PROBLEMİN KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ.....	39
3.2	PROBLEMİN TANIMI	41
3.3	SAYISAL ÖRNEK	41
3.4	MATEMATİKSEL MODEL	42
3.4.1	Değişkenler	44
3.4.2	Amaç Fonksiyonu	45
3.4.3	Kısıtlar.....	46
3.4.4	Matematiksel Modelin Genişletilmesi	49
3.4.5	Çok Amaçlı Optimizasyon Çözüm Yaklaşımları.....	50
3.5	MODELİN TEST EDİLMESİ	52
3.5.1	Rassal Verinin Hazırlanması.....	52
3.5.2	Test Sonuçları.....	55
3.5.3	Modelin Farklı Senaryolarda Test Edilmesi	63
4.	BÖLÜM PROBLEMİN ÇÖZÜMÜ İÇİN ÖNERİLEN YAKLAŞIMLARI	68
4.1	PARÇALI YAKLAŞIM.....	68
4.2	KÜMELİ PARÇALI YAKLAŞIM	72
4.2.1	Tasarruf Algoritması	74
4.2.2	Hasta Kümelerinin Atama Modeline Eklenmesi.....	76
4.2.3	Hasta Kümelerinin Rotalama Modeline Eklenmesi.....	77
4.2.4	Kümelî Parçalı Modelin Farklı Senaryolarda Test Edilmesi	81
4.3	ATAMA İŞLEMİ İÇİN SEZGİSEL YAKLAŞIM.....	83
4.3.1	Sezgiselin Çalışma Mekanizması.....	88
4.3.2	Sezgisel Yaklaşımın Farklı Senaryolarda Test Edilmesi	95
4.4	ÇÖZÜM YAKLAŞIMLARININ KARŞILAŞTIRILMASI	98
SONUÇ VE ÖNERİLER.....		101
ÖNERİLER		104

KAYNAKÇA	105
EKLER.....	117
Ek 1. Solomon'un R101 Nolu Veri Seti.....	117
Ek 2. Matematiksel Model Test Verisi.....	120
Ek 3. Test Rotalama Sonuçlarının Tamamı	124
Ek 4. Personel İş Yükü ve Ortalama Bakımın Süreklilik Değeri.....	171
Ek 5. Orta Hizmet Kalitesini Sağlayan Durum Örneği (Tamamı)	172
Ek 6. Bakımın Sürekliliğinin Dikkate Almayan Durum Örneği (Tamamı)..	175
Ek 7. Etik Kurul Muafiyet Formu	178
Ek 8. Tez Orjinallik Raporu	179

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1 Evde Sağlık ve Evde Bakım Kapsamındaki Faaliyetler	4
Tablo 2 Türkiye'nin Toplam Nüfus ve Yaşlı Nüfus Tahminleri	7
Tablo 3 Evde Sağlık Hizmetlerinin Olumlu ve Olumsuz Yönleri	9
Tablo 4 Bakımın Sürekliliği İndeks Değeri Örnek Hesaplama	13
Tablo 5 Bakımın Sürekliliği İndeksi Duyarlılık Tablosu.....	13
Tablo 6 (A) COCI ve İş Yükü Dengesi Arasındaki İlişki.....	16
Tablo 7 (B) COCI ve İş Yükü Dengesi Arasındaki İlişki	16
Tablo 8 Hemşire Atama Probleminde Genellikle Dikkate Alınan Unsurlar	21
Tablo 9 Kısıtlara Dayalı Sınıflandırma Şeması	26
Tablo 10 Etkililik ve Etkinlik Çaprazlama Tablosu.....	36
Tablo 11 Testlerin Parametreleri.....	54
Tablo 12 Test Verisi Atama Sonuçları.....	55
Tablo 13 İlk 7 Günün Rotalama Sonuçları	56
Tablo 14 Farklı Senaryolarla Çözüm Üretme Kapasitesinin Testi	64
Tablo 15 Planlama Ufkunun Modelin Değişken ve Kısıt Sayısı Üzerindeki Etkisi	66
Tablo 16 Personel İş Yükü ve Bakımın Sürekliliği Değeri İlişkisi.....	66
Tablo 17 Kümlerin Atama Modeline Eklenmesi	76
Tablo 18 Kümelerin Atama Modeline Eklenmesi İçin Gerekli Kısıtlar	76
Tablo 19 Model Testi 4. Gün Rotalama Sonucu.....	77
Tablo 20 Birleştirilmiş Kümelerin Rotalama Örneği.....	80
Tablo 21 Kümeli Parçalı Model- Atama Modelinin Farklı Senaryolarla Testi	81
Tablo 22 Kümeli Parçalı Yaklaşımın Rotalama Modelinin Farklı Senaryolarla Testi ...	81
Tablo 23 Personel İş Yükü ve Bakımın Sürekliliği Değeri İlişkisi.....	82
Tablo 24 Yüksek Hizmet Kalitesini Sağlayan Durum Örneği.....	88
Tablo 25 Orta Hizmet Kalitesini Sağlayan Durum Örneği (Kısmi)	90
Tablo 26 Bakımın Sürekliliğini Dikkate Almayan Durum Örneği (Kısmi)	93
Tablo 27 Sezgisel Yaklaşımı ile Atama İşleminin Farklı Senaryolarla Testi	95
Tablo 28 Sezgisel Yaklaşımın Rotalama Modelinin Farklı Senaryolarla Testi.....	95
Tablo 29 Personel İş Yükü ve Ortalama Bakımın Süreklilik Değeri.....	97
Tablo 30 Çözüm Yaklaşımlarının Çalışma Prensiplerinin Karşılaştırması	98

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1 Transfer Noktalarının Konumlandırılması.....	53
Şekil 2 Çözüm Yaklaşımları Parçalı Model.....	68
Şekil 3 Çözüm Yaklaşımları Kümeli Parçalı Model.....	73
Şekil 4 Tasarruf Algoritması Gösterimi.....	74
Şekil 5 Kümelerin Birleştirilmesi Örnek Gösterim.....	79
Şekil 6 Çözüm Yaklaşımları Sezgisel Yaklaşım.....	86
Şekil 7 Değişken Komşu Arama Yaklaşımı Çizelge İyileştirme Hamleleri.....	87

GİRİŞ

Evde sağlık hizmetleri (Home Health Care - HHC), hastalara ev ortamında sağlanan çeşitli sağlık hizmetlerinden oluşmaktadır. Tedavinin hastane veya ev ortamında sürdürölme durumu karşılaştırıldığında evde sağlık hizmetleri sağladığı avantajlar nedeniyle cazip bir seçenektir.

Dünya genelinde yaşı nüfusun artması, tıbbi teknolojinin gelişmesi ve ekonomik faktörler evde sağlık hizmetlerinde ciddi bir talep artışına neden olmuştur. Yüksek talep, sağlık kuruluşlarını stratejik ve operasyonel düzeylerde çeşitli sorunlarla karşı karşıya bırakmıştır. Kaliteli hizmeti etkin bir şekilde sunmaya çalışan sağlık kuruluşlarının karşılaştığı problemler akademisyenlerin ilgisini çekmektedir. Uzun yıllardır sağlık sektöründeki problemlere yöneylem araştırması teknikleri ile çözüm aranmaktadır. Yöneylem araştırmasının sağlık alanındaki ana hedefi istenilen kalite seviyesine etkin ve etkili şekilde ulaştıracak kararların doğru alınmasını sağlamaktır.

Evde sağlık hizmetleri süreci hastalar, sağlık personeli ve sağlık kuruluşu olmak üzere 3 temel paydaşa sahiptir. Tüm paydaşların kendilerine özel kısıtları bir araya geldiğinde problem oldukça karmaşık bir hal almaktadır. Sağlık kuruluşu açısından; planlama periyodu, kararların yenilenme sıklığı, bakımın devamlılığı, faaliyette bulunduğu bölge, verilen hizmetin tipi gibi pek çok kısıt problemi şekillendirmektedir. Hasta açısından; ziyaret sıklığı, zaman aralığı, hizmetlerin birbirleriyle uyumu, kişisel tercihler gibi kısıtlardan söz edilebilir. Sağlık personeli açısından bakıldığında ise sözleşme tipi, çalışma saati, iş yükü, personelin beceri ve konumunun problemi kısıtladığı söylenebilir.

Birbirleriyle çelişen çıkarılara sahip paydaşları tatmin edecek en uygun çözümü bulmak ve sağlık hizmetinin etkin bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamak yöneylem araştırması teknikleriyle mümkün olabilmektedir. Son yıllarda yöneylem araştırması çerçevesinde yayınlanan evde sağlık atama ve rotalama problemini konu alan literatür çalışmaları konun güncelliğini ve araştırmacıların konuya ilgisini göstermektedir. Bu çalışmalar incelendiğinde evde sağlık hizmetlerinin karakteristik özelliklerinin klasik atama ve rotalama modellerine dahil edilmesiyle probleme özgü modellerin oluşturulduğu ve bu modellerin çözümü için farklı çözüm yaklaşımları önerildiği görölmektedir.

Bu çalışmada ilgili literatürde rastlanılmayan bakımın sürekliliği indeks değeri ve araçlar arasında personel transfer imkanı dikkate alınmıştır. Bakımın sürekliliği indeks değeri sağlık literatüründe sıkça kullanılan ancak yöneylem araştırması kapsamında evde sağlık atama ve rotalama problemlerinde şimdiye kadar dikkate alınmamış bakımın sürekliliğinin ölçüm yöntemidir. Bu nedenle sağlık literatüründe yer alan bakımın sürekliliği ölçüm tekniğinin evde sağlık atama ve rotalama problemine dahil edilmesi çalışmanın önemli bir katkısıdır. Transfer mekanizması ise araç rotalama literatüründe var olan bir yaklaşımdır. Ele alınan konuya göre farklılık arz etse de operasyonel etkinliği artırdığı bilinen kullanışlı bir seçenektir. Evde sağlık atama ve rotalama probleminin rotalama aşamasında bu seçeneği sunan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmanın, rotalama aşamasına transfer seçeneğini dahil etmesiyle evde sağlık atama ve rotalama literatürünü zenginleştirdiği söylenebilir.

Bu doğrultuda evde sağlık atama ve rotalama problemi için bakımın sürekliliği indeks değerini dikkate alan, personele araçlar arası transfer olma imkanı sunan ve iş yükünü personellere mümkün olduğunca dengeli dağıtmaya çalışan çok amaçlı optimizasyon modeli oluşturulmuştur.

Farklı senaryolar ile parametre değişimlerinin modelin çözüm üretme kapasitesi üzerine etkisi analiz edilmiştir. Özellikle karar vericinin kaynak ve kapasite planlaması gibi stratejik kararlar alabilmesi için uzun planlama periyodunda çözüm elde etmek öncelikli hedef olarak belirlenmiştir. Evde sağlık sisteminin büyüme potansiteli dikkate alındığında modelin mümkün olduğunca fazla sayıda hasta için atama ve rotalama işlemini yapabilmesi önemlidir. Bu nedenle uzun planlama periyodunda mümkün olduğunca fazla hasta için çözüm üretebilmek bu çalışmanın ana amacıdır. Amaca ulaşabilmek için optimizasyon modelinin yetersiz kaldığı noktada farklı yaklaşımlarla uzun planlama periyodunda çözüm üretebilen hasta sayısı artırılmaya çalışılmıştır.

Çalışmanın devamı şu şekilde organize edilmiştir. Birinci bölümde evde sağlık hizmeti ve bakımın sürekliliği kavramlarından bahsedilmiştir. İkinci bölümde evde sağlık atama ve rotalama probleminin karakteristik özellikleri ve ilgili literatür açıklanmaya çalışılmıştır. Üçüncü bölümde çalışmanın amacı ve motivasyon kaynakları anlatılmış ve problem tanımlanmıştır. Dördüncü bölümde ise önerilen çözüm yaklaşımlarına yer verilmiştir. Son olarak beşinci bölümde sonuç ve önerilere yer verilmiştir.

1. BÖLÜM

EVDE SAĞLIK HİZMETİ VE BAKIMIN SÜREKLİLİĞİ

Bu bölümde evde sağlık hizmeti ve bakımın sürekliliği kavramlarından bahsedilmektedir. Evde bakım ve evde sağlık hizmetlerinin farkı irdelenerek evde sağlık hizmetinin olumlu-olumsuz yönleri vurgulanmıştır. Sağlık literatüründe büyük öneme sahip olan bakımın sürekliliği kavramı açıklanmaya çalışılmış ve bakımın sürekliliğinin ölçümü ve personel iş yükü ile ilişkisi irdelenmiştir.

1.1 EVDE SAĞLIK HİZMETİ TANIMI, KAPSAMI VE ÖNEMİ

Evde sağlık hizmeti, bireyin sağlık ihtiyacının kendi yaşam ortamında karşılanmasıdır. Hangi hastaların hangi sağlık ihtiyaçlarının evde sağlık hizmeti kapsamına alındığı hizmeti verecek organizasyonun kabiliyeti ve yasal çerçeve ile sınırlı kalmaktadır. Genel bir ifade ile hekimlik, hemşirelik, fizyoterapi gibi hizmetler, tıbbi malzeme ve cihaz temini, ilaçların tedarik edilmesi ve ulaştırılması gibi faaliyetler evde sağlık hizmetinin kapsamına girmektedir (Altuntaş, Yılmaz, Güçlü, & Öngel, 2010). Yararlanıcılar ise genel olarak bulaşıcı hastalığı olanlar, özürlü olanlar, sonradan sakat kalanlar, uzun dönemli yatağa bağımlı tedavi görevler, sarılık tedavisi gören yenidoğanlar, hastaneye ulaşımında zorluk yaşayanlar ve tedavisinin ev ortamında devam edilmesinde mahsur bulunmayan herhangi bir hastalıktan mustarip bireylerdir.

Sağlık Bakanlığına (Sağlık Bakanlığı, 2015) göre evde sağlık hizmeti; çeşitli hastalıklar nedeniyle evde sağlık hizmeti almaya ihtiyacı olan bireylere evinde ve aile ortamında sosyal ve psikolojik danışmanlık hizmetlerini de kapsayacak şekilde verilen muayene, tetkik, tahlil, tedavi, tıbbi bakım, takip ve rehabilitasyon hizmetlerini kapsamaktadır.

Shepperd ve Iliffe'ye (2005) göre evde sağlık hizmetleri sınırlı bir süre için hastanın hastanede alması gereken bakımın kendi evinde profesyonel sağlık elemanlarınca uygulanmasıdır.

Amerikan evde bakım hekimleri akademisinin yıllık raporunda (Physicians, 2004) evde sağlık hizmetleri hastane bakımının yerini alarak hastanede kalış süresini azaltan en azından erteleyen hizmetlerin bütünü olarak ifade edilmektedir.

Özer ve Şantaş'ın (2012) yaptıkları tanıma göre evde bakım, sağlık düzeyini iyileştirmek ve yükseltmek için hastalara ev ortamında sağlık hizmeti ve hizmet donanımının sağlanması olarak tanımlanmaktadır. Yapılan tanımda evde bakım ifadesi kullanılmışsa da tanımlanmak istenen evde sağlık hizmetidir.

Evde bakım (home care) ve evde sağlık hizmeti (home health care) ifadeleri sıklıkla birbirinin yerine kullanılabilir. Ancak aralarındaki farkı vurgulamak gerekir. Evde bakım kavramı, günlük aktivitelerinde zorluk yaşayan bireye verilen desteği ifade eder. Ev temizliği, yemek hazırlama, banyo, alışveriş gibi aktiviteleri kapsamaktadır. Ayrıca sosyalleşme de günlük aktivitelerin bir parçası kabul edilir ve yalnız yaşayan bireyler ile arkadaşlık kurma, sohbet etmek gibi sosyal izolasyonu ortadan kaldıracak her türlü faaliyet evde bakım kapsamında değerlendirilir. Öte yandan evde bakım hizmetini yerine getirecek personelin sağlık personeli olması şart değildir.

Evde sağlık hizmeti ve evde bakım kapsamındaki faaliyetler Tablo 1'de gösterilmiştir. Bu tablo incelenerek aralarındaki fark anlaşılabilir.

Tablo 1 Evde Sağlık ve Evde Bakım Kapsamındaki Faaliyetler

Faaliyet	Evde Sağlık Hizmeti	Evde Bakım
Rehabilitasyona Yönelik Terapi	Evet	Hayır
İlaçların Yönetimi	Evet	Hayır
Tıbbi Testlerin Yapılması	Evet	Hayır
Resmi Olarak Sağlık Durumunun İzlenmesi	Evet	Hayır
Ev Temizliği	Hayır	Evet
Yemek Hazırlama	Hayır	Evet
Banyo ve Giyinme Yardımı	Hayır	Evet
Ulaştırma	Hayır	Evet
İlaçları Hatırlatma	Evet	Evet
Sağlık Personeli	Evet	Hayır
Ağrı Yönetimi	Evet	Hayır
Yara Bakımı	Evet	Hayır
Reçeteli İlaç Yönetimi	Evet	Hayır
Enjeksiyon	Evet	Hayır
İnkontinans Bakımı	Hayır	Evet
Tuvalet Yardımı	Hayır	Evet
Arkadaşlık	Hayır	Evet

Kaynak: (aPlaceforMom, 2018)

Evde sağlık hizmetinin farklı bakış açılarından farklı anlamlar taşıması genel geçer, tüm platformlarda kabul gören ortak bir tanımının yapılmasını güçleştirmektedir.

2005 yılında 25751 sayılı Resmi Gazete¹'ye yayınlanan “*Evde Bakım Hizmetleri Sunum Yönetmeliği*” ile evde bakım hizmetinin tanımı yapılmış ve özel sağlık sektörünün hizmet sunuma izin verilmiştir. Yönetmeliğe göre evde bakım hizmeti; 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 sunulmasını ifade etmektedir. Anlaşılacağı üzere evde bakım hizmeti olarak adlandırılan ifade evde sağlık hizmetini tanımlamaktadır.

Kamu kurumlarının sunduğu evde sağlık hizmeti, 2010 yılında yayınlanan “*Sağlık Bakanlığınca Sunulan Evde Sağlık Hizmetlerinin Uygulama Usul ve Esasları Hakkında Yönerge*” ile uygulanmaya başlanmıştır. Yönetmeliğin amacı olarak;

İhtiyacı olan bireylerin muayene, tetkik, tahlil, tedavi, tıbbi bakım ve rehabilitasyonlarının evinde ve aile ortamında yapılması, bu kişilere ve aile bireylerine sosyal ve psikolojik destek hizmetlerinin bir bütün olarak birlikte verilmesi amacıyla Bakanlık ve bağlı kuruluşları tarafından sunulacak olan evde sağlık hizmetlerinin teşekkül ettirilmesi, sevk ve idaresi ile ilgili kurum ve kuruluşlar arasında koordinasyonun sağlanmasına dair usul ve esasları belirlemek; bu hizmetlerin, sosyal devlet anlayışına uygun olarak, yurt genelinde eşit, ulaşılabilir, kaliteli, etkin ve verimli bir şekilde uygulanmasını sağlamaktır.

ifadesi kullanıldığı görülmektedir. Bu ifadeden yola çıkılarak Türkiye’de kamusal olarak uygulanmak istenilen evde sağlık hizmetleri hakkında yorum yapılabilir. Buna göre;

- Evde sağlık hizmeti verebilecek kurumlar sağlık bakanlığı ve bağlı kuruluşlar ile sınırlandırılmıştır.
- Bireyin evde sağlık hizmeti kapsamında muayene, tetkik, tahlil, tedavi, tıbbi bakım ve rehabilitasyon gibi hizmetleri alabileceği belirtilmiştir.

1

<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.7542&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=evde%20bak%C4%B1m>

- Evde sağlık hizmetinin hasta doktor ilişkisinin ötesinde hastanın ailesini de kapsayan bir süreç olduğu ve gerekli hallerde aile bireylerinin de sosyal ve psikolojik destek hizmetlerinden yararlanabileceği anlaşılmaktadır.
- Ayrıca bakanlığın evde sağlık hizmetini kaliteli, etkin ve verimli bir şekilde gerçekleştirmeyi hedeflediği söylenebilir.

Verilen bilgiler doğrultusunda evde sağlık hizmetleri, “eşitli hastalıklardan mustarip olan bireylerin, konforu ve psikolojik durumu gözetilerek alışkın olduğu ev veya aile ortamında sağlık ekipleriyle buluşturulması ve bu işlemin etkin bir şekilde gerçekleştirilme çabası” şeklinde tanımlanabilir.

Evde sağlık hizmeti üzerine yapılan çalışmalar, yaşlı nüfusun sağlık hizmetini evde almayı tercih ettiklerini sonucuna ulaşmaktadır (Doğan & Değer, 2004). Dünya ve Türkiye açısından yaşlı nüfus tahminleri incelendiğinde evde sağlık hizmetlerinin büyüme potansiyeli ve sağlık sistemi açısından önemi anlaşılabilir.

Dünya Nüfusu Yaşlanma Raporuna (United Nations, 2015) göre 2015 ile 2030 yılları arasında dünya genelindeki 60 yaş üstü nüfus %56 büyüyerek 901 milyondan 1,4 milyara çıkacağı, ayrıca 2050 yılına gelindiğinde küresel yaşlı nüfusun, 2015 yılındaki değerini ikiye katlayarak 2,1 milyara ulaşması öngörülmektedir. Evde sağlık hizmetleri dünya genelinde artan hastane talebine karşılık popöler bir yanıttır. Hastanede kalma süresini kısaltarak maliyetleri düşürmek, bu tür hizmetlerin ana hedefidir ((Shepperd & Iliffe, 2005), (Hsiao & Boulton, 2008), (Cheng, Hou, & Chen, 2011)). Ayrıca güncel çalışmalar evde sağlık hizmetlerinin geliştirilmesi ve hastane yatışlarını azaltmaya yöneliktir (Rosati & Huang, 2007).

Türkiye İstatistik Kurumu'nun (Türkiye İstatistik Kurumu, 2014) Türkiye'deki yaşlı nüfus durumu ve gelecek yıllar için tahmini Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 2 Türkiye'nin Toplam Nüfus ve Yaşlı Nüfus Tahminleri

Yıllar	Toplam Nüfus (bin)	Yaşlı Nüfus (bin)	Yaşlı Nüfusun Toplam İçindeki Oranı (%)
2010	73.723	5.328	7,2
2011	74.724	5.491	7,3
2012	75.627	5.682	7,5
2013	76.668	5.892	7,7
2014	77.696	6.193	8
2023	84.247	8.624	10,2
2035	90.680	13.158	14,5
2040	92.258	15.243	16,5
2045	93.175	17.476	18,8
2050	93.476	19.485	20,8
2055	93.278	20.982	22,5

Kaynak: (Türkiye İstatistik Kurumu, 2014)

Tahminler incelendiğinde nüfus artış hızının giderek azalacağı ve yaşlı nüfusun toplam nüfusa oranını giderek artacağı görülmektedir. Geleceğe yönelik tahminler Türkiye’de evde sağlık hizmetinin daha da önem kazanacağını işaret etmektedir.

Evde sağlık hizmetinin gelişiminde yaşlı nüfusun etkisinin yanı sıra gelişen teknolojiyle beraber pek çok cihazın taşınabilir ve ucuz hale gelmesi de önemli bir faktördür. Günümüzde sadece hastane ortamında bulunan cihazların hastalara ulaştırılabilecek olması ve hatta hastalar tarafından temin edilebilecek olması evde sağlık hizmetlerinin kapsamını genişletecektir. Kısa zamanda ciddi büyüme potansiyeline sahip bu sektörde stratejik ve operasyonel kararlarda tecrübe kazanmak, gelecekte çok daha karmaşık bir hal alacak olan hizmetlerin etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi için önemlidir.

1.2 EVDE SAĞLIK HİZMETLERİNİN OLUMLU-OLUMSUZ YÖNLERİ

Evde sağlık hizmetinin en önemli avantajı finansal kazanımdır (Van den Berg & Hassink, 2008). Sağlık hizmetini hastanın ev ortamında sunmak, aynı hizmeti hastane ortamında sunmaktan çok daha az maliyetlidir (Jones, ve diğerleri, 1999). Sağlık tesisleri hem kurulum hem de işletme maliyeti yüksek tesislerdir. Yatak başına düşen maliyet göz önüne alındığında hastaya ev ortamında hizmet verilmesi oldukça ekonomik olmaktadır. Bunun yanında özellikle kalabalık nüfusa sahip kentlerde yoğunluktan dolayı boş yatak bulunamamakta ve hastaneye yatırılması gereken hastaların yatışı yapılamadığı vakalar meydana gelmektedir. Bu durum sağlık sistemi içerisinde yatak sayısının ciddi bir dar boğaz oluşturduğunu göstermektedir. Hastanede yatışı zorunlu olmayan hastaların sağlık hizmetini evinde alması ve kısıtlı kaynağın evde sağlık hizmeti alması mümkün olmayan hastaya tahsis edilmesi daha doğru olacağı söylenebilir.

Evde sağlık hizmetlerinin bir diğer avantajı sağlık personelinin hastayla birebir ilgilenmesidir. Hastane ortamında bir sağlık personeli çok sayıda hasta ile ilgilenmek durumundadır. Hastalar ihtiyaçları doğrultusunda özelleştirilmiş tedaviyi kendi ev konforunda ve güvenlik hissi içerisinde birebir ilgi görerek almaktadır. Bu durum hissedilen hizmet kalitesini ve hastanın memnuniyetini artırmaktadır.

Hastane ortamında hasta yakınları sadece ziyaret saatlerinde hastalarını görebilmektedir. Bu durum hastanın sosyal hayattan izole olmasına ve yanında görmek istediği insanlardan uzak kalmasına neden olmaktadır. Ancak evde sağlık hizmetleri sayesinde hasta sosyal hayattan izole edilmez ve yakın çevresi (aile-arkadaş) ile daha fazla vakit geçirebilir. Bu durum tedavi sürecine olumlu yansımaktadır. Ayrıca hastane ortamında bulunan enfeksiyon riski ev ortamında çok daha düşüktür.

Evde sağlık hizmetlerinin kişiye özgü olması tedavinin hasta tercihleri dikkate alınarak düzenlenebilme esnekliği tanımaktadır. Ziyaret saatlerini hastanın belirlemesi gibi kişiselleştirilmiş uygulamalar evde sağlık hizmetinin olumlu yönleri arasındadır.

Evde sağlık hizmetinin olumsuz yönleri düşünüldüğünde ilk akla gelen acil durumlardır. Hastane ortamında acil durumlarda hastaya müdahale etmeye hazır sağlık ekipleri bulunurken ev ortamında bu mümkün değildir. Ancak anında müdahalenin hayati önem

taşıdığı hastalar evde sağlık hizmeti kapsamında çıkmakta ve hastaneye yatışı yapılmaktadır.

Cihaz kullanımının yoğun olduğu vakalarda cihazların bakımı, kontrolü, doğru çalıştırılması kritik öneme sahiptir. Hasta veya hasta yakınlarının cihaz kullanımında bir hata yapmaları telafisi olmayan sonuçlar doğurabilmektedir. Bu risk, ilgili kişilere eğitim verilerek ve hasta ziyaretlerinde yapılan kontrollerle en aza indirgenmeye çalışılmaktadır.

Evde sağlık hizmetinin sunumu sırasında sağlık ekiplerinin hastanın ev ortamına girmesi özel hayata müdahale gibi algılanabilmektedir. Bu durumun kişiden kişiye değişmekle birlikte hastalar için rahatsız edici olabilir.

Sağlık sektöründe hizmet veren ve alan arasındaki uyum tedavinin başarısı üzerinde etkilidir. Evde sağlık hizmetlerinde hastanın hizmet vereni seçme imkânı olmayabilir. Dolayısıyla hasta, hizmet veren ile uyum sağlayamayabilir veya personeli bilgi, beceri veya tecrübe açısından yetersiz bulabilir.

Hasta ziyaretlerinde üretilen bilgiler tedavinin devamı için önem arz eder. Her ziyarette hastanın durumuna ilişkin bilgiler formlar yardımıyla bir sonraki ziyarete aktarılır. Ancak dilsel ifadeler değerlendiriciye özgüdür. Bu nedenle her ziyarette farklı personelin hasta ile ilgilenmesi bir önceki ziyarette üretilen bilginin doğru bir şekilde değerlendirilmesini engellemektedir.

Tablo 3 Evde Sağlık Hizmetlerinin Olumlu ve Olumsuz Yönleri

Evde Sağlık Hizmetlerinin	
Olumlu Yönleri	Olumsuz Yönleri
+Ekonomik olması	-Acil durumlar
+Daha konforlu olması	-Özel hayata müdahale hissi
+Personelden birebir ilgi görülmesi	-Teknik bilgi gereksinimi
+Daha az enfeksiyon riski	-Personel ile uyum sağlayamama
+Sosyal izolasyonun kaldırılması	

Evde sağlık hizmeti uygulamasının olumlu ve olumsuz yönleri Tablo 3’de özetlenmiştir. Tüm yönleriyle değerlendirildiğinde olumlu taraflarının daha ağır bastığı ve genel sağlık sistemine getirdiği avantajlar nedeniyle tercih edilmektedir.

1.3 BAKIMIN SÜREKLİLİĞİ KAVRAMI VE ÖNEMİ

Doktorlar gün içerisinde çok sayıda hiç tanımadıkları hasta ile ilgilenmek durumundadır. Kısıtlı süre içerisinde hastanın tıbbi geçmişini öğrenmeleri, mevcut rahatsızlığa tanı koymaları ve uygun tedavi yöntemi belirlemeleri gerekmektedir. Hasta ise hiç tanımadığı birine sağlık gibi önemli bir konuda güvenmek zorundadır. Hastaların sağlık problemlerinde aynı doktora başvurması halinde hem hasta hem de doktor için tatmin edici ve etkili bir konsültasyon ile birlikte kaliteli hizmetin üretilebileceği düşünülmektedir (Sudhakar-Krishnan & Rudolf, 2007). Bu düşünce bakımın sürekliliği kavramının özünü oluşturmaktadır.

Bakımın sürekliliği, sağlık kalitesinin temel, önemli ve öncül unsurlarından biri olarak kabul görmektedir (Wenger & Young, 2004), (Haggerty, et al., 2003), (Sparbel & Anderson, 2000)). Bakımın sürekliliğinin sağlanması; hasta güvenliğinin sağlanabilmesi (Cook, Render, & Woods, 2000), hasta memnuniyetinin sağlanabilmesi (Saultz & Albedaiwi, 2004), hizmetin etkin ve verimli gerçekleştirilebilmesi (Wierdsma, Mulder, de Vries, & Sytema, 2009) gibi nedenlerle sağlık alanındaki karar vericilerin ortak amacıdır. Bakımın sürekliliğinin, personelin hastanın geçmişini ve bakım planını gözden geçirmek için harcadığı zaman ve çabayı azaltmak, ve hasta-personel arasında yakın ilişkileri teşvik etmek de dahil olmak üzere birçok yararı vardır (Hewitt, Nowak, & Nataraj, 2016).

Amerikan Aile Hekimleri Akademisi (2018)(The American Academy of Family Physicians) zaman içindeki bakım kalitesiyle ilgili olan bakımın sürekliliği kavramını, hasta ve bakım ekibinin, yüksek kalitede ve maliyet etkin tıbbi bakımın ana hedef olduğu sağlık yönetimine katıldığı süreç olarak tanımlamaktadır.

Shortell (1976) ise bakımın sürekliliği kavramını hizmetlerin, hastaların tıbbi bakım ihtiyaçları ile tutarlı, eşgüdümlü ve kesintisiz bir olaylar dizisi kapsamına alınma derecesi olarak tanımlamaktadır.

Geleneksel olarak, bakımın sürekliliği, hastaya tanımlanmış bir sağlık hizmetleri uzmanı ile “*sürekli bir bakım ilişkisi*” deneyimini ifade eder (Gulliford, Naithani, & Morgan, 2006).

Norveç'te yapılan araştırmalar, sürekli bakımın sadece hasta memnuniyetini arttırmakla kalmayıp, zamandan tasarruf eden, daha az derecede laboratuvar testi ve ilaç kullanımını sağlayan bilgilerin biriktirmesini de sağladığını göstermiştir (Hjortdahl & Borchgrevink, 1991), (Hjortdahl & Laerum, 1992). Araştırmalarda hastaların doktorlarıyla olan ilişkilerine daha fazla değer verdiğini ve sağlıkları üzerinde daha fazla kontrol sahibi olduklarını hissettikleri görülmüştür (Hjortdahl & Laerum, 1992).

Sağlık literatüründe bakımın sürekliliği kavramı üç alt boyutta değerlendirilmektedir. Bunlar; kişiler arası süreklilik (interpersonal continuity), bilgisel süreklilik (informational continuity) ve yönetimsel süreklilik (management continuity) dir. Kişiler arası süreklilik; hasta ile sağlık personeli arasındaki ilişkiyi kapsamaktadır. Bilgisel süreklilik; hasta hakkında edinilen bilginin hizmet sağlayıcılar arasındaki iletimini kapsamaktadır. Yönetimsel süreklilik ise personel ve kaynak yönetimi dahil olmak üzere bakımın planlanması ve koordinasyonunu kapsamaktadır. Bu üç boyut birbirinden bağımsız değerlendirilemez, iç içe geçmiş durumdadırlar (Saultz J. M., 2003).

Literatürdeki çalışmaların çoğu bakımın sürekliliği kavramını hastane ortamındaki uygulamalar ile ilişkilendirse de evde sağlık hizmetleriyle de ilişkilendiren çok sayıda çalışmaları bulunmaktadır (Ware, Tugenberg, Dickey, & McHorney, 1999), (Christakis, Wright, Koepsell, Emerson, & Connell, 1999), (Bell, ve diğerleri, 2009), (Saultz & Lochner, 2005), (Roberts, Nolet, & Bowers, 2015)).

1.4 BAKIMIN SÜREKLİLİĞİNİN ÖLÇÜLMESİ

Sağlık literatüründe bakımın sürekliliğinin ölçülebilmesi için çok sayıda yöntem bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; Usual Provider Continuity Index (UPC), Index of Continuity of Care (COC), Sequential Continuity Index (SECON) dir. Her yöntem konuya bakış açısına göre farklı bir yaklaşım sergilemektedir. Veri kaynağına (tıbbi kayıtlar, anketler, talep verileri gibi) bağlı olarak farklı süreklilik ölçümleri kullanabilmektedir (Jee & Cabana, 2006).

Ardışık Süreklilik İndeksi (SECON) ardışık iki ziyarette aynı personelin hasta ile ilgilenmesini dikkate almaktadır. Sık kullanılan yöntemlerden biri olan UPC ise (Breslau & Reeb, 1975) bir hastanın atanmış doktoruna yaptığı ziyaretlerini yıl içerisindeki toplam doktor ziyaretlerine bölümü ile hesaplama yapmaktadır. Bu ölçüm hastaların doktorlara ulaştığı sistemlerde kullanılması avantaj sağlamaktadır.

Sağlık literatüründe sıkça kullanılan Bice ve Boxerman (1977) tarafından geliştirilen COC (Index of Continuity of Care) bakımın sürekliliği indeksi, ölçüm periyodunda hasta ile ilgilenen personelin tutarlılığını dikkate almaktadır. Tanıtılmasının üzerinden uzun yıllar geçmesine rağmen, bu yöntem sağlık alanında bakımın sürekliliğinin ölçüldüğü güncel çalışmalarda hala kullanılmaktadır (Wang, et al., 2019), (Yu-Hsiang, Tung-Sung, Yee-Yung, & Shiao-Chi, 2018), (Bazemore, et al., 2018)). Evde sağlık hizmetlerini konu alan çalışmalar incelendiğinde bakımın sürekliliğini COCI değeri ile ölçüldüğü görülmektedir (Russell, Rosati, Rosenfeld, & Marren, 2011).

İndeks değerinin hesaplama formülü Denklem 1’de gösterilmektedir.

Denklem 1: Bakımın Sürekliliği İndeks Değeri

$$COCI = \frac{\sum^S (n_j)^2 - n}{n(n - 1)}$$

n : Hastaya yapılan ziyaret sayısı, n_j : j personeli tarafından yapılan ziyaret sayısı, S : Toplam hemşire sayısını göstermektedir.

Kaynak: (Bice & Boxerman, 1977)

Formülün 3 farklı durum üzerinden örnek hesaplaması ile Tablo 4 gösterilmektedir.

Tablo 4 Bakımın Sürekliliği İndeksi Değeri Örnek Hesaplama

	1	2	3	4	5	Hesaplama	COCI
Durum 1	N1	N1	N1	N1	N1	$\frac{(5_{N1}^2) - 5}{5 * (5 - 1)}$	1.0
Durum 2	N1	N2	N3	N4	N5	$\frac{(1_{N1}^2 + 1_{N2}^2 + 1_{N3}^2 + 1_{N4}^2 + 1_{N5}^2) - 5}{5 * (5 - 1)}$	0.0
Durum 3	N1	N1	N1	N1	N2	$\frac{(4_{N1}^2 + 1_{N2}^2) - 5}{5 * (5 - 1)}$	0.6

COCI değeri 1.0 ile 0.0 arasında değer almaktadır. Hastaya yapılan tüm ziyaretler aynı personel tarafından gerçekleştiriliyorsa (durum 1) 1.0, her ziyareti farklı personel gerçekleştiriyorsa (Durum 2) 0.0 değerini alır.

Bakımın sürekliliği indeksi yöntemi ziyaret sayısına ve ziyarette bulunan toplam personel sayısına duyarlıdır (Steinwachs, 1979). Bu durum Tablo 5’deki örnek üzerinden doğrulanabilir.

Tablo 5 Bakımın Sürekliliği İndeksi Duyarlılık Tablosu

	Ziyaretler										COCI	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Hasta 1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	1.00
Hasta 2	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N2	0.80
Hasta 3	N1	N2	N3	N4	N5	N1	N2	N3	N4	N5		0.11
Hasta 4	N1	N1	N2	N2	N3	N3	N4	N4	N5	N5		0.11
Hasta 5	N5	N5	N5	N5	N5							1.00
Hasta 6	N5	N5	N5	N5	N2							0.60
Hasta 7	N1	N2	N4	N4	N5							0.10
Hasta 8	N1	N2	N3	N4	N5							0.00

Örnekte hasta ziyaretlerini gerçekleştiren hemşireler “N” harfi ile gösterilmektedir. Toplamda 5 (N1, N2, N3, N4, N5) hemşire bulunmaktadır. İlk 4 hasta (Hasta 1-4) 10 defa ziyaret edilmiş geri kalan 4 hasta ise (Hasta 5-8) 5 defa ziyaret edilmiştir. Sağ sütunda ilgili hasta için hesaplanan bakım sürekliliği indeks değeri bulunmaktadır.

Hasta 1 ve 5’in tüm ziyaretleri aynı hemşire tarafından gerçekleştirilmiştir ve her iki hastanın da bakımın sürekliliği indeks değeri 1.0’dur. Bir hastanın tüm ziyaretleri aynı

hemşire tarafından gerçekleştirilmesi durumunda bakımın sürekliliği indeks değeri ziyaret sayısına duyarsızdır.

Hasta 8'e yapılan ziyaretler incelendiğinde her ziyaretin farklı hemşireler (toplam 5 hemşire) tarafından gerçekleştirildiği görülmektedir ve bakımın sürekliliği indeks değeri 0.0 olarak hesaplanmıştır. Hasta 7'ye yapılan ziyaretler incelendiğinde Hasta 8'den farklı olarak tüm ziyaretlerin toplamda 4 farklı hemşire tarafından gerçekleştirildiği, bir hemşirenin 2 kez ziyarette bulunduğu görülmektedir. Bu nedenle Hasta 8'in bakımın sürekliliği indeks değeri 0.0 iken Hasta 7'nin bakımın sürekliliği indeks değeri 0.10 olarak hesaplanmıştır. Bakımın sürekliliği indeks değeri ziyaretleri gerçekleştiren personellerin sayısına duyarlıdır ve sürekliliğinin oluşabilmesi için ziyareti gerçekleştiren personellerden en az birinin 1 den yüksek ziyaret frekansına sahip olması gerekmektedir.

Bakımın sürekliliği indeks değeri aynı (0.11) olan Hasta 3 ve 4'un tüm ziyaretleri 5 farklı hemşire tarafından gerçekleştirilmiştir. Her iki hastayı ziyaret eden tüm hemşirelerin ziyaret frekansı 2'dir. Aralarındaki tek fark hemşirelerin ziyaret sıralamasının farklı olmasıdır. Bu örnekte bakımın sürekliliği indeks değerinin hemşirelerin ziyaret sıralamasına duyarsız olduğu anlaşılmaktadır.

Hasta 2 ve Hasta 6'ya yapılan ziyaretler incelendiğinde, her iki hasta ile sadece bir ziyarette farklı geri kalan tüm ziyaretler aynı hemşirenin ilgilendiği görülmektedir. Buna rağmen Hasta 2'nin bakımın sürekliliği indeks değeri 0.8, Hasta 6'in ise 0.6 olarak hesaplanmaktadır. Bu örnekte de bakımın sürekliliği indeksi değerinin toplam ziyaret sayısına duyarlı olduğu görülmektedir.

Özetlenecek olursa bakımın sürekliliği indeks değeri;

- Tüm ziyaretlerinin aynı (farklı) hemşire tarafından gerçekleştirilmesi durumunda ziyaret sayısına duyarsızdır.
- Ziyaretleri gerçekleştiren personellerin sayısına duyarlıdır.
- Hemşirelerin ziyaret sıralamasına duyarsızdır.
- Toplam ziyaret sayısına duyarlıdır.

Evde sağlık hizmetlerinin çalışma sistematığı dikkate alındığında bakımın sürekliliği değerinin Bice ve Boxerman (1977) 'ın geliştirdiği COCI ile hesaplaması en uygun

seçenektir. Çünkü bu yöntem sağlık personelinin sayısını, her personelin ziyaret sayısını ve toplam ziyaret sayısını dikkate almaktadır.

1.5 BAKIMIN SÜREKLİLİĞİ İLE İŞ YÜKÜ İLİŞKİSİ

Önceki bölümde evde sağlık hizmetlerinde bakımın sürekliliğini ölçmek için en uygun yöntemin Bice ve Boxerman tarafından geliştirilen COCI yöntemi olduğundan ve COCI'nin duyarlılığından bahsedilmişti. Hatırlanacak olursa yüksek düzeyde COCI değeri elde edilebilmesi, her hasta için bir personelin yüksek ziyaret frekansına sahip olması ile mümkündür. Bu da personel için yüksek iş yükü anlamına gelmektedir. Sağlık personelinin iş yükündeki artış insani nedenlerden dolayı yapılan hataları artırmaktadır (Carayon & Gurses, 2008).

Yüksek bakımın sürekliliği değerinin personel iş yükü dengesini nasıl etkilediğini basitçe organizasyonun işleyişi üzerinden anlatılabilir.

Evde sağlık hizmeti veren organizasyon bir hizmet işletmesidir. Hizmetlerin stoklanamaz olması ve karşılanmayan talebin kaybedilecek olması nedeniyle organizasyon talebin geldiği anda cevap verebilecek üretim kapasitesi olmalıdır. Evde sağlık hizmeti sektöründe ana hizmet üretim unsuru personel olduğu için ihtiyaçtan fazla personel istihdam edilmek durumundadır. İstihdam edilecek her personel organizasyonun hizmet verebileceği hasta kapasitesini personelin ilgilenebileceği hasta nispetinde kademeli olarak artıracaktır. Ayrıca herhangi bir sebeple personelin görevini yerine getiremeyeceği (izinli olma, raporlu olma, acil durumlar gibi) durumlarda hasta ziyareti atlanamayacağı için hastayı farklı bir personel ziyaret etmelidir. Bu bilgiler ışığında evde sağlık hizmeti veren organizasyonun sisteminde kapasiteden daha az hasta bulunabilir ancak ihtiyaçtan fazla personel bulundurulmalıdır.

Organizasyon yüksek bakımın sürekliliği değeri politikası izlediğinde toplam iş yükü personellere dengeli dağıtılamamaktadır. Tablo 6'deki örnek üzerinden bu dengesizliği açıklamaya çalışalım. Örnekte her biri 5 hasta kapasiteli 2 personel ve 9 hasta olduğunu düşünelim.

Tablo 6 (A) COCI ve İş Yüğü Dengesi Arasındaki İlişki

A	Ziyaretler										İş Yüğü	COCI	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Hasta 1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	50	1.0
Hasta 2	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1			N2
Hasta 3	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1			1.0
Hasta 4	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1			1.0
Hasta 5	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1			1.0
Hasta 6	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2			1.0
Hasta 7	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2			1.0
Hasta 8	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2			1.0
Hasta 9	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2			1.0

Tablo 7 (B) COCI ve İş Yüğü Dengesi Arasındaki İlişki

B	Ziyaretler										İş Yüğü	COCI	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Hasta 1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N2	N2	N2	N2	N1	46	0.47
Hasta 2	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N2	N2	N2	N2			N2
Hasta 3	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N2	N2	N2	N2			0.47
Hasta 4	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N2	N2	N2	N2			0.47
Hasta 5	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N2	N2	N2	N2			0.47
Hasta 6	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N1	N1	N1	N1			0.47
Hasta 7	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N1	N1	N1	N1			0.47
Hasta 8	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N1	N1	N1	N1			0.47
Hasta 9	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N1	N1	N1	N1			0.47

A tablosu incelendiğinde tüm hastaların bakımın sürekliliği indeks değerinin 1.0 olduğu görülmektedir yani tüm ziyaretler aynı personel tarafından gerçekleştirilmiştir. Bunun yanında iş yükü dengesi incelendiğinde N1 personelin 50, N2 personelinin ise 40 ziyarette bulunduğu görülmektedir.

B tablosu incelendiğinde ise hastaların bakımın sürekliliği indeks değerinin 0.47'e düştüğünü, bunun karşılığında N1 personelinin 46, N2 personelinin ise 44 ziyarette bulunduğu görülmektedir. COCI değerindeki düşüşe karşılık iş yükü dengesizliğinde iyileşme meydana gelmiştir. Planlama periyodu yeteri kadar uzun olması durumunda iş yükündeki dengesizlik tamamen ortadan kalkabilir.

Evde sağlık hizmetinde personelin iş yükünün etkisini inceleyen alışmalar (Ellenbecker, 2004), (Frazier, 2003)) iş yükündeki dengesizliğin personel açısından tatminsizlik, tükenmişlik, işten ayrılma isteğinde artış gibi olumsuzluklara, hasta açısından ise tedavinin doğru uygulanmaması, kalıcı sağlık problemlerine ve hatta ölümlere neden olduğunu vurgulamaktadır. Ayrıca bu dengesizlik organizasyon açısından önemli bir kaynağın verimsiz kullanımına neden olmaktadır. İş yükünün dengeli dağıtılma çabası ise yüksek bakımın sürekliliği politikası izlenmesine engel olmaktadır. Bu nedenle organizasyonlar bakımın sürekliliği ile personel iş yükü arasında bir denge kurmaları gerekmektedir.

2. BÖLÜM

EVDE SAĞLIK ATAMA VE ROTALAMA PROBLEMİ

Evde sağlık atama ve rotalama problemi, literatürde çok çalışılan hemşire atama (çizelgeleme) ve araç rotalama probleminin evde sağlık hizmetleri özelliklerini taşıyan bileşimidir. Hemşire atama (Burke, Causmaecker, Berghe, & Landeghem, 2004), (Ernst, Jiang, Krishnamoorthy, & Sier, 2004) ve araç rotalama (Braekers, Ramaekers, & Nieuwenhuysse, 2016) problemleri ele alınan duruma göre farklı amaç ve kısıtları olan farklı çözüm yaklaşımları geliştirilen geniş literatüre sahip konulardır. Dolayısıyla iki problemin birleşimiyle oluşan evde sağlık atama ve rotalama problemi çok boyutludur. (Cissé, ve diğerleri, 2017), (Fikar & Hirsch, 2017), (Emiliano, Telhada, & do Sameiro Carvalho, 2017), (Mascolo, Espinouse, & Hajri, 2017).

Bölümün devamında öncelikle konuyla ilgili olarak hemşire atama ve araç rotalama literatürüne yer verilmiştir. Sonrasında evde sağlık atama ve rotalama problemini şekillendiren karakteristik özelliklerinden ve ilgili literatürden bahsedilmektedir.

2.1 HEMŞİRE ATAMA PROBLEMİ

Hemşire atama (çizelgeleme) problemi, genel personel atama probleminin sağlık sektörüne göre özelleşmiş biçimidir. Hemşirelerin belirlenmiş görevlere çeşitli kısıtlar (beceriler, tercihler, yasal düzenlemeler vb.) gözetilerek atama işlemini kapsamaktadır.

Bilindiği kadarıyla tercihler doğrultusunda hemşire atama problemine matematiksel modelleme ile çözüm arayan ilk çalışma Warner (1976) 'ın "*Scheduling Nursing Personnel According to Nursing Preference: A Mathematical Programming Approach*" başlıklı yayınıdır. Çalışmada hemşirelerin çalışma süresi, vardiya düzeni ve izin günlerine yönelik tercihleri dikkate alınarak dört ile sekiz haftalık çizelgelenmeler oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu çalışmanın öncesinde Warner ve Prawda (1972) vardiyalarda ihtiyaç duyulan farklı beceri düzeyindeki hemşire sayısını karşılayan ve hemşire kıtlık maliyetini (shortage cost) minimize eden hemşire atama problemini karma tamsayılı kuadratik programlama ile oluşturmuşlardır. Oluşturulan model 6 servise sahip 600 yataklı bir hastanede test edilmiştir. Konun akademik olarak ilgi gördüğü ilk yıllarda Warner'ın

hemşire tercihlerini ve becerilerini dikkate alması bu iki niteliğin hemşire atama problemi için önemini göstermektedir.

Sitompul ve Randhawa (1990) konuya finansal açıdan yaklaşmış ve sağlık harcamalarının kontrolünde hemşirelerin etkili bir şekilde programlanmasının önemli olduğunu vurgulamıştır. Değişken talep ve birbirleriyle çelişen çıkarlar doğrultusunda oldukça karmaşık bir hal alan hemşire çizelgeleme problemi için literatürdeki çözüm yaklaşımlarının taramasını gerçekleştirmiştir. Bu çalışma hemşire atama probleminin esas amacının maliyetleri düşürmek olduğunu manuel olarak yapılan çizelgelere göre bilimsel yöntemlerle oluşturulan çizelgelerin maliyet açısından daha etkili sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Easton ve diğerleri (1992) sekiz servis ve ameliyat biriminde 1 aylık dönem için 12 farklı çizelgeleme politikasının simülasyonu gerçekleştirmişlerdir. Hemşire ödemelerinde ve işgücü gereksinimlerinde politikalar arasında %33'e varan fark oluşabildiğini raporlamışlardır.

Siferd ve Benton (1992) hastane personel planlama ve çizelgeleme kararlarını etkileyen faktörleri incelemiştir. 31 farklı hastane yöneticisi ve toplam 348 servis üzerinden yaptığı araştırmada problemin karmaşıklığını ortaya koymuş ve kararları etkileyen en önemli faktörün maliyet olduğunu belirtmiştir. Merkezi olmayan manuel olarak çizelge oluşturmanın oldukça yaygın olduğunu raporlamıştır. Personel eksikliğinin çoğunlukla fazla mesai ile giderildiğini ve çoğu zaman farklı servislerdeki personellerden yardım alındığını belirtmiştir.

1992 yılı içerisinde gerçekleştirilen Easton ve Siferd'in çalışmaları her servis biriminin işleyiş biçimi, gereksinimleri doğrultusunda birbirinden ayrıştığını ve her birimin kendi durumuna özgü çizelgeleme politikası geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Silvestro ve Silvestro (2000) İngiltere ulusal sağlık sistemi üzerinde yaptığı çalışmada 3 farklı hemşire çizelgeleme politikası belirlemiştir. Bunlar; merkezi çizelgeleme; tüm hemşirelerin çizelgelemesi tek bir personel tarafından gerçekleştirildiği durum, takım çizelgeleme; takımlara ayrılmış hemşirelerin çizelgelemesini takım üyelerinden birinin diğer üyelere danışarak gerçekleştirildiği durum ve son olarak servis hemşirelerinin kendi kendilerine oluşturduğu çizelgelemedir. Ayrıca hemşire çizelgeleme probleminin

karmaşıklığını etkileyen 4 önemli unsur belirlenmiştir. Bunlar; personel sayısı, talebin tahmin edilebilirliği, talebin değişkenliği ve personel becerilerindeki farklılıktır.

Bu noktada Siferd ve Benton ‘un çalışmasına geri dönecek olursak birbirine benzeyen birimler için merkezi çizelgeleme politikası izlenmesi insan kaynağının daha etkin kullanımını ve fazla mesai maliyetlerinin düşürülmesi açısından daha verimli olacağı söylenebilir.

Hemşire atama problemini karmaşıklaştıran bir diğer unsur döngüsel çizelgeleme (Cyclical Scheduling) konusudur. Warner (1976)’a göre döngüsel çizelgelemenin personelin uzun dönemli çalışma planını bilmesi, birbirini tekrarlayan çizelgenin rutin oluşturması gibi avantajları olduğunu savunmaktadır. Megeath (1978) hastane personel çizelgelemesi için vardiyalardaki personel dengesini karşılayan 7 günlük izinleri içeren döngüsel çizelgeleme önermektedir. Ayrıca döngüsel çizelgelemenin esnekliğinin az olduğunu, personel tercihlerinin ve talebin esnek olduğu ortamlarda uygulanmasının mümkün olmadığını raporlamaktadır. Hung (1992), Megeath’ı destekler nitelikte döngüsel çizelgelemenin talebin tutarlı ve değişkenliğinin az olduğu ortamlarda uygulanabileceğini vurgulamaktadır. Ayrıca döngüsel çizelgelemenin hemşire ve yönetici açısından çok fazla avantajı olmasına rağmen gerçek hemşire çizelgeleme uygulamalarında uygulanabilirliğinin düşük olduğunu söylemektedir. Buradan döngüsel çizelgeleme her ne kadar avantajları nedeniyle cazip bir yöntem olarak görülse de uygulanabilirliğinin düşük olması nedeniyle tercih edilmediği sonucuna ulaşılmaktadır.

Hemşire çizelgelemede personel ve organizasyon (hastane) olmak üzere iki paydaştan söz edilebilir. İki paydaşın çıkarlarını tatmin eden bir çizelgeleme sağlık hizmetlerinin kalitesini etkilemektedir. Bu noktada karar vericilerin dikkate aldığı unsurlardan bazıları (Cheang, Li, Lim, & Rodrigues, 2003) aşağıda listelenmektedir.

Tablo 8 Hemşire Atama Probleminde Genellikle Dikkate Alınan Unsurlar

- | | |
|---|------------------------------------|
| • Hemşire iş yükü | • Ardışık vardiya sayısı |
| • Ardışık çalışma gün sayısı | • Hemşire becerileri / yetenekleri |
| • Hemşire tercihleri | • İzin günleri |
| • Vardiyalar arasındaki boş zaman | • Vardiya tipleri |
| • Planlı tatiller | • Haftasonu çalışma |
| • Hemşirelerin birlikte çalışma veya çalışmama durumu | • Vardiya düzeni |
| • Geçmiş görevlendirmeler | • Vardiyanın gereksinimleri |

Bu unsurlardan birkaçı yasal düzenlemelerin gereğince zorunlu olarak dikkate alınması gereken unsurlar olsa da çoğunluğu hemşire ile hastane arasındaki çıkar çatışmasını dengelemeyi amaçlamaktadır. Karar verici, en az maliyetle en yüksek kaliteli hizmeti sağlayacak çizelgeyi oluştururken hemşirelerin insani nedenlerden dolayı hata yapma olasılıklarını en aza indirmeye çalışmaktadır. Manuel olarak oluşturulan çizelgeler paydaşları tatmin edecek optimal çizelgenin oluşturulmasını garanti edememektedir. Bu nedenle araştırmacılar problemin çözümü için optimizasyon modelleri önermektedirler.

Millar ve Kiragu (1998) iki vardiya tipini içeren döngüsel ve döngüsel olmayan hemşire çizelgeleme problemini tek amaçlı en kısa yol problemi olarak modellemiş ve CPLEX optimizasyon yazılımı ile çözmüştür. Berrada ve diğerleri (1996) hemşire çizelgeleme problemini çok amaçlı olarak modellemişlerdir. Oluşturulan modelde esneklik tanınmayan unsurları kısıtlarda, esnek olabilen unsurlar ise amaç fonksiyonunda yer almaktadır. Çok amaçlı model, amaçların tek tek ve eşit ağırlıklandırılarak iki şekilde çözülmüştür. Çok amaçlı modellerin daha gerçekçi ve esnek olduğu söylenebilir.

Valouxis ve Housos (2000) bir aylık planlama ufkuna sahip hemşirelerin dinlenme sürelerini dikkate alan, hastane çıkarlarını tatmin eden bir tamsayı doğrusal programlama modeli oluşturmuştur. Çalışmada modelin çözümü için hibrit bir yol izlenmiştir. Öncelikle model yaklaşık olarak çözülmekte sonrasında yerel arama algoritmalarıyla iyileştirme yapılmaktadır.

Hemşire atama problemleri gibi kombinatoriyal problemler için optimum çözümler üretmek için çok fazla hesaplama süreleri gerektirir. Buna karşılık, sezgisel yaklaşımlar

optimal değerden bir miktar feragat edilerek oldukça kısa sürede kabul edilebilir sonuçlar verebilir. Birçok sezgisel yaklaşım, manuel atamanın otomatikleştirilmiş halidir (Hung R. , 1995). Meta sezgisel yaklaşımlar ise bir çözümden diğerine komşu çözümlerin oluşturduğu alan üzerinden geçiş yapılmasına olanak veren birbirini tekrarlayan bir dizi aşamadan oluşmaktadır. Kombinatoryal problemlerde oldukça sık kullanılan bir çözüm yaklaşımıdır.

Dowland (1998) büyük bir hastane için işyükü dengesini gözetken, bireysel tercihler ve izin günlerini dikkate alan, her zaman yeterli sayıda hemşirenin görevde olmasını garanti eden hemşire çizelgeleme problemine tabu arama meta sezgiseli ile çözüm aramıştır.

Aickelin ve Dowland (2000) potansiyel çözüm popülasyonlarıyla arama yapmak ve ceza fonksiyonlarını veya onarımlarını kullanarak kısıtlamaları ele almak yerine, optimizasyon ve kısıt tatmini dengeleme görevinin açgözlü bir sezgisel ve genetik algoritma arasında paylaşıldığı dolaylı bir yaklaşım önermişlerdir.

Hemşire atama probleminin karmaşıklığını artırıcı bir özellik olan süreklilik kavramı ile ilgili literatüre 2. Bölümde ve bu bölümün devamındaki evde sağlık atama ve rotalama probleminin karakteristik özelliklerinin anlatıldığı bölümde değinilmiştir.

2.2 ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ

Araç rotalama problemi, genel olarak değişken kapasiteye sahip araç filosunu kullanarak merkezi depodan coğrafi olarak dağılmış bir dizi müşteriye nasıl hizmet edilebileceğini kapsamaktadır. Problemin amacı kısıtları karşılayan en az mesafeye sahip rotanın oluşturulmasıdır.

Araç rotalama literatürü Dantzig ve Ramser (1959)'ın homojen bir kamyon filosu ile merkezden bir dizi akaryakıt istasyonunun talebini en az mesafe ile karşılanmasını modellediği "*Truck Dispatching Problem*" başlıklı yayını ile başladığı kabul edilir. Bu çalışmadan kısa bir süre sonra Clarke ve Wright (1964) lojistik sektöründe sıkça karşılaşılan araç rotalama problemi için genelleştirilmiş doğrusal programlama modeli geliştirmiştir.

Güncel çalışmalar literatürün temelini oluşturan bu iki çalışmadan oldukça farklıdır. Modern lojistik problemleri; zamana bağlı seyahat süreleri, zaman pencereli teslimat ve toplama, dinamik olarak değişen talep bilgileri içeren karmaşık durumları ele almaktadır. Araç rotalama problemleri hemşire atama problemleri gibi NP-Zor sınıfı problemlerdir (Lenstra & Kan, 1981). Kesin çözüm veren yöntemler sadece küçük ölçekli problemlerde etkilidir. Pratikteki uygulamalar büyük ölçekli olduğu için sezgisel ve meta sezgiseller yöntemler daha kullanışlı olmaktadır.

Yöneylem araştırması kapsamında araç rotalama problemi en fazla literatüre sahip konulardan biridir. Ele alınan lojistik problemlerinin herbirinin farklı niteliklere sahip olması zengin bir literatür olmuştur (Eksioglu, Vural, & Reisman, 2009) (Toth & Vigo, 2014). Bu tez kapsamında ele alınan araç rotalama problemi çerçevesinde zaman pencereli araç rotalama, insan taşımacılığı ve transfer seçenekli araç rotalama literatüründen bahsedilecektir.

Solomon (1983) klasik araç rotalama problemine zaman pencereleri eklemiş ve literatürde iyi bilinen karşılaştırma veri setlerini (Solomon Instances) oluşturmuştur. Klasik araç rotalama problemlerinde aracın müşterilere ne zaman ulaştığı ve ne zaman servise başladığı önemli değil iken zaman pencereli araç rotalama problemlerinde araçlar müşterilere belirlenen zaman aralıklarından önce ulaşmaları ve bu aralıkta servisi gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Zaman pencereleri esnek ve katı olmak üzere iki şekilde modele dahil edilebilir. Esnek zaman pencereli modellerde servisin belirlenen zaman aralıklarından dışında başlaması ceza maliyeti ile minimize edilmeye çalışılır. Katı zaman pencereli modellerde ise servis belirlenen zaman aralıklarında başlamak zorundadır. Araç müşteriye erken gelebilir ancak servis zamanına kadar beklemek zorundadır. Ayrıca aracın geç kalmasına müsaade edilmez. Zaman pencereleri araç rotalama probleminin çözümünü oldukça zorlaştıran önemli bir niteliktir (Kallehauge B. , Larsen, Madsen, & Solomon, 2005).

Pratikteki uygulamalarda esnek zaman penceresi kullanımı yaygındır. Koskosidis ve diğerleri (1992) zaman penceresi ihlalini sabit bir ceza ile kabul eden araç rotalama problemini karma tamsayılı modelleme ile modellemiştir. Problemin çözümü için optimizasyon tabanlı bir sezgisel yaklaşım önerilmektedir. Balakrishnan (1993) esnek zaman pencereli araç rotalama problemi için üç basit sezgisel çözüm önerisinde

bulunmuştur. Problemede müşteri taleplerinin bilindiği ve homojen filonun tek bir depodan müşterilere hizmet verdiği varsayılmaktadır. Zaman penceresi ihlalini doğrusal bir fonksiyon ile cezalandırılarak minimize edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca izin verilen maksimum geçikme ve bekleme süreleri için bir üst limit belirlenmiştir.

Zaman penceresinin esnek veya katı olarak belirlenmesinde araç rotalama problemini motive eden lojistik hizmetine konu olan ürünün niteliği önemlidir. Özellikle ürün teslimatının zamana duyarlılığının yüksek olduğu sektörlerdeki (sağlık, taze gıda) araç rotalama problemlerinde katı zaman pencerelerinin kullanıldığı görülmektedir. Liu (2017) evde bakım hizmeti kapsamında merkezi bir depodan başlanarak hastaların evlerini dolaşarak ilaç ve medikal ihtiyaçları dağıtımını konu alan lojistik problemini ele almıştır. Çalışanların öğle yemek aralarını dikkate alan katı zaman pencereli üç indisli matematiksel model önermiş ve dal-fiyat algoritması ile çözüm aramıştır. Osvald ve Stirn (2008) dayanıklılığı zayıf olan taze gıda dağıtımını için katı zaman pencereli ve zamana bağlı seyahat süresini dikkate alan bir model önermektedir. Çalışmada bozulabilme durumu dağıtım maliyetine yansıtılmış ve tabu arama algoritmasıyla model çözülmeye çalışılmıştır.

Genellikle lojistik problemleri bir ürünün hareketi olarak değerlendirilir ancak insan taşımacılığında araç rotalama literatüründe yeri olan önemli bir konudur. Ürün taşımacılığı maliyet ve zaman odaklı iken insan taşımacılığı hizmet kalitesi odaklıdır (Doerner & Salazar-González, 2014). Okul servisi rotalama problemi (School Bus Routing Problem), araba paylaşımı (Car Pooling), talebe duyarlı ulaştırma (Demand Responsive Transportation) insan taşımacılığı araç rotalama problemi örnekleridir.

Bowerman ve diğerleri (1995) kırsal alanda okul servisi rotalama problemi için çok amaçlı bir yaklaşımla çözüm önermektedir. Problemede hizmet kalitesi, etkinlik (tüm öğrenciler araç rotasında mı? Öğrencilerin araca ulaşmaları için yürümeleri gerekiyor mu?) ve eşitlik kriteri (hizmet sunumunun adaletliğini -araca ilk binen öğrenci ilk iner gibi) ile ölçülmektedir. Önerilen yaklaşım ilk önce öğrencileri gruplarını sonra rotayı oluşturur.

Baldacci ve diğerleri (2004) aynı iş yerine gidecek kişiler için araç sayısını azaltmak adına araç paylaşımı modeli oluşturmuştur. Modelde araç kapasitesi, zaman pencereleri, maksimum bekleme zamanı ve maksimum sürüş süresi dikkate alınmıştır. Modelin amacı

kişilere araçlara atamak ve araçlar için optimal bir rota oluşturarak araca atanmayan kişi sayısını ve araçlar toplam sürüş mesafesini minimize etmektir.

Qian ve diğerleri (2012) deniz üstünde kurulan petrol kuyuları arasındaki personel taşımacılığında pilot ve yolcu riskini minimize etmek üzere helikopter rotalaması için matematiksel model oluşturmuş ve çözümü tabu arama algoritmasıyla aramıştır. Çalışma pilot riskini göze alarak seyahet süresini artırmak suretiyle yolcu riskinin azaltılabileceği, pilotların yolculardan daha fazla uçuş yaptığı göze alındığında pilot ve yolcu riski arasında bir denge bulunması gerektiği sonucuna ulaşmıştır.

Transfer seçenekli araç rotalama problemi, tedarik zinciri rotalama literatüründe oldukça başarılı sonuçlar veren çapraz yer değiştirme (cross docking) yaklaşımının insan taşımacılığını konu alan araç rotalama problemlerindeki yansımadır. Yolcuların transfer noktalarında araç değiştirmesine olanak vermektedir.

Cortés ve diğerleri (2010) topla ve dağıt araç rotalama problemine transfer noktaları ekleyerek yolculara belirli noktalarda araç değiştirme seçeneği sunan matematiksel model sunmuşlardır. Rais ve diğerleri (2014) Cortés'in çalışmasına benzer şekilde transfere izin veren topla ve dağıt araç rotalama problemini karma tamsayı matematiksel modelini oluşturmuştur. Çalışmadan elde edilen sonuçlar transfer mekanizmasının etkili olduğunu doğrulamaktadır

Qu ve Bard (2012) transferin faydalarını belirlemeye çalışan bölgesel bir hava taşımacılığında günlük rota planlama problemi ele almıştır. Çalışmanın birincil amacı bir uçağın kalkış noktasından varış noktasına varmadan ara bir noktaya iniş yapıp yolcularını ikinci bir uçakla varış noktasına ulaştırmasının maliyet tasarrufu sağlayacağı durumları belirlemektir.

Masson ve diğerleri (2014) kişilerin iki nokta arasındaki ulaşım isteklerini konu alan (Dial-A-Ride) araç rotalama problemine transfer mekanizmasını dahil etmiş ve uyarlanabilir geniş komşu arama (Adaptive Large Neighborhood Search) algoritması ile çözüm aramıştır.

2.3 EVDE SAĞLIK ATAMA VE ROTALAMA PROBLEMİNİN KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ

Literatürde benzer isimlerle anılan bu problem genel olarak “*farklı konumlardaki hastaların ihtiyaç duyduğu sağlık hizmetinin profesyoneller tarafından evlerinde ziyaret ederek vermesi*” şeklinde tanımlanabilir. Problem farklı bakış açılarına sahip; hasta, sağlık personeli ve sağlık kuruluşu olmak üzere 3 temel paydaştan oluşur. Her bir paydaşın kendine özel kısıtları probleme farklı nitelikler kazandırmaktadır. Cissé, ve diğerleri (2017) hazırladıkları literatür taramasında paydaşların özel kısıtlarını zamana bağlı kısıtlar, atama kısıtları ve konumsal kısıtlar olarak 3 grupta toplamışlardır. Aynı çalışmada oluşturulan kısıtlara bağlı sınıflandırma Tablo 9’de gösterilmektedir.

Tablo 9 Kısıtlara Dayalı Sınıflandırma Şeması

Paydaşlar	Zamansal Kısıtlar	Atama Kısıtları	Konumsal Kısıtlar
Sağlık Kuruluşu	–Planlama Periyodu –Rotalama Kararın Tekrarlanma Sıklığı	–Bakım sürekliliği	–Bölgeleme –Hizmet Tipi
Hasta	–Ziyaret Sıklığı –Zaman Pencereleri –Hizmetler Arasındaki Zamansal İlişki	–Tercihler	–Konumlar arası ağ türü
Sağlık Personeli	–Sözleşme Tipi –Çalışma Saati Limiti	–Yeterlilik/Beceri –İş yükü Dengeleme	–Personelin konumu

Kaynak: (Cissé, ve diğerleri, 2017)

Bölümün devamında Tablo 9’da gösterilen sınıflama doğrultusunda evde sağlık atama ve rotalama probleminin karakteristik özelliklerine yer verilmektedir.

2.3.1 Sağlık Kuruluşu İle İlgili Kısıtlar

2.3.1.1 Planlama Periyodu

Atama ve rotalama işleminin planlanma ufkunu ifade eder. Planlama için gerekli bilgiler kısa vade de kesinlik kazanırken vade uzadıkça personel ve hasta durumlarında

belirsizlikler oluşur. Operasyonel düzeyde kararlar için kısa planlama periyodu yeterlidir. Stratejik düzeyde yapılan planlamada belirsizlikleri dikkate alarak uzun süreli planlama periyodu belirlenebilir. Uzun süreli planlama ile sistemde uygulanacak stratejilerin etkileri analiz edilmesi mümkündür. Evde sağlık atama ve rotalama modellerinde genellikle planlama periyodu bir gün veya bir hafta gibi kısa süreli olarak belirlenmektedir.

Liu ve diğerleri (2013), Fransa’da bir evde sağlık firmasının günlük olarak gerçekleştirdiği ilaç ve medikal malzemeleri eczaneden hastalara ulaştırma faaliyetlerini çeşitli kısıtlar altında en az maliyetle, servis kalitesini artırmaya çalışan bir model oluşturmuşlardır. Bunun yanında genetik algoritma ve tabu arama algoritmalarından yararlanarak sezgisel bir çözüm önerisinde bulunmuşlardır.

Bard ve diğerleri (2014), terapistlerin haftalık rotalarını hastaların zaman tercihlerini, hukuki kısıtlamaları ve sözleşmelerini dikkate alarak maliyetleri (ulaşım vb.) minimize eden bir model oluşturmuş ve çözümü açgözlü rassal adaptif arama tekniği (GRASP-Greedy Randomized Adaptive Search Procedure) ile aramıştır.

Hewitt ve diğerleri (2016) ise uzun süreli planlama ile kısa süreli planlama arasında bakımın devamlılığını sağlayarak operasyon maliyetlerin nasıl değiştiğini incelemiştir.

Literatürden verilen örneklere bakıldığında uzun planlama periyodunun dikkate alındığı çalışmalarda kararların yaratacağı etki test edilmeye çalışılmaktadır. Kısa planlama periyodunun dikkate alındığı çalışmalarda ise operasyonel faaliyetin detaylarına karar verilmektedir.

2.3.1.2 Rotalama Kararın Tekrarlanma Sıklığı

Planlama periyodu boyunca ne sıklıkla belirlenen rotanın güncelleneceğini göstermektedir. Genellikle belirsizliğin olduğu durumlarda bilgi kesinleştiğinde rotalamanın güncellenmesi gerekir. Sisteme yeni bir hasta dahil olduğunda, görevlendirilmiş personelin raporlu olması, randevu değişikliği gibi durumlarda rotanın değişen koşulları karşılayacak şekilde tekrar belirlenmesi gerekmektedir. Rotalama her planlama dönemi başında veya planlama döneminin alt dönemlerinde tekrarlanabilir.

Mankowska ve diğerkleri (2014), bir evde bakım şirketi tarafından hastaların evlerinde yapılan sağlık hizmetlerinin günlük rotalaması için model sunmaktadır. Planlama, hastaların bireysel hizmet gereksinimlerini, personelin bireysel niteliklerini ve farklı hizmetler ile olası bağımlılıkları dikkate alır. Hizmetlerin karşılıklı bağımlılıkları, (rneğin ilaçların yemekten belirli bir süre önce verilmesi gerektiğinde) iki hizmetin zamansal olarak ayrılmasını gerektirebilir. Engelli bir hastayı taşımak gibi bazı hizmetler, bir hastanın evinde iki personelin birden çalışmasını gerektirir. Hastaların zaman tercihleri, verilen zaman dilimlerinde yer almaktadır. Çalışmada günlük değerlendirilmesi gereken zamana bağlı hizmetler olduğu için rotalama günlük olarak yapılmaktadır. Ayrıca adaptif değişken komşu arama (Adaptive Variable Neighborhood Search) algoritması ile çok sayıda hasta bulunan veri setleri için çözüm sunulmuştur.

2.3.1.3 Bakım sürekliliği

Evde sağlık hizmetlerinin kalitesini doğrudan etkileyen bir kısıttır. Bakımın sürekliliği hizmet kalitesinin n koşuludur (Gjevjon, Tor, Bente, & Ragnhild, 2013). Bakımın sürekliliği kavramı 2. Bölümde anlatılmıştır.

Nickel ve diğerkleri (2012), evde sağlık hizmetleri planlama problemini farklı perspektiflerden ele almışlardır. Çalışmada personel çizelgelemenin dahil edilmediği bir ana planlama ve son dakika değişikliklerinin dahil edildiği operasyonel planlama için iki ayrı model oluşturulmuştur. Bakımın sürekliliği kavramını hasta-hemşire sadakati (patient-nurse loyalty) olarak isimlendirmış ve i hastaları göstermek üzere l_i değerşkeni ile takip etmiştir. Bir hastaya sürekli aynı hemşire tarafından hizmet veriliyorsa l_i 0 değerini almakta, diğer durumlarda hizmeti veren farklı hemşirelerin sayısı eksi bir şeklinde değer almaktadır. l_i değerşkeni amaç fonksiyonunda ceza katsayısı ile çarpılarak minimize edilmeye çalışmaktadır. Böylelikle l_i değerşkeni 0 değerini almaya zorlanmakta yani hastanın sürekli olarak aynı hemşireden hizmet alması sağlanmaya çalışılmaktadır.

Gamst & Jensen (2012) alışmalarında evde sağlık çizelgeleme problemine dal-fiyat (branch and price) algoritması ile çözüm geliştirmışlerdir. Sundukları çözümde önce her çalışan için bir günlük çizelgeleme oluşturulmuş, sonrasında ise günlük izelgelemeler sistem kısıtları doğrultusunda birleştirilmiştir. Bakımın sürekliliği kavramını çalışan

düzenliliği (Employee regularity) olarak isimlendirmiş ve c, j sırasıyla hastalar, çalışanları göstermek üzere y_c^j değişkeni ile takip edilmektedir. c hastası j çalışanına atandığında y_c^j değişkeni 1 değerini almakta aksi halde 0 değerini almaktadır. y_c^j amaç fonksiyonunda bir ağırlık ile çarpılarak minimize edilmeye çalışılmaktadır. Böylelikle hastanın mümkün olduğunca az sayıda çalışana atanması sağlanmış olmaktadır.

Cappanera ve Scutellà (2014), çalışmalarında personel atama, çizelgeleme ve rotalamanın bir arada bulunduğu evde sağlık optimizasyon modeli sunmuşlardır. Çalışmada bakımın sürekliliğinin önemine dikkat çekilirken bu durum modele bir kısıt şeklinde eklenmiştir. Bu kısıtta haftalık olarak hastaya atanabilecek farklı personel sayısı kısıtlanmaktadır.

Wirnitzer ve diğerlerinin (2016) çalışmalarında evde bakım kapsamında hasta odaklı hemşire çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Çalışmada bakımın sürekliliği amaç fonksiyonunda her hastaya atanan hemşire sayısının minimize edilmesiyle sağlanmaya çalışılmıştır.

Bakımın sürekliliği bu tez çalışmasının ana unsurlarından biridir. Konuyla ilgili çalışmalarda bakımın sürekliliğinin dikkate alınış biçimi sağlık literatüründe dayanak bulamamaktadır. Bu çalışmanın en önemli katkısı sağlık literatüründe var olan bakımın sürekliliği indeksini dikkate alması ve indeksin hesaplanma formülünü matematiksel modele bir katı kısıt olarak dahil etmesidir.

2.3.1.4 Bölgeleme

Sağlık kuruluşlarının operasyonlarını belli kriterlere göre kümelendirmesini ifade etmektedir. Her personelin belli bir mınıtkadan sorumlu olması, hasta tiplerine göre farklı ekiplerin oluşturulması, hastaları konumlarına göre gruplandırmak gibi kriterler ile bölgeleme yapılabilir. Bu sadeye sağlık kuruluşları yönetimi ve takibi daha kolay küçük gruplar ile daha etkin çalışabilmektedir.

Eveborn ve diğerleri (2006), İsveç'te yürütülmekte olan evde bakım hizmeti için personel planlama problemini ele almıştır. Problem tanımına göre her yararlanıcı ilgili yerel birim ile iletişime geçmekte ve bu birim yararlanıcının hangi hizmetten ne kadar yararlanacağını belirlemektedir. Örneğin haftaya 2 kez banyo, ayda 30 saat günlük bakım

gibi. Belirlenen hizmetler yerel otorite veya özel bir yüklenici firma tarafından sağlanabilmektedir. Bakım planı hizmetlerin hangi personel tarafından hangi saatlerde yapılacağını içermemektedir. Çalışmada hizmeti verecek olan personelin çizelgelemesini oluşturan karar destek sistemi geliştirilmiştir. Personel görevlendirmesi yapılırken bölgeleme yaklaşımından yararlanılmaktadır.

Lanzarone ve diğerleri (2012), çalışmalarında evde bakım hizmetlerinde gerçek durumları temsil eden personel atama problemleri için farklı karar verme modelleri önermektedir. Bu amaçla bakımın sürekliliği dikkate alınarak veya yok sayılarak personeller arası iş yükünü dengeleme amacıyla matematiksel modeller oluşturulmuştur. Çalışmada tek ve çok sayıda bölgeyi içeren farklı durumlar ele alınmıştır.

2.3.1.5 Hizmetlerin tipi

Evde sağlık hizmetleri kapsamında sağlık kuruluşlarının sundukları hizmetleri ifade etmektedir. Her çeşit hizmetin (kan örneği toplama, ilaç dağıtma gibi) farklı özellikleri ve farklı gereksinimleri bulunmaktadır. Bu nedenle evde sağlık atama ve rotalama probleminin en zorlayıcı özelliği verilen hizmetlerin nitelikleridir.

Liu ve diğerleri (2013), yaptıkları çalışma hastane, hasta, eczane ve laboratuvar arasında malzeme toplama ve dağıtma ile ilgilidir. Malzeme lojistiğine odaklanan bu çalışmada iki matematiksel model oluşturulmuş ve genetik algoritma ve tabu arama algoritması ile çözüm aranmıştır.

Kergosien ve diğerleri (2014), çalışmalarında evde sağlık hizmetlerinin bir parçası olan kan ve idrar örneği toplama hizmetini konu almıştır. Problem için matematiksel model geliştirilerek farklı meta sezgisel algoritmalar ile çözüm aranmıştır.

2.3.2 Hastalar İle İlgili Kısıtlar

2.3.2.1 Ziyaret sıklığı

Evde sağlık hizmetlerinden yararlanan hastaların ne sık aralıkla ziyaret edileceği ifade eder. Verilen hizmetin niteliğine ve hastanın durumuna göre farklılık gösterse de

literatürde günde veya haftada bir kez veya birden fazla hastaların ziyaret edilebildiği durumlar ele alınmıştır.

Hiermann ve diğerleri (2015), Avusturya’da faaliyet gösteren evde sağlık hizmeti sağlık kuruluşu için çok alternatifli ulaşım imkanı olan evde sağlık çizelgeleme problemi için çözüm yaklaşımı geliştirmişlerdir. Çözümde çok alternatifli rotalar oluşturulurken personelin ve hastaların tatmin edilmesine dikkat edilmiştir. Problem tanımına göre hastaların her gün ziyaret edilmesi gerekmektedir. Probleme iki aşamada çözüm aranmaktadır. Birinci aşamada kısıt programlama veya rassal yöntemlerle başlangıç çözümü üretilmiştir. İkinci aşamada değişken komşu arama, memetik algoritma, dağınık arama ve benzetimli tavlama yöntemlerinin biri ile başlangıç çözümü iyileştirilmeye çalışılmıştır.

Daha önce bahsedilen Bard ve diğerlerinin (2014) çalışmasında terapistlerin rotalama probleminde hastaların haftada bir kez ziyaret edilmesi öngörülmektedir.

Rasmussen ve diğerleri (2012), evde sağlık hizmetleri personel çizelgeleme problemini tercihlere bağlı ziyaretleri kümeleme ve hizmetler arası zamansal bağımlılıkları dikkate alan versiyonu için çözüm üretmişlerdir. Problemin ele aldığı farklı hizmetler gereği hastalar günde birden fazla sayıda ziyaret edilebilmektedir.

2.3.2.2 Zaman pencereleri

Hastanın gün içerisindeki hizmet görmeye uygun olduğu zaman aralığını ifade etmektedir. Rotalama işlemini ilgilendiren ve zorlaştıran bir karakteristik özelliktir.

Literatürde zaman pencerelerinin iki farklı şekilde matematiksel modele dahil edildiği görülmektedir. Bunlardan ilki zaman pencerelerinin modelin bir kısıtı olarak ele alınması (Akjiratkarl, Yenradee, & Drake, 2007), (Bard, Shao, & Jarrah, 2014) durumudur. Bu durumda ziyaret, tanımlanan aralıkta gerçekleşmek zorundadır. Aksi takdirde matematiksel model olurlu çözüm elde edemez. Diğer seçenek iste zaman penceresi ihlallerinin (Mankowska, Meisel, & Bierwirth, 2014), (Hiermann, Prandtstetter, Rendl, Puchinger, & Raidl, 2015) amaç fonksiyonunda en küçüklenmesidir. Hastaların belirlemiş olduğu zaman aralığının ihlal edilmesinin bir maliyeti olmalıdır ki model

maliyeti azaltmak adına ziyaretleri belirlenen aralıklarda gerçekleştirme eğiliminde olsun.

Bennett ve Erera'nın (2011) yaptıkları çalışmada evde sağlık rotalama ve çizelgeleme problemini birbirini tekrarlayan planlama dönemi yaklaşımı ile ele almışlardır. Haftada bir kez ziyaret edilen hastalar haftanın aynı günü ve aynı saatte ziyaret edilmektedir. Bu durum zaman penceresi yaklaşımına farklı bir boyut kazandırmaktadır.

2.3.2.3 Hizmetler arasındaki zamansal ilişki

Hastalara verilen hizmetlerin birbirleriyle ilişkisine göre farklı zamanlarda (önce-sonra) gerçekleştirilme durumu veya aynı anda gerçekleştirilme durumunu ifade etmektedir. Örneğin hasta aç iken alması gereken bir ilacın yemek hizmetinden önce verilmesi, kan örneği alma hizmeti ile fizik tedavi hizmetinin aynı anda verilememesi, kilosu fazla bir hastanın taşınmasını/yerinden kaldırılmasını gerektiren hizmetlerde iki farklı hizmetin aynı anda gerçekleşmesi sağlanarak yeteri kadar personelin aynı anda aynı hastanın evinde bulunması gibi.

2.3.2.4 Tercihler

Hastanın veya personelin tatmin düzeyini yerine getirildiğinde artıran getirilmediğinde ise azaltan isteklerdir. Örneğin personel alerjisi olması nedeniyle veya korktuğu için evcil hayvan bulunan bir hastaya hizmet vermek istemeyebilir. Benzer şekilde hasta kendisiyle aynı cinsiyette bir personelden hizmet almak isteyebilir.

Trautsamwieser ve diğerleri (2011), çalışmalarında Avusturya Kızıl Haç'ın yürüttüğü evde sağlık hizmetlerinin planlaması için matematiksel model sunmaktadır. Tanımlanan yedi hedef amaç fonksiyonunda yer almaktadır. Hastaların ve personelin memnuniyetsizlik düzeyine amaç fonksiyonunda yer verilmiştir.

Daha önce bahsedilen Wirnitzer ve diğerlerinin (2016) çalışmasında hasta odaklı evde bakım hemşire çizelgeleme çalışmasında hastaların bir nedenden dolayı hemşireyi kabul etmemesi veya istemesini dikkate almışlardır. Hasta hemşire uyumu parametre ile modele

dahil edilmiş ve bu parametre doğrultusunda hemşire ataması yapılması kısıtla belirlenmiştir.

2.3.2.5 Konumlar arası ağ türü

Hastaların, personelin ve sağlık kuruluşları gibi konumların hizmet bölgesine dağılımını, bu konumlar arası ulaşım imkanlarını ifade eder. Farklı ulaşım alternatiflerinin değerlendirilmesi, ulaşım zamanının tahmin edilmesi gibi evde sağlık hizmetlerinin rotalanması problemi etkileyen önemli bir kısıttır. Hizmet bölgesi kırsal kesimi de kapsıyorsa organizasyonun farklı çözümler geliştirmesi gerekebilir.

Rest ve diğerleri (2012) yaptıkları çalışmada evde sağlık hizmetlerinde eğilimler ve riskleri incelemişlerdir. Gelecekte evde sağlık hizmetlerine bağımlı insan sayının daha fazla olacağına dayanarak sağlık kuruluşlarının afet zamanları gibi olağan dışı durumlar için uygun yöntem geliştirmelerinin önemi vurgulanmaktadır. Çalışmanın amacı evde sağlık hizmetlerini etkileyecek potansiyel tehditlerin ortaya çıkarılması ve bu tehditler için öneriler sunmaktır. Çalışmada kırsal alanda gerçekleşen evde sağlık hizmeti ile kentsel alanda gerçekleşen arasındaki farklılıklar ve her birine yönelik potansiyel tehditlerden bahsedilmektedir.

Literatürdeki pek çok çalışma konumlar arası mesafenin hesaplanması için Öklid yöntemini kullanmaktadır. Bununla beraber coğrafi bilgi sistemi ile gerçek mesafelerin kullanılması da mümkündür. Begur ve diğerleri (1997), evde sağlık hizmetleri rotalama ve çizelgeleme problemi için konumsal karar destek sistemi oluşturmuşlardır.

Daha önce bahsedilen Hiermann ve diğerlerinin (2015) yaptıkları çalışmada konumlar arası personelin ulaşımı için araba ve toplu taşıma imkanını dikkate almaktadır.

Rest ve Hirsch (2016) yaptıkları çalışmada günlük olarak çözülen gerçek hayat evde sağlık hizmeti rotalama ve çizelgeleme problemini ele almışlardır. Problemden personelin ulaşımı için toplu taşıma araçları ve yürüme imkanı dikkate alınmaktadır. Problemin çözümü için seyahat zamanı matrisi girdi olarak kullanan tabu arama algoritması kullanılmıştır.

2.3.3 Sağlık Personeli İle İlgili Kısıtlar

2.3.3.1 Sözleşme tipi

Personelin çalışma saatlerini, koşullarını, sorumlulukları sınırlayan anlaşmaları ifade eder. Sözleşme gereğince personel yarı zamanlı veya tam zamanlı çalışabilirler. Yine sözleşme ile personelin hizmet verebileceği hasta tipleri belirlenebilir. Personelin sorumluluklarını eksik veya tamamıyla yerine getirmeme durumunda ortaya çıkacak anlaşmazlıklar sözleşme ile karara bağlanabilmektedir.

2.3.3.2 Çalışma saati limiti

Personelin çalışabileceği süreyi ifade eder. Çoğunlukla personel ile yapılan sözleşmede çalışma saati ile ilgili durum belirlenir. Sözleşmede çalışma saati ile ilgili bir madde yoksa yasal çerçevede çalışma saati limitleri uygulanır.

Cheng ve Rich'in (1998) çalışmasında evde sağlık hizmeti araç rotalama problemi olarak değerlendirilmiştir. Hemşirelerin evden çıkıp hastaları ziyaret etmeleri, yemek molaları, tekrar evlerine dönmeleri hemşirenin zaman penceresi içerisinde gerçekleştirilmiştir. Problemden tam zamanlı ve yarı zamanlı tüm personelin fazla çalışmaları minimize edilmeye çalışılmıştır.

Daha önce bahsedilen Wirnitzer ve diğerlerinin (2016) çalışmasında personelin toplam çalışma saati sözleşme tipine göre parametre şeklinde modele eklenmiştir.

2.3.3.3 Yeterlilik/beceri

Personelin özellikleri doğrultusunda gerçekleştirebileceği hizmetleri ifade eder. Hastaya atanan personel hastanın gereksinimlerini karşılayabilecek nitelikte beceri ve tecrübeye sahip olmalıdır. Üst seviye niteliklere sahip personel alt seviye gereksinime sahip hastaya atanabilir iken alt seviye niteliklere sahip personel üst seviye nitelikte hizmete ihtiyaç duyan hastaya hizmet veremez.

2.3.3.4 İş yükü dengeleme

Personele atanan hastaların dengeli olmasını ifade eder. Hizmet verilmesi gereken hastalar her zaman personele eşit bir şekilde dağılamayabilir. Bu nedenle personelin iş yükü, ziyaret ettiği hasta sayısı gibi bir gösterge ile ölçülür. Personel iş yükünün dengeli olması tüm organizasyonlarda olduğu gibi sağlık kuruluşları açısından da önemli bir konudur. İş yükündeki dengesizlik personelde tatminsizlik, tükenmişlik, işten ayrılma isteğinde artış gibi olumsuzluklara neden olmakla beraber organizasyon açısından önemli bir kaynağını verimsiz kullanımına neden olmaktadır.

2.3.3.5 Personelin konumu

Personelin hizmet verilen bölge genelindeki konumunu ifade eder. Literatürdeki pek çok çalışmada rotalama sağlık kuruluşundan başlar ve biter. Geniş hizmet bölgesi olması durumunda tüm personelin sağlık kuruluşuna gelmesi ve o noktadan rotaya başlaması gereksiz olabilir. Rotalama personelin kendi evinden başlayıp kendi evinde bitirilebilir. Personelin konumu bu açıdan önem arz etmektedir.

3. BÖLÜM

ÇALIŞMANIN AMACI VE PROBLEMİN TANIMLANMASI

Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı 2017 yılı faaliyet raporunda bakanlığın sağlık politikası hakkında bilgiler sunulmaktadır. Bu raporda, “Sağlıklı hayat tarzı teşvik edilecek ve daha erişilebilir, uygun, etkili ve etkin bir sağlık hizmeti sunulacaktır” politikasına yönelik 35. nolu tedbirde “Evde sağlık uygulamasının erişilebilir, etkili ve etkin olması sağlanacaktır.” ifadesine yer verilmiştir. Anlaşılacağı üzere evde sağlık hizmetlerinin etkili ve etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi devlet politikasıdır.

Birbiriyle sıkça karıştırılan etkililik ve etkinlik kavramlarını kısaca açıklayarak politikanın detaylarını daha iyi anlayabiliriz. Etkililik kavramı sistemin amaçlarına ulaşma derecesini ifade eder. Etkinlik ise amaçlara ulaşmak için tüketilen kaynakların miktarı ile ilgilidir. Etkililik ve etkinlik kavramlarının ilişkisel durumu Tablo 10’de gösterilmektedir.

Tablo 10 Etkililik ve Etkinlik Çaprazlama Tablosu

Amaçlara Ulaşma Derecesi	Yüksek	Etkili fakat etkin değil; bazı kaynaklar israf ediliyor.	Etkin ve etkili; amaçlar başarıyor ve kaynaklardan iyi yararlanıyor.
	Düşük	Ne etkin, ne de etkili; amaçlar başarılamıyor ve süreçlerde kaynaklar boşa harcanıyor.	Etkin fakat etkili değil; kaynaklar boşa harcanıyor fakat amaçlar gerçekleştirilmiyor.
		Kötü	İyi
		Kaynak Kullanımı	

Kaynak: (İmirlioğlu, 2012)

Birinci bölümde Sağlık Bakanlığının evde sağlık hizmetini **kaliteli** bir şekilde gerçekleştirilmeyi hedeflediğinden bahsedilmişti. Yukarıda değinilen evde sağlık hizmetlerinin **etkili** ve **etkin** bir şekilde gerçekleştirilme politikası ile birlikte değerlendirildiğinde çalışmanın amacı daha iyi ortaya konulabilir.

Sağlık Bakanlığının etkin kullanmak istediği kaynaklar sağlık personelidir. Etkili olmak istediği amacı ise kaliteli evde sağlık hizmeti verebilmektir. Bu doğrultuda Sağlık

Bakanlığı kaliteli evde sağlık hizmetini en az sayıda sağlık personeli kullanarak vermeyi politika olarak belirlediği söylenebilir.

Sağlık Bakanlığının evde sağlık hizmeti ile ilgili yönetmeliklerinde kalitenin nasıl ölçüleceğine yönelik bir açıklama bulunmamaktadır. Bu konuyla ilgili olarak sağlık literatürü incelendiğinde yönetmeliklerdeki eksiği 1. bölümde bahsedilen bakımın sürekliliği kavramı ve ölçüm yöntemlerinin tamamladığı görülmektedir. Bakımın sürekliliği indeksi, evde sağlık hizmetinin kalitesini ölçmek için kullanılabilir.

Benzer şekilde ilgili yönetmelikler incelendiğinde hastayı ziyaret edecek ekibin doktor ve hemşireden oluştuğu ve doktorun, hastaya yapılacak her ziyarette bulunmasının gerekmediği anlaşılmaktadır. Bakımın sürekliliği hastayı aynı personelin ziyaret etme esasına dayandığına göre bakımın sürekliliği indeks değeri hastayı ziyaret eden hemşire üzerinden hesaplanması daha doğru olacaktır. Bu durumda hastaneden ayrılan doktor ve hemşirenin ortak ziyaret etmesi gereken ve sadece hemşirenin ziyaret etmesi gereken hasta randevuları oluşacaktır. Personelin ve araçların etkin kullanılabilmesi için araçtan araca transfer imkanı uygulanabilir bir seçenek olmaktadır.

Bu çalışma evde sağlık hizmetinin operasyonel ve stratejik seviyede planlanmasında önemli olan atama ve rotalama problemini dikkate almaktadır. Çalışmanın amacı, uzun planlama periyodunda mümkün olduğunca fazla hasta için çözüm üretebilmektir. Bakımın sürekliliği indeksini dikkate alarak istenilen hizmet kalitesini karşılayan, toplam işyükünü personele dengeli bir şekilde dağıtan ve personeline araçlar arası transfer imkânı sunan karma tam sayılı çok amaçlı optimizasyon modeli oluşturulmuştur. Model, literatürdeki araç rotalama problemleri için hazırlanan veri setleri yardımıyla üretilen veri setleriyle test edilmiştir. Farklı senaryolar ile parametre değişimlerinin modelin çözüm üretme kapasitesi analiz edilmiştir.

Tek modelde çözülmeye çalışılan atama ve rotalama problemleri NP-Zor sınıfı problemlerdir. Bu tür problemlerin çözüm süreleri verideki artışa oranla üssel olarak artmaktadır. Bu nedenle büyük veri setleri için kabul edilebilir sürelerde çözüm üretebilmek için hibrit bir çözüm yaklaşımı geliştirilmiştir.

Problemin çözümünüyle evde sağlık hizmeti sağlayacak organizasyona;

- Stratejik düzeyde;
 - Bakımın sürekliliği değerini bir politika enstrümanı olarak kullanabilme,
 - Uzun dönemli hasta talep tahminine bağlı olarak personel ihtiyacını belirleyebilme
 - Dengeli iş yükü dağılımı ile adil bir iş ortamı oluşturabilme ve yüksek iş yükünün neden olabileceği hataları en aza indirebilme
 - Olası talep artışlarında kapasitesini test ederek gerekli önlemleri önceden alabilme
- Operasyonel düzeyde;
 - Transfer mekanizması ile personeli verimli bir şekilde kullanarak rota oluşturma
 - İhtiyaç duyacağı araç sayısını tahmin edebilme

imkanı tanınmaktadır.

3.1 PROBLEMİN KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ

Çalışma kapsamında ele alınana probleme Sağlık Bakanlığı tarafından yayınlanan yönetmelikler dayanak oluşturmaktadır. Problemin karakteristik özellikleri ilgili yönetmelikler (*Sağlık Bakanlığı ve Bağlı Kuruluşları Tarafından Evde Sağlık Hizmetlerinin Sunulmasına Dair Yönetmelik*) incelenerek oluşturulmuştur.

Ulaşım araçlarının tahsisi ile ilgili açıklamaların yapıldığı bölümde (Madde 12) ekibin hastaya ulaşımını sağlamak için uygun bir araç tahsis edileceği belirtilmektedir. Bu durum sağlık personelinin hasta ziyaretlerinde toplu taşıma veya diğer alternatif ulaşım seçeneklerini ortadan kaldırmaktadır. Bu maddeyle problemin karakteristik özelliklerinden biri olan **konular arası ağ türü** belirlenmiş olmaktadır. Ulaşım hastanede rotaya başlayan ve bitiren araç ile sağlanmaktadır.

Sorumlu hekimin görev, yetki ve sorumluluklarının tarif edildiği bölümde (Madde 14); hekimin hastanın kapsamlı olarak değerlendirilmesinden, tanı koyup tedavi planının çıkartılmasından, ihtiyacı olan evde sağlık hizmetlerinin ekip elemanlarıyla birlikte veya ekip elemanları tarafından sunulmasının sağlanmasından sorumlu olduğu belirtilmektedir. Bu madde ile ekip elemanlarının planlanan tedaviyi hekim yanlarında olmadan da yerine getirebileceği ve gerekli hallerde hekimin ziyaret edeceği anlamı taşımaktadır. Yani, hekim hastaya yapılacak olan her ziyarette olmak zorunda değildir.

Ekip personelinin görev ve sorumluluklarının tarif edildiği bölümde (Madde 15) hekimin hazırlamış olduğu hizmet planını yerine getirmekle mükelleftir denmektedir. Bu durum hastaya yapılacak her ziyarette sağlık ekibinden bir personelin mutlaka bulunması ve planlanmış tedavi işlemini yerine getirmesi gerektiğini ifade eder.

Madde 14 ve 15 birlikte problemin karakteristik özelliklerinden biri olan **hizmet tipini** belirlenmiş olmaktadır. Problem kapsamında sağlık personelinin hastaya önceden belirlenmiş tedavinin uygulanmasını kapsayan hizmet tipi dikkate alınmıştır. Aynı hizmetin iki farklı versiyonu bulunmaktadır T1 ile ifade edilen hizmet tipi sadece 1 hemşire ile gerçekleşmekte, T2 ile ifade edilen hizmet tipi ise 1 hemşire ve 1 doktor ile gerçekleşmektedir.

Çalışma usul ve esaslarının tarif edildiği bölümde (Madde 18); ziyaretlerin hastanın durumuna göre günlük, haftalık veya aylık periyotlarda yapılabileceği ve randevu sistemine göre çalışıldığı belirtilmektedir. Bu maddeyle problemin karakteristik özelliklerinden **ziyaret sıklığı**, **zaman pencereleri** belirlenmiş olmaktadır. Problem kapsamında haftalık ziyaret sıklığı dikkate alınmış ve hastalar tarafından belirlenen ziyaret zaman aralıkları kullanılmıştır.

Problemin diğer karakteristik özellikleri sırasıyla şöyledir;

Planlama Periyodu; çalışmada 4, 8 ve 12 haftalık olmak üzere 3 farklı planlama periyodu dikkate alınmıştır. Sırasıyla kısa, orta ve uzun dönemi işaret eden bu süreler ile çözüm yaklaşımının sonuç elde etme kapasitesi için referans zaman niteliği taşımaktadır.

Bakım sürekliliği; çalışmada bakımın sürekliliğinin ölçümü için bakımın sürekliliği indeks değeri dikkate alınmıştır.

Sözleşme tipi; çalışmada tüm personel tam zamanlı olarak çalıştığı varsayılmaktadır.

Çalışma saati limiti; çalışmada resmi mesai saatleri dikkate alınmıştır.

Yeterlilik/beceri; çalışmada doktorlar ve hemşireler kendi aralarında homojendirler.

İş yükü dengeleme; çalışmada iş yükü personele mümkün olduğunca dengeli bir şekilde dağıtılmaya çalışılmaktadır.

Personelin konumu; çalışmada personelin konumu dikkate alınmamıştır. Tüm personelin rotası hastanede başlar ve biter.

3.2 PROBLEMİN TANIMI

U planlanma ufkunda P tane hastanın ihtiyaç duyduğu S hizmeti N tane hemşire ve D tane doktor tarafından karşılanmaktadır. Hastanın ihtiyaç duyduğu hizmetin gerektirdiği kadar personel V tane araç ile hastalara ulaşmaktadır. Personel ve araç, hizmetin gerektirdiği T süre kadar hasta konumunda kalmaktadır. Personel ve araç rotaya hastanede H^0 başlar ve hastanede H^1 biter. Personel TP transfer noktaları haricinde araç değiştiremez. Personel hizmete hasta tarafından belirlenen zaman aralığından $[e, l]$ önce başlayamaz ancak geç bitirebilir. Personel hastaları z sıklıkla ziyaret eder. Promlemin amacı istenilen bakımın sürekliliği değerini COI garanti eden ve mümkün olduğunca dengeli iş yükü dağılımını WL sağlayan personel hasta atamasını gerçekleştirmek ve araç rotalarını minimize etmektir.

3.3 SAYISAL ÖRNEK

Çalışmada ele alınan evde sağlık hizmetleri atama ve rotalama probleminde bir dizi hastaya bir dizi sağlık personeli hizmet vermektedir. Hastalar iki tip ($T1$, $T2$) hizmet alabilmektedirler. $T1$ hizmeti sadece 1 hemşire ile verilirken $T2$ hizmeti 1 doktor ve 1 hemşire ile verilebilmektedir. Hizmetlerin tamamlanma süreleri $T1$ 30 dk, $T2$ ise 45 dk dır. Hastalar hafta 1 kez, planlama dönemi boyunca periyodik olarak ilk hizmeti aldığı günü tekrarlayan günlerde hizmet alabilmektedir. Örneğin hasta ilk hizmeti Salı günü almış ise diğer tüm randevuları da Salı günleri olmaktadır. Haftalar arasında hastanın alacağı hizmet bir desen izlememekte, ihtiyaca göre $T1$ veya $T2$ hizmeti alabileceği varsayılmaktadır. Yani bir hasta tüm planlama dönemi boyunca sadece $T2$ hizmeti alabileceği gibi sadece $T1$ hizmeti de alabilir. Ziyaret zaman aralıkları hastalar tarafından belirlenmekte ve planlama dönemi boyunca değişmemektedir. Personel görevini hasta tarafından belirlenmiş zaman aralığından en az sapma ile gerçekleştirilmelidir. Personel hastane giriş ve çıkış zaman aralıklarına uymak zorundadır. Personelin ulaşımı 2 yolcu kapasiteli araçlarla sağlanmaktadır. Araçların günlük rotaları hastanede başlar ve biter. Araçlar homojendir ve günlük mesafe limiti bulunmamaktadır.

Her sağlık personelinin günlük rotası hastanede başlar ve biter. Hastayı ziyaret etmesi gereken tüm personel aynı araçla hastanın konumuna gelmesi gerekmektedir. Personel

hastaneden ayrılırken içinde bulunduğu aracı belirlenmiş transfer noktaları haricinde değiştiremez. Transfer işlemi için iki araç aynı zaman diliminde aynı transfer noktasında bulunmak zorundadır.

Sağlık personelinin iş yükü mümkün olduğunca dengelidir. Sağlık hizmetinin kalitesi bakımın sürekliliği indeksi (Continuity of Care Index-COCI) ile ölçülür. Atama işlemiyle elde edilen çizelge, sağlık kuruluşunun politika olarak belirlediği bakımın sürekliliği indeks değerini karşılamak zorundadır.

3.4 MATEMATİKSEL MODEL

Matematiksel modelde kullanılan notasyon şöyledir;

Kümeler;

H^0	: Hastane
H^1	: Sanal Hastane
P	: Hastalar
$ServiceT$: Servis Tipleri
$StaffT$: Personel Tipleri
$Staffs$: Personeller
V	: Kullanılabilir Araçlar
TP	: Transfer Noktaları
$DAYS$: Planlama Periyodu

İndisler;

p	: Hasta indisi (P)
st	: Servis Tipi indisi ($ServiceT$)
stt	: Personel Tipi indisi ($StaffT$)

v	: Araç indisi (V)
tp	: Transfer Noktaları indisi (TP)
d	: Planlama Periyodu indisi ($DAYS$)
i	: Hastane, Hasta ve Transfer Noktalarından oluşan birleştirilmiş kümenin indisi ($H^0 \cup P \cup TP$)
j	: Sanal Hastane, Hasta ve Transfer Noktalarından oluşan birleştirilmiş kümenin indisi ($H^1 \cup P \cup TP$)
h	: Hasta ve Transfer Noktalarından oluşan birleştirilmiş kümenin indisi ($P \cup TP$)
n	: Tüm düğümlerden oluşan birleştirilmiş kümenin indisi ($H^1 \cup P \cup TP \cup H^0$) = N

Parametreler;

COI	: Bakımın sürekliliği index değeri
$VEHICLE_NUMBER$: Kullanılabilir araç sayısı
$VEHICLE_CAPACITY$: Araç kapasitesi
$TRANSFER_DURATION$: Transfer işlemin süresi
$PLANNING_HORIZON$: Planlama periyodu
$STAFF_NUMBER_{stt}$: Her personel tipinde çalışabilir personel sayısı
$S_TYPE_REQ_{st,stt}$: Her servis tipinin ihtiyaç duyduğu personel tipindeki personel sayısı
$S_TYPE_DURATION_{st}$: Her servis tipinin süresi
X_n	: Düğüm n nin X koordinat değeri
Y_n	: Düğüm n nin Y koordinat değeri
DUR_{st}	: Servis st nin hizmet süresi
O_n	: Düğüm n nin açılış zamanı
C_n	: Düğüm n nin kapanış zamanı
$PATDAYTYPE_{p,d,st}$: $\begin{cases} 1, & \text{Eğer hasta } p \text{ d. günde } st \text{ servisini alıyorsa} \\ 0, & \text{Aksi halde} \end{cases}$
$PATAPP_{p,d}$: $\begin{cases} 1, & \text{Eğer hasta } p \text{ nin d. günde randevusu varsa} \\ 0, & \text{Aksi halde} \end{cases}$

$PATSER_{p,d}$: p hastasının d . günündeki ihtiyaç duyduğu servis
$c_{n,n}$: Döğümler arası uzaklık matrisi
$t_{n,n}$: Döğümler arası zaman matrisi ²
P_d	: d . gün randevusu bulunan hastalar
$Staffs_{stt}$: stt tipindeki personeller
K	: Büyük bir sayı

3.4.1 Değişkenler

Matematiksel modelde kullanılan değişkenler şöyledir;

Araç ve Personel akışı ile ilgili değişkenler;

$$vflow_{d,v,i,j} : \begin{cases} 1, & \text{Eğer } d. \text{ gün araç } v \text{ i den } j \text{ ye gidiyorsa} \\ 0, & \text{Aksi halde} \end{cases}$$

$$svflow_{d,v,i,j,s} : \begin{cases} 1, & \text{Eğer } d. \text{ gün } v \text{ aracı } i \text{ den } j \text{ ye giderken } s \text{ personelini taşıyorsa} \\ 0, & \text{Aksi halde} \end{cases}$$

Atama ile ilgili değişkenler;

$$sp_{d,p,s} : \begin{cases} 1, & \text{Eğer } d. \text{ gün } s \text{ personeli } p \text{ hastasına atanmışsa} \\ 0, & \text{Aksi halde} \end{cases}$$

İş yükü ile ilgili değişkenler;

$$workload_{stt} : stt \text{ tipindeki personellerin iş yükü}$$

Zamanla ilgili değişkenler;

$$tstart_{d,tp} : d. \text{ gün } tp \text{ transfer noktasında transfer işleminin başladığı zamanı gösterir}$$

$$tend_{d,tp} : d. \text{ gün } tp \text{ transfer noktasında transfer işleminin bittiği zamanı gösterir}$$

$$vdeparture_{d,v,i} : d. \text{ gün } v \text{ aracının } i. \text{ düğümünden ayrıldığı zamanı gösterir}$$

² Zaman matrisinin hesaplanabilmesi için aracın hız bilgisi gereklidir. Model farklı koordinat sistemine sahip veri setlerinde test edileceği için sabit bir hız değeri belirlemek yerine maksimum mesafeyi sabit bir sürede alacağı varsayımıyla veri setine göre değişen bir hız değeri belirleme yaklaşımı kullanılmıştır. Bu itibarla dikey veya yatay ekseninde en uç noktalarındaki döğümler arasındaki ulaşım 2 saat sürede gerçekleşeceği kabul edilmiştir.

$varrival_{d,v,j}$: d . gün v aracının j . düğüme ulaştığı zamanı gösterir

$maxvsurplus$: hastanın kapanış zamanı ile aracın ayrıldığı zamanın farkının alabileceği en büyük değeri gösterir.

3.4.2 Amaç Fonksiyonu

MIN

$$\sum_{stt \in StaffT} workload_{stt} \quad (1.)$$

$$+ \sum_{d \in DAYS} \sum_{v \in V} \sum_{i \in (H^0 \cup PUTP)} \sum_{j \in (H^1 \cup PUTP), i \neq j} c_{i,j} * vflow_{d,v,i,j} \quad (2.)$$

$$+ maxvsurplus \quad (3.)$$

Modelin amaç fonksiyonu minimize edilmek istenen 3 amaçtan oluşmaktadır.

Birinci amaç; her personel grubunun yani hemşirelerin ve doktorların maksimum iş yükünü ifade eden $workload$ değişkenini barındırır. Bu değişken 6 nolu kısıtla beraber amaç fonksiyonunda kullanıldığında her personele verilebilecek maksimum iş yükünün minimize edilmesini sağlamaktadır. Böylece personeller arasında iş yükü dengeli dağıtılabilmektedir.

İkinci amaç; aracın akışının takip edildiği $vflow_{d,v,i,j}$ değişkenini barındırır. Bu değişken (i, j) bağlantısının mesafesi ile çarpılarak amaç fonksiyonunda yer verildiğinde rotalama işleminin toplam mesafeyi minimize ederek gerçekleştirilmesini sağlar.

Üçüncü amaç ise katı zaman aralığını gevşetilmesini sağlayan $maxvsurplus$ değişkenini barındırır. Zaman takibi rotalama esnasında alt turların oluşmasını engellemektedir. (Kallehauge B. , Larsen, Madsen, & Solomon, 2005) Katı zaman aralığı gevşetildiğinde değişken amaç fonksiyonunda minimize edilmelidir. Aksi takdirde alt turlar oluşacaktır.

Dikkat edilecek olursa amaç fonksiyonunda araç ve personel sayısını minimize edilmesiyle ilgili herhangi bir değişkene yer verilmemiştir. Bunun nedeni amaç fonksiyonuna eklenen her değişkenin çözümü daha zor hale getirmesidir. Bu durumda araç ve personel sayısı parametre olarak verilmelidir. Parametre olarak belirlenecek değer küçük olursa model olurlu çözüm bulamayabilir benzer şekilde büyük bir değer verilirse çözüm süresi uzayabilir. Araç ve personel sayıları hasta sayısına bağlı bir oran ile hesaplanmalıdır. Örneğin her 5 hasta için 1 hemşire ve 1 araç, her 10 hasta için 1 doktor gibi. Bu örnek üzerinden 15 hasta için 3 hemşire, 3 araç ve 2 doktor değerleri parametre olarak verilebilir.

3.4.3 Kısıtlar

$$\sum_{s \in Staffs_{stt}} sp_{d,p,s} = S_TYPE_REQ_{PATSER_{p,d,stt}} \quad \forall d \in DAYS, p \in P_d, stt \in StaffT \quad (4.)$$

d gününde randevusu olan hastaların ihtiyaç duyduğu servisin gerektirdiği kadar personel ataması yapılmasını sağlar.

$$\begin{aligned} \sum_{s \in Staffs_{Nurse}} \left(\sum_{d \in DAYS} sp_{d,p,s} * \sum_{d \in DAYS} sp_{d,p,s} \right) & \quad \forall p \in P \quad (5.) \\ & - \sum_{d \in DAYS} PATAPP_{p,d} \\ & \geq COI * \sum_{d \in DAYS} PATAPP_{p,d} \\ & * \left(\sum_{d \in DAYS} PATAPP_{p,d} - 1 \right) \end{aligned}$$

Her hastanın bakımın sürekliliği indeks değerini istenilen COI değerinden yüksek veya eşit olmasını sağlar.

$$\sum_{d \in DAYS} \sum_{p \in P_d} sp_{d,p,s} \leq workload_{stt} \quad \forall s \in Staffs_{stt}, stt \in StaffT \quad (6.)$$

Her personel tipinin iş yükünün üst sınırını belirler. Amaç fonksiyonu ile beraber kullanıldığında maksimum iş yükü minimize edilmiş olur.

$$\sum_{j \in (H^1 \cup PUTP)} vflow_{d,v,H^0,j} \leq 1 \quad \forall d \in DAYS, v \in V \quad (7.)$$

Her aracın hastaneden başlamasını sağlar.

$$\sum_{j \in (H^1 \cup P \cup TP)} vflow_{d,v,H^0,j} = \sum_{i \in (H^0 \cup P \cup TP)} vflow_{d,v,i,H^1} \quad \forall d \in DAYS, v \in V \quad (8.)$$

Hastaneden ayrılan her aracın hastaneye geri dönmesini sağlar.

$$\sum_{i \in (H^0 \cup P \cup TP)} vflow_{d,v,i,h} = \sum_{j \in (H^1 \cup P \cup TP)} vflow_{d,v,h,j} \quad \forall d \in DAYS, v \in V, \quad (9.)$$

$$h \in (P \cup TP)$$

Her aracın ulaştığı düğümden ayrılmasını sağlar.

$$\sum_{j \in (H^1 \cup P \cup TP)} \sum_{v \in V} svflow_{d,v,H^0,j,s} \leq 1 \quad \forall d \in DAYS, s \in Staffs \quad (10.)$$

Her personel hastaneden başlamasını sağlar.

$$\sum_{j \in (H^1 \cup P \cup TP)} \sum_{v \in V} svflow_{d,v,H^0,j,s} = \sum_{i \in (H^0 \cup P \cup TP)} \sum_{v \in V} svflow_{d,v,i,H^1,s} \quad \forall d \in DAYS, s \in Staffs \quad (11.)$$

Hastaneden ayrılan her personelin hastaneye geri dönmesini sağlar

$$\sum_{i \in (H^0 \cup P \cup TP)} svflow_{d,v,i,h,s} = \sum_{j \in (H^1 \cup P \cup TP)} svflow_{d,v,h,j,s} \quad \forall d \in DAYS, v \in V, h \in P_d, s \in Staffs \quad (12.)$$

Hastalar arası geçişte araçtaki personel sayısının korunmasını sağlar.

$$\sum_{i \in (H^0 \cup P)} \sum_{v \in V} svflow_{d,v,i,tp,s} = \sum_{j \in (H^1 \cup P)} \sum_{v \in V} svflow_{d,v,tp,j,s} \quad \forall d \in DAYS, tp \in TP, s \in Staffs \quad (13.)$$

Transfer noktasına gelen araçlardaki personelin değiştirilebilmesini sağlar.

$$\sum_{s \in Staffs} svflow_{d,v,i,j,s} \leq vflow_{d,v,i,j} * VEHICLE_{CAPACITY} \quad \forall d \in DAYS, v \in V, \quad (14.)$$

$$i \in (H^0 \cup P \cup TP),$$

$$j \in (H^1 \cup P \cup TP) | i \neq j$$

Personel akışı ile araç akışını ilişkilendirir

$$\sum_{s \in Staffs} svflow_{d,v,i,j,s} = sp_{d,j,s} \quad \forall d \in DAYS, s \in Staffs, j \in P_d \quad (15.)$$

Hastaya atanan personele araç tahsis edilmesini sağlar

$$\sum_{s \in Staffs} svflow_{d,v,i,j,s} \leq VEHICLE_{CAPACITY} \quad \forall d \in DAYS, v \in V, \quad (16.)$$

$$i \in (H^0 \cup P_d \cup TP),$$

$$j \in (H^1 \cup P_d \cup TP) | i \neq j$$

Araç kapasitesinin kontrol edilmesini sağlar.

$$\begin{aligned} vdeparture_{d,v,H^0} &\geq O_{H^0} & \forall d \in DAYS, v \in V & (17.) \\ varrival_{d,v,H^1} &\leq C_{H^1} \end{aligned}$$

Aracın hastaneden açılış saatinden sonra ayrılmasını ve kapanış saatinden önce geri dönmesini sağlar.

$$\begin{aligned} vdeparture_{d,v,tp} &\geq tend_{d,tp} & \forall d \in DAYS, v \in V, & (18.) \\ varrival_{d,v,tp} &\leq tstart_{d,tp} & tp \in TP \\ tend_{d,tp} &\leq C_{tp} \\ tstart_{d,tp} &\geq O_{tp} \end{aligned}$$

Transfer işleminin transfer noktasının açılışından sonra ve kapanışından önce gerçekleşmesini sağlar. Transfer yapacak araçların transfer başlamadan transfer noktasına gelmesini ve transfer bittikten sonra transfer noktasından ayrılmasını sağlar.

$$\begin{aligned} vdeparture_{d,v,p} &= varrival_{d,v,p} + S_TYPE_DURATION_{PATSER_{p,d}} & \forall d \in DAYS, v \in V, & (19.) \\ & & p \in P_d \\ varrival_{d,v,p} &\geq O_p \\ vdeparture_{d,v,p} &\leq C_p + maxvsurplus \end{aligned}$$

Hastaya verilen hizmetin tanımlanan zaman aralığı içerisinde verilmesini sağlar.

$$\begin{aligned} vdeparture_{d,v,i} + t_{i,j} - (K * (1 - vflow_{d,v,i,j})) &\leq varrival_{d,v,j} & \forall d \in DAYS, v \in V, & (20.) \\ & & i \in (H^0 \cup P_d \cup TP), \\ & & j \in (H^1 \cup P_d \cup TP) \mid i \neq j \end{aligned}$$

Düğümmler arası geçişlerde zamanın takip edilmesini sağlar.

$$tend_{d,tp} - tstart_{d,tp} = TRANSFER_DURATION \quad \forall d \in DAYS, tp \in TP \quad (21.)$$

Transfer işlemini tanımlanmış sürede gerçekleşmesini sağlar.

3.4.4 Matematiksel Modelin Genişletilmesi

Model kullanılan araç ve personel sayılarını minimize edilecek şekilde kolayca değiştirilebilir. Bunun için eklenecek değişkenler;

$vused_{d,v}$: d . gün v aracının kullanılıp kullanılmadığını gösterir

$sused_s$: s personeline görev verilip verilmediğini gösterir

Eklenecek kısıtlar;

$$\sum_{j \in (H^1 \cup PUTP)} vflow_{d,v,H^0,j} = vused_{d,v} \quad \forall d \in DAYS, v \in V$$

Hangi aracın hangi gün kullanıldığını takip eder.

$$\sum_{d \in DAYS} \sum_{p \in P_d} sp_{d,p,s} \leq sused_s * \mathbb{M} \quad \forall d \in DAYS, s \in Staffs$$

$$\mathbb{M} = |P_d|$$

Hangi personele görev verildiğini takip eder.

Kullanılan araç sayısını minimize etmek için;

$$\sum_{d \in DAYS} \sum_{v \in V} vused_{d,v}$$

Görevlendirilen hemşire sayısını minimize etmek için;

$$\sum_{s \in Staffs} sused_s$$

değişkenleri amaç fonksiyonuna eklenmelidir.

Belirtilen değişiklikler yapıldığında amaç fonksiyonu daha karmaşık bir hal alacaktır. Bu durum çözüm sürecinin uzamasına neden olmaktadır.

3.4.5 Çok Amaçlı Optimizasyon Çözüm Yaklaşımları

Amaç fonksiyonu incelendiğinde modelin birden fazla amaç içerdiği görülmektedir. (1.) nolu amaç personelin atama işlemi ile ilgilidir. (2.-3.) nolu amaç ise araçların rotalanması ile ilgilidir. Amaç fonksiyonunda birden fazla amacın bulunduğu bu çok amaçlı optimizasyon problemlerinde farklı çözüm alternatifleri bulunmaktadır.

Bunlardan ilki ve klasik olanı amaçları tek bir amaç olarak birleştirerek çok amaçlı yapıyı tek amaçlı forma dönüştürmektir. Birleştirme işlemi genellikle amaçlara ağırlık (katsayı) verilerek yapılmaktadır.

Bir diğer alternatif çözüm ise amaçları aşamalar halinde çözmektir. Her çözümden sonra çözülen amaç kısıt olarak eklenir ve diğer amaçlar sırasıyla çözülür.

3.4.5.1 Amaçlara katsayı vermek

Bu yaklaşım amaçlar arasındaki öncelik esasına dayanır. Katsayılar, çözücüye hangi amacın öncelikle minimize (maksimize) edilmesi gerektiğinin sinyalini verir. Böylece çözücünün çözüm uzayını arama yönü tayin edilmiş olur.

Örneğimizde personellerin atama işlemi ile ilgili olan (1) nolu değişken büyük bir sayı \mathbb{B} ile çarpım haline gelirse çözücü amaç fonksiyonunu minimize etmek isteyeceği için öncelikle (1) nolu değişkeni alabileceği en küçük değere taşımak isteyecektir. Çünkü o değişkendeki marjinal değişim diğer değişkenlere göre fonksiyonu daha fazla etkilemektedir.

MIN

$$\mathbb{B} * \sum_{st \in StaffT} workload_{st} \quad (1)$$

$$\sum_{d \in DAYS} \sum_{v \in V} \sum_{i \in (H^0 \cup PUTP)} \sum_{j \in (H^1 \cup PUTP), i \neq j} c_{i,j} * vflow_{d,v,i,j} \quad (2)$$

$$maxvsurplus \quad (3)$$

Bu seçenekte dikkate edilmesi gereken nokta katsayının büyüklüğüdür. Eğer yeterince büyük bir katsayı kullanılmamışsa yani katsayılı değişken ile diğer değişkenler arasında rakamsal olarak fark oluşturulamamışsa çözücüye öncelik verilmek istenen amacın hangisi olduğu sinyali verilememiş olur.

Eğer bu seçenek kullanılarak çözülen problemde duyarlılık analizi yapılmak isteniyorsa analiz yorumunda kullanılan katsayı nispetinde düzeltme yapılması gerekir.

3.4.5.2 Amaçları aşamalar halinde çözmek

Bu seçenekte model bir amaç için çözdükten sonra elde edilen sonucu ilgili değişkene parametre olarak ekleyip diğer amaç için tekrar çözerek aşamalar halinde sonuca ulaşılabilir. Bu yöntemde amaçların önceliği önemlidir.

Örneğin modelimizde hastalara atanan personel rotalanacağı için ilk önce atama işleminin yapılması gerekir. Bu nedenle ilk aşamada atama ile ilgili amaç fonksiyonu çalıştırılmalıdır. Buna göre amaç fonksiyonu ilk aşama için aşağıdaki halini alır.

$$\begin{aligned}
 & \text{MIN} \\
 & \sum_{stt \in \text{Staff}T} \text{workload}_{stt} \\
 & \frac{\sum_{d \in \text{DAYS}} \sum_{v \in V} \sum_{i \in (\text{H}^0 \cup \text{PUTP})} \sum_{j \in (\text{H}^+ \cup \text{PUTP}), i \neq j} c_{i,j} * \text{vflow}_{d,v,i,j}}{\sum_{d \in \text{DAYS}} \sum_{v \in V} \sum_{i \in P_d} \text{vsurplus}_{d,v,i}}
 \end{aligned} \tag{1}$$

Bu amaç fonksiyonu ile her personel grubu için bir *workload* sonucu elde edecektir. Hastalara atanan personeller belirlendiğine göre rotalama işlemi yapılabilir. İkinci aşamada amaç fonksiyonu aşağıdaki halini alır ve (*) kısıtı eklenir.

MIN

$$\frac{\sum_{stt \in StaffT} workload_{stt}}{\sum_{d \in DAYS} \sum_{v \in V} \sum_{i \in (H^0 \cup PUTP)} \sum_{j \in (H^1 \cup PUTP), i \neq j} c_{i,j} * vflow_{d,v,i,j}} \quad (2.)$$

$$\sum_{d \in DAYS} \sum_{v \in V} \sum_{i \in P_d} vsurplus_{d,v,i} \quad (3.)$$

$$workload_{stt} = sonuc_{stt} \quad \forall s \in Staffs_{stt}, stt \in StaffT \quad (*)$$

Her personel grubunun iş yükünü ilk aşamada elde edilen sonuca eşit olmasını garanti eder.

Bu seçenek modelin birden fazla kez çalıştırılmasını gerektirdiği için sonuca ulaşma süresi uzayacaktır.

3.5 MODELİN TEST EDİLMESİ

Bu bölümde matematiksel model bir literatürde var olan araç rotalama veri setleri üzerinden test edilmektedir. Rassal veri hazırlanma aşaması, çözümü ve ulaşılan sonuçlar detaylı olarak anlatılmaktadır.

3.5.1 Rassal Verinin Hazırlanması

Literatürde araç rotalama problemleri için geliştirilmiş çeşitli veri setleri bulunmaktadır. Araştırmacılar geliştirdikleri yöntemlerini bu setler ile test ederek performans kıyaslaması yapabilmektedirler.

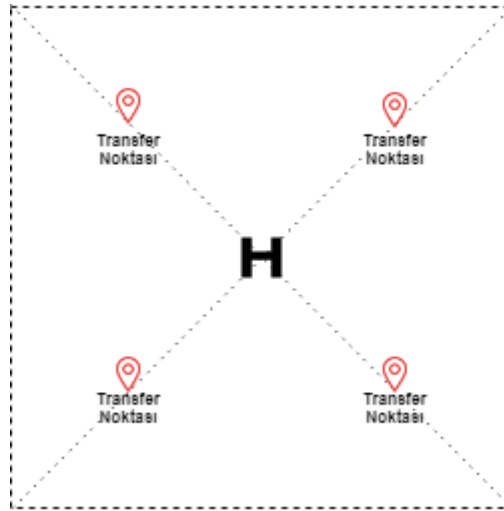
Modelimizi test edebilmek için literatürde sıklıkla kullanılan Solomon'un veri setleri kullanılmıştır. Solomon, rotalamayı etkileyen çok sayıda faktörü (coğrafi konum, bir aracın hizmet verdiği müşteri sayısı, zaman pencerelerinin sıklığı gibi.) içeren altı veri seti (R1, R2, C1, C2, RC1, RC2) üretmiştir. R ile başlayan setler düğümlerin rassal olarak dağıtıldığını, C ile başlayan setler düğümlerin dağıtımında bir kümeleme yapıldığını, RC ile başlayan setler ise düğümlerin konumlandırmasında karışık bir dağıtım uygulandığını

göstermektedir. Set isimlerinin sonunda yer alan rakamlar ise zamanlama ufku ile ilgilidir. 1 rakamı ile biten setler kısa zamanlama ufkunu işaret eder, bu setlerde rota başına yaklaşık olarak 5 ile 10 arasında düğüme ulaşılabilir. 2 rakamı ile biten setler ise uzun zamanlama ufkunu işaret eder, bu setlerde rota başına 30 ve daha fazla düğümün ulaşılabilir olduğunu göstermektedir. Tüm setler için düğümlerin koordinatları aynıdır. Setler arasındaki farklılaşma zaman aralıklarının sıklaştırılması ve genişletilmesiyle sağlanmaktadır.

Modelin testi için kullanılacak olan veri seti Ek 1’de yer alan R101 nolu set baz alınarak hazırlanmıştır. R101 nolu setten düğüm koordinatları hasta koordinatları olarak kullanılmıştır. Zaman aralıkları problemimize uygun olmadığı için kullanılamamıştır. Bu nedenle zaman aralıkları rassal olarak üretilmiştir.

Hastane, veri setlerinde 1 nolu düğümün koordinatlarındadır. Transfer noktaları ise hastaneden köşe noktalara çizilen doğruların ortalarında yer almaktadır.

Şekil 1 Transfer Noktalarının Konumlandırılması



Verinin tamamlanması için hangi hastanın, hangi gün, hangi hizmeti alacağı bilgisi yani randevu bilgisi gereklidir. Problem tanımında bahsedildiği gibi her hasta haftada 1 gün ziyaret edilmekte, planlama periyodu boyunca ziyaretler ilk ziyareti tekrarlayan günlerde gerçekleşmekte ve her ziyarette verilecek hizmet farklılık gösterebilmektedir. Hastaların günlere dağılımı ise mümkün olduğunca dengelidir. Bu şartlar altında randevular aşağıdaki Algoritma 1 ile oluşturulmuştur.

Algoritma 1 Rassal Veri Seti Hazırlama Algoritması

- Adım 1. R101 dosyasından hastaların koordinatlarını al.
- Adım 2. Tüm hastalara ilk haftanın günlerinde rassal olarak randevu ver.
- Adım 3. Her gün için randevu sayılarını belirle ve standart sapmasını hesapla.
- Adım 4. Standart sapma 0,5'den büyük olduğu sürece;
- Adım 4.1. En fazla (A) ve en az (B) randevuya sahip günleri belirle
- Adım 4.2. A günündeki randevu sayısı B günündeki randevu sayısından büyük olduğu sürece;
- Adım 4.2.1 A gününde randevusu olan bir hastayı rassal olarak seç.
- Adım 4.2.2. Seçilen hastanın randevusunu B gününe kaydır.
- Adım 5. Geri kalan her hafta için;
- Adım 5.1. Tüm hastalara ilk randevularını tekrarlayan günlerde randevu ver.
- Adım 6. Planlama dönemi boyunca tüm hastaların randevularına rassal olarak bir hizmet ata.
- Adım 7. Tüm hastalara saat 08:30 ile 17:30 arasında en az 1 saat zaman kalacak şekilde açılış ve kapanış saatleri belirle.

100 hasta için oluşturulan rassal veri seti Ek 2'de gösterilmektedir. Bu veri setinin ilk 20 hastası ile model test edilmiştir. Modelde kullanılacak parametreler Tablo 11'de gösterilmektedir.

Tablo 11 Testlerin Parametreleri

Bakımın Sürekliliği Değeri (COCI)	1.0
Araç Sayısı (Vehicle Number)	2
Transfer Süresi (Transfer Duration)	10
Planlama Periyodu (Planning Horizon)	28
Doktor Hemşire Sayısı	1 2

Çok amaçlı optimizasyon model aşamalar halinde çözülmüştür. Araç ve personel sayısı belirlenirken her 10 hasta için 1 hemşire ve 1 araç, her 20 hasta için 1 doktor oranı dikkate alınmıştır.

Test modelinin toplam 14188 adet değişkeni ve 19419 adet kısıtı bulunmaktadır.

3.5.2 Test Sonuçları

Tablo 12’de 20 hastaya yapılan personel atamaları gösterilmektedir. D doktoru, N ise hemşireyi işaret eder. Sistemde 2 hemşire bulunmaktadır. Ancak bakımın sürekliliği indeks değeri 1.0 olduğu için her bir hastanın tüm randevulara aynı hemşire atanmıştır. Her iki hemşirenin toplam ziyaret sayısı 40’dır. İş yükü dengeli dağılmıştır. Doktor 35 ziyaret gerçekleştirmiştir.

Tablo 12 Test Verisi Atama Sonuçları

Hastalar	Günler																												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
P1	-	-	-	-	N2	-	-	-	-	-	-	D1,N2	-	-	-	-	-	-	N2	-	-	-	-	-	-	N2	-	-	
P2	-	-	-	-	N2	-	-	-	-	-	-	D1,N2	-	-	-	-	-	-	D1,N2	-	-	-	-	-	-	-	N2	-	-
P3	N1	-	-	-	-	-	-	N1	-	-	-	-	-	-	D1,N1	-	-	-	-	-	-	N1	-	-	-	-	-	-	
P4	-	D1,N2	-	-	-	-	-	-	N2	-	-	-	-	-	-	D1,N2	-	-	-	-	-	-	N2	-	-	-	-	-	
P5	-	-	N1	-	-	-	-	-	-	N1	-	-	-	-	-	-	N1	-	-	-	-	-	-	-	N1	-	-	-	
P6	N1	-	-	-	-	-	-	D1,N1	-	-	-	-	-	-	N1	-	-	-	-	-	-	D1,N1	-	-	-	-	-	-	
P7	-	-	-	-	D1,N2	-	-	-	-	-	-	D1,N2	-	-	-	-	-	-	D1,N2	-	-	-	-	-	-	-	D1,N2	-	-
P8	-	-	-	-	-	D1,N2	-	-	-	-	-	-	D1,N2	-	-	-	-	-	-	-	N2	-	-	-	-	-	-	D1,N2	-
P9	-	-	-	N1	-	-	-	-	-	-	N1	-	-	-	-	-	-	N1	-	-	-	-	-	-	-	D1,N1	-	-	-
P10	-	-	D1,N1	-	-	-	-	-	-	N1	-	-	-	-	-	-	D1,N1	-	-	-	-	-	-	-	D1,N1	-	-	-	-
P11	N1	-	-	-	-	-	-	N1	-	-	-	-	-	-	D1,N1	-	-	-	-	-	-	N1	-	-	-	-	-	-	-
P12	-	-	-	-	-	-	D1,N2	-	-	-	-	-	-	D1,N2	-	-	-	-	-	-	N2	-	-	-	-	-	-	-	D1,N2
P13	-	-	-	D1,N1	-	-	-	-	-	-	N1	-	-	-	-	-	-	N1	-	-	-	-	-	-	-	D1,N1	-	-	-
P14	-	-	N1	-	-	-	-	-	-	D1,N1	-	-	-	-	-	-	N1	-	-	-	-	-	-	-	D1,N1	-	-	-	-
P15	-	-	-	-	-	-	D1,N2	-	-	-	-	-	-	N2	-	-	-	-	-	-	-	N2	-	-	-	-	-	-	D1,N2
P16	-	N2	-	-	-	-	-	-	N2	-	-	-	-	-	-	D1,N2	-	-	-	-	-	-	-	N2	-	-	-	-	-
P17	-	-	-	N1	-	-	-	-	-	-	D1,N1	-	-	-	-	-	-	N1	-	-	-	-	-	-	-	N1	-	-	-
P18	-	-	-	-	N1	-	-	-	-	-	-	D1,N1	-	-	-	-	-	-	N1	-	-	-	-	-	-	-	N1	-	-
P19	-	-	-	-	-	-	D1,N2	-	-	-	-	-	-	D1,N2	-	-	-	-	-	-	-	N2	-	-	-	-	-	-	D1,N2
P20	-	N2	-	-	-	-	-	-	N2	-	-	-	-	-	-	N2	-	-	-	-	-	-	-	N2	-	-	-	-	-

Tablo 13’da ilk 7 güne ait rotalar gösterilmektedir. Ek 3’te tüm rotalar gösterilmektedir. Her günün rotası 3 bölümde raporlanmaktadır.

Birinci bölüm ilgili gün için kullanılan araçların rotasını göstermektedir. Her rota “H” ile gösterilen hastaneden başlamakta ve “VH” ile gösterilen hastane ile sonlanmaktadır. “H” ve “VH” aynı noktayı işaret etmektedir.

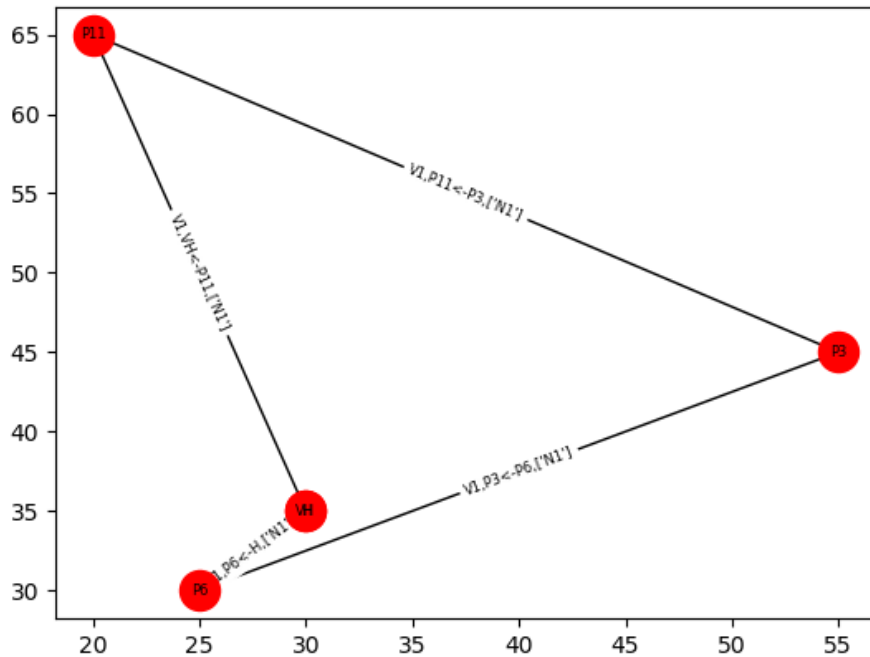
İkinci bölümde rotanın görsel hali bulunmaktadır. Düğümler arasındaki bağlantı çizgileri üzerinde yer alan ifade 4 farklı bilgiyi içerir. Örneğin “ $V1,P11 \leftarrow P3, [N1]$ ” ifadesi V1 aracının ilgili bağlantıyı kullandığını, P3 hastasından P11 hastasına doğru gittiğini ve bu esnada N1 personelini taşıdığını göstermektedir.

Üçüncü bölümde aracın zaman hareketleri yer almaktadır.

Tablo 13 İlk 7 Günün Rotalama Sonuçları

Gün 1

Rota #1 ['H', 'P6', 'P3', 'P11', 'VH']



Araç: 1

Hareket Noktası: H Hareket Saati: 12:08 Yolculuk Süresi: 0:14

Variş Noktası: P6 Variş Saati: 12:22 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası: P6 Hareket Saati: 12:52 Yolculuk Süresi: 1:08

Variş Noktası: P3 Variş Saati: 14:00 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası: P3 Hareket Saati: 14:30 Yolculuk Süresi: 1:20

Variş Noktası: P11 Variş Saati: 15:50 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

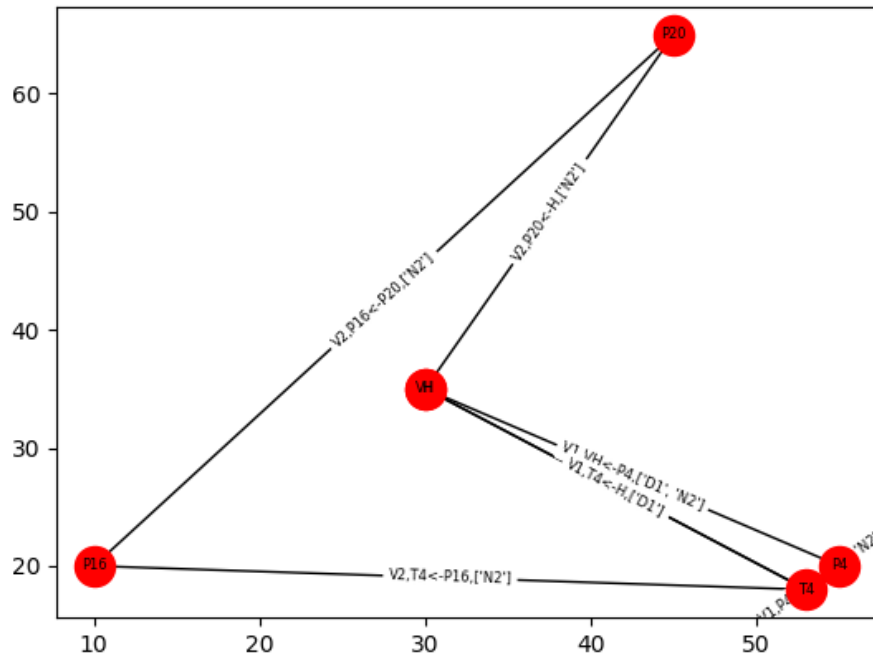
Hareket Noktası: P11 Hareket Saati: 16:20 Yolculuk Süresi: 1:04

Variş Noktası: VH Variş Saati: 17:24 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Gün 2

Rota #1 ['H', 'T4', 'P4', 'VH']

Rota #2 ['H', 'P20', 'P16', 'T4', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 13:51 Yolculuk Süresi : 0:58

Variş Noktası : T4 Variş Saati : 14:49 Araçta Taşınan Personel → ['D1']

Hareket Noktası : T4 Hareket Saati : 14:59 Yolculuk Süresi : 0:06

Variş Noktası : P4 Variş Saati : 15:05 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Hareket Noktası : P4 Hareket Saati : 15:50 Yolculuk Süresi : 0:58

Variş Noktası : VH Variş Saati : 16:48 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Araç : 2

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 9:21 Yolculuk Süresi : 1:08

Variş Noktası : P20 Variş Saati : 10:29 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

Hareket Noktası : P20 Hareket Saati : 10:59 Yolculuk Süresi : 1:54

Variş Noktası : P16 Variş Saati : 12:53 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

Hareket Noktası : P16 Hareket Saati : 13:23 Yolculuk Süresi : 1:26

Variş Noktası : T4 Variş Saati : 14:49 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

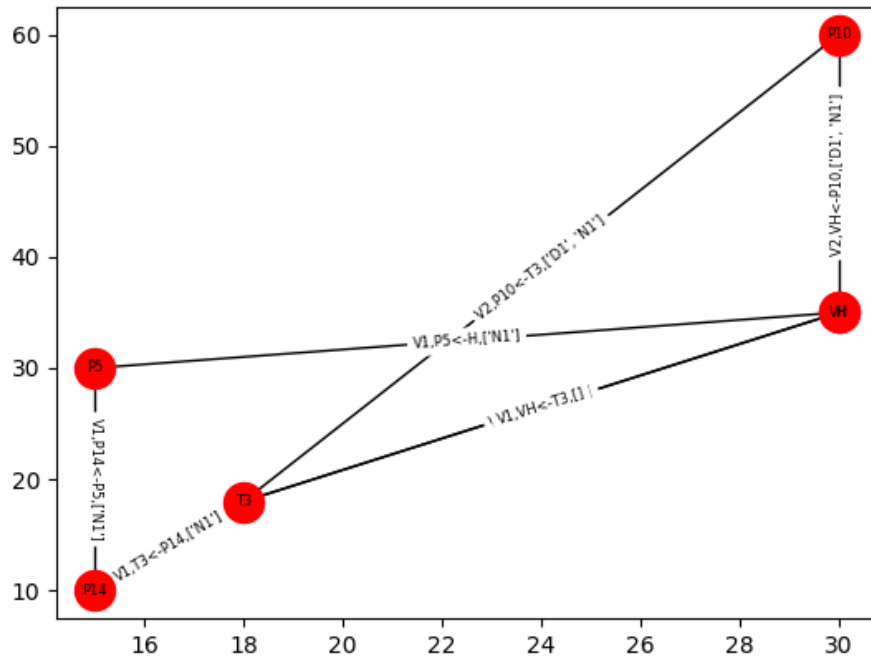
Hareket Noktası : T4 Hareket Saati : 14:59 Yolculuk Süresi : 0:58

Variş Noktası : VH Variş Saati : 15:57 Araçta Taşınan Personel → []

Gün 3

Rota #1 ['H', 'P5', 'P14', 'T3', 'VH']

Rota #2 ['H', 'T3', 'P10', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 8:48 Yolculuk Süresi : 0:32

Variş Noktası : P5 Variş Saati : 9:20 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası : P5 Hareket Saati : 9:50 Yolculuk Süresi : 0:40

Variş Noktası : P14 Variş Saati : 10:30 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası : P14 Hareket Saati : 11:00 Yolculuk Süresi : 0:18

Variş Noktası : T3 Variş Saati : 11:18 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası : T3 Hareket Saati : 11:28 Yolculuk Süresi : 0:42

Variş Noktası : VH Variş Saati : 12:10 Araçta Taşınan Personel → []

Araç : 2

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 10:36 Yolculuk Süresi : 0:42

Variş Noktası : T3 Variş Saati : 11:18 Araçta Taşınan Personel → ['D1']

Hareket Noktası : T3 Hareket Saati : 11:28 Yolculuk Süresi : 1:28

Variş Noktası : P10 Variş Saati : 12:56 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']

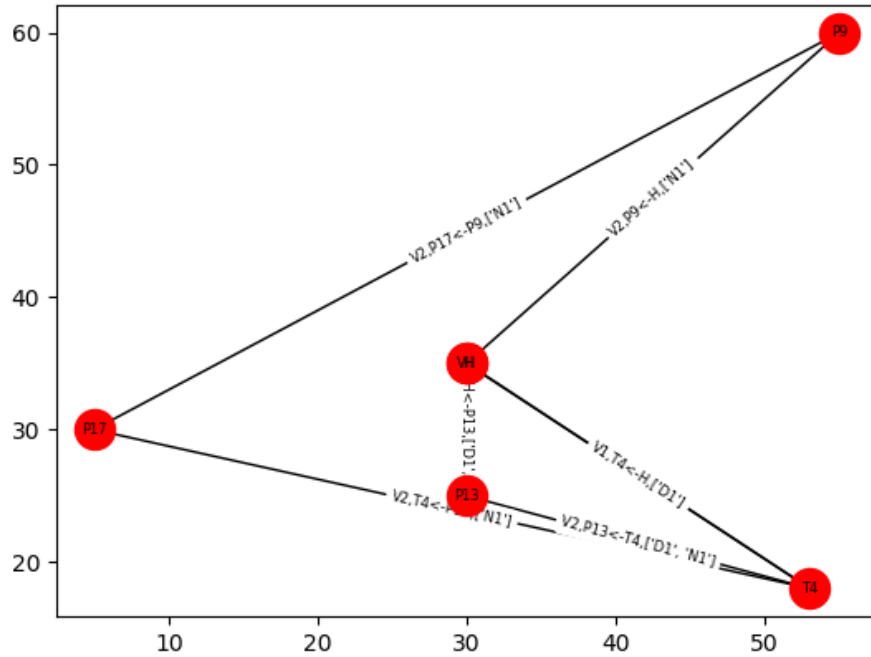
Hareket Noktası : P10 Hareket Saati : 13:41 Yolculuk Süresi : 0:50

Variş Noktası : VH Variş Saati : 14:31 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']

Gün 4

Rota #1 ['H', 'T4', 'VH']

Rota #2 ['H', 'P9', 'P17', 'T4', 'P13', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 13:09 Yolculuk Süresi : 0:58

Variş Noktası : T4 Variş Saati : 14:07 Araçta Taşınan Personel → ['D1']

Hareket Noktası : T4 Hareket Saati : 14:17 Yolculuk Süresi : 0:58

Variş Noktası : VH Variş Saati : 15:15 Araçta Taşınan Personel → []

Araç : 2

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 8:23 Yolculuk Süresi : 1:10

Variş Noktası : P9 Variş Saati : 9:33 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası : P9 Hareket Saati : 10:03 Yolculuk Süresi : 1:56

Variş Noktası : P17 Variş Saati : 11:59 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası : P17 Hareket Saati : 12:29 Yolculuk Süresi : 1:38

Variş Noktası : T4 Variş Saati : 14:07 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası : T4 Hareket Saati : 14:17 Yolculuk Süresi : 0:48

Variş Noktası : P13 Variş Saati : 15:05 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']

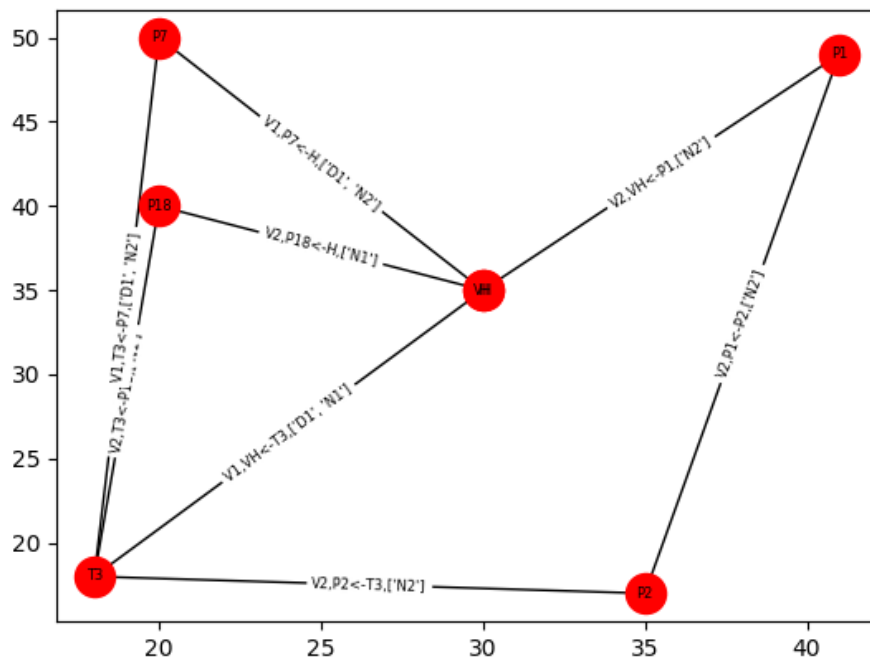
Hareket Noktası : P13 Hareket Saati : 15:50 Yolculuk Süresi : 0:20

Variş Noktası : VH Variş Saati : 16:10 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']

Gün 5

Rota #1 ['H', 'P7', 'T3', 'VH']

Rota #2 ['H', 'P18', 'T3', 'P2', 'P1', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 8:00 Yolculuk Süresi : 0:36

Variş Noktası : P7 Variş Saati : 8:36 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Hareket Noktası : P7 Hareket Saati : 9:21 Yolculuk Süresi : 1:04

Variş Noktası : T3 Variş Saati : 10:25 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Hareket Noktası : T3 Hareket Saati : 10:35 Yolculuk Süresi : 0:42

Variş Noktası : VH Variş Saati : 11:17 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']

Araç : 2

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 8:49 Yolculuk Süresi : 0:22

Variş Noktası : P18 Variş Saati : 9:11 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası : P18 Hareket Saati : 9:41 Yolculuk Süresi : 0:44

Variş Noktası : T3 Variş Saati : 10:25 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası : T3 Hareket Saati : 10:35 Yolculuk Süresi : 0:34

Variş Noktası : P2 Variş Saati : 11:09 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

Hareket Noktası : P2 Hareket Saati : 11:39 Yolculuk Süresi : 1:06

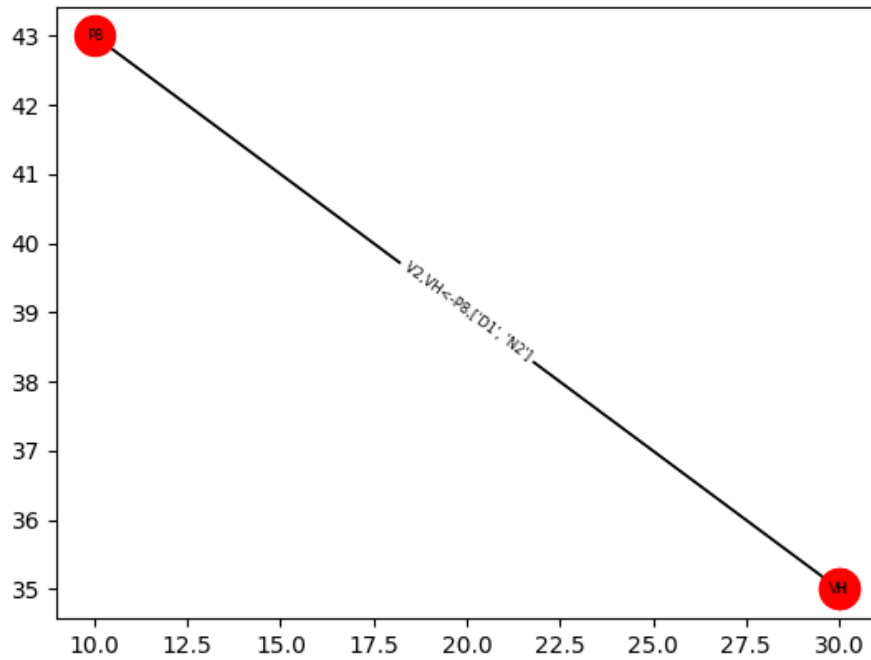
Variş Noktası : P1 Variş Saati : 12:45 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

Hareket Noktası : P1 Hareket Saati : 13:15 Yolculuk Süresi : 0:36

Variş Noktası : VH Variş Saati : 13:51 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

Gün 6

Rota #1 ['H', 'P8', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 15:17 Yolculuk Süresi : 0:44

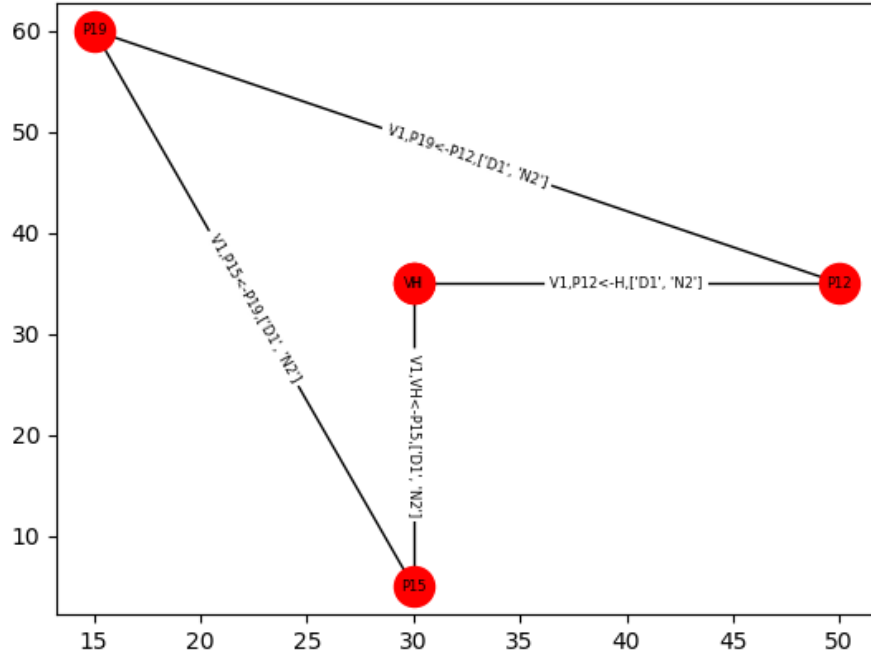
Variş Noktası : P8 Variş Saati : 16:01 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Hareket Noktası : P8 Hareket Saati : 16:46 Yolculuk Süresi : 0:44

Variş Noktası : VH Variş Saati : 17:30 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Gün 7

Rota #1 ['H', 'P12', 'P19', 'P15', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 8:20 Yolculuk Süresi : 0:40

Variş Noktası : P12 Variş Saati : 9:00 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Hareket Noktası : P12 Hareket Saati : 9:45 Yolculuk Süresi : 1:26

Variş Noktası : P19 Variş Saati : 11:11 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Hareket Noktası : P19 Hareket Saati : 11:56 Yolculuk Süresi : 1:54

Variş Noktası : P15 Variş Saati : 13:50 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Hareket Noktası : P15 Hareket Saati : 14:35 Yolculuk Süresi : 1:00

Variş Noktası : VH Variş Saati : 15:35 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Modelin işleyiş mekanizması Gün 1 ve Gün 2 de gerçekleşen rota üzerinden açıklanabilir. Gün 1'in rotalama sonuçları incelendiğinde tüm hastaların aldığı hizmetin homojen olduğunu dolayısıyla transfer seçeneğinin kullanılmadığı görülmektedir. Tüm hastalara N1 personeli atanmıştır. Personel sırasıyla P6, P3, P11 hastaları ziyaret edilmiştir. Personel V1 aracıyla saat 12:08'de hastaneden ayrılmıştır. P6'dan saat 12:52'de, P3'ten

saat 14:30'da, P11'den ise saat 16:20'de ayrılarak ayrılarak saat 17:24'te hastaneye geri dönüş yapmıştır.

Gün 2'nin rotalama sonuçları incelendiğinde tüm hastaların aldığı hizmetin homojen olmadığı dolayısıyla transfer seçeneğinin kullanıldığı görülmektedir. N2 bazı hastalara (P20 ve P16) tek başına, sadece P4'e ise D2 ile birlikte hizmet vermektedir. Personelin P4'ü ziyaret edebilmesi için bir araya gelmeleri gerekmektedir. N2, V2 aracı ile saat 9:21'de hastaneden ayrılmıştır. P20'den saat 10:59'da, P16'dan saat 13:23'de ayrılarak saat 14:49'da T4 transfer noktasına ulaşmıştır. Diğer taraftan D2 ise V1 aracı ile saat 13:51'de hastaneden ayrılmış ve saat 14:49'da T4 transfer noktasına ulaşmış. Saat 14:49 itibariyle her iki personel ve araç transfer noktasındadır. Transferin gerçekleşmesi için tanınan süre 10 dk. dır. Saat 14:59'da D1 ve N2 personelleri V1 aracıyla P4 e gitmek üzere T4 transfer noktasından ayrılmıştır. P4'ten saat 15:50'de ayrılarak saat 16:48'de hastaneye geri dönüş yapmıştır. V2 aracı ise herhangi bir personel taşımayarak saat 15:57'de hastaneye geri dönüş yapmıştır.

Matematiksel modelin testi başarılıdır. Ancak 20 hasta ve 4 haftalık planlama ufkunda test edilmiştir. Çalışmanın amacı, uzun planlama periyodunda mümkün olduğunca fazla hasta için çözüm üretebilmektir. Modelin tatmin edici bir yöntem olması için çok sayıda hasta ve daha uzun planlama ufkunda çözümler üretmesi gerekir. Bu nedenle farklı senaryolar ile modelin çözüm üretme potansiyeli test edilmiştir.

3.5.3 Modelin Farklı Senaryolarda Test Edilmesi

Model çeşitli senaryolarda test edilerek modelin çözüm üretme kapasitesi belirlenmeye çalışılmıştır. Burada "*Matematiksel modelin kabul edilebilir zaman içerisinde kaç haftalık planlama ufkunda, kaç hasta için çözüm üretebilmektedir?*" sorusuna cevap aranmaktadır.

Bu amaçla 3 farklı planlama ufku (4, 8, 12 Hafta) ve bakımın sürekliliği değeri (1.0, 0.5, 0.0) üzerinden senaryolar oluşturulmuştur. Senaryolar planlama ufku açısından değerlendirildiğinde 4 haftalık süre kısa, 8 haftalık süre orta ve 12 haftalık süre uzun planlama ufkunu temsil etmektedir. İstenen uzun planlama ufku için çözüm üretebilmektedir.

Bakımın sürekliliği değerleri açısından değerlendirildiğinde 1.0 değeri yüksek, 0.5 değeri orta seviye hizmet kalitesini temsil etmektedir. 0.0 değeri ise bakımın sürekliliği ile ölçülen hizmet kalite politikasının uygulanmadığını göstermektedir. İstenen yüksek hizmet kalitesini sağlayan çözümler üretebilmektir.

Her senaryoda hasta sayısı kademeli olarak artırılmaktadır. Senaryoların testi için Ek 2’de yer alan veri seti kullanılmıştır. Her senaryoda her 10 hasta için 1 hemşire, 1 araç ve her 30 hasta için 1 doktor oranı kullanılarak personel ve araç miktarı belirlenmiştir.

Senaryoların tamamı i5-8250U 1,6-3,5 Ghz işlemci, 12 Gb bellek, Windows 10 (64 bit) işletim sistemine sahip bilgisayar üzerinde çalıştırılmıştır. Çözücü olarak Gurobi 8.0.0 (64 bit) ve Python 2.7.8 (64 bit) programlama dili kullanılmıştır.

Bakımın sürekliliği ve iş yükü dengesi, uzun planlama ufkunda en fazla hasta için yüksek hizmet kalitesine sahip çözüm üretebilen senaryo üzerinden analiz edilecektir.

Tablo 14 Farklı Senaryolarla Çözüm Üretme Kapasitesinin Testi

Planlama Ufku 4 Hafta	Bakımın Sürekliliği Değeri			Planlama Ufku 8 Hafta	Bakımın Sürekliliği Değeri			Planlama Ufku 12 Hafta	Bakımın Sürekliliği Değeri			
	Hasta Sayısı	1.0	0.5		0.0	Hasta Sayısı	1.0		0.5	0.0	Hasta Sayısı	1.0
12	5,79	4,15	2,58	12	21,28	13,01	7,11	12	270,55	46,32	10,25	
15	142,18	5,88	3,73	15	833,20	55,03	15,22	15	2029,48	516,77	54,34	
20	211,23	28,59	17,51	20	-	859,81	111,63	20	-	1301,89	223,94	

Değerler saniye birimiyle çözüm sürelerini göstermektedir.

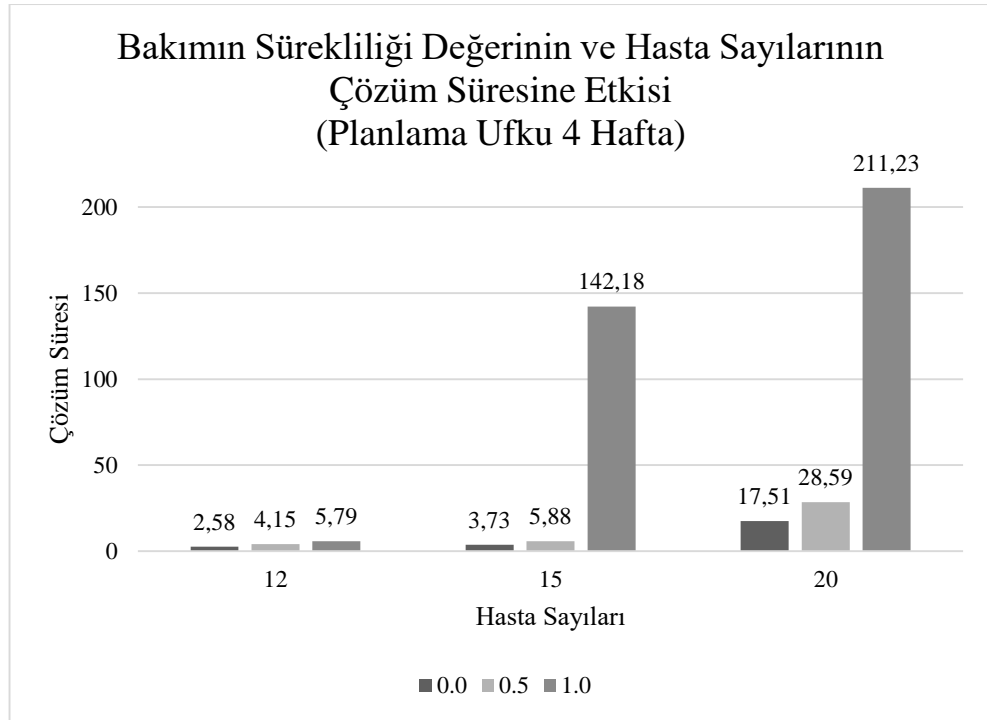
“-“ İşareti kabul edilebilir zamanda (1 saat=3600sn) çözüm üretilmediğini göstermektedir.

Tablo 14’da görüldüğü gibi matematiksel model yüksek hizmet kalitesini sağlayan çözümü kısa dönemde 20, uzun dönemde 15 hasta için üretebilmiştir.

Çözüm süreleri tablosu, dikey (hasta sayıları), makro yatay (planlama ufku), mikro yatay (bakımın sürekliliği değeri) olmak üzere üç perspektiften karşılaştırılabilir. Buna göre;

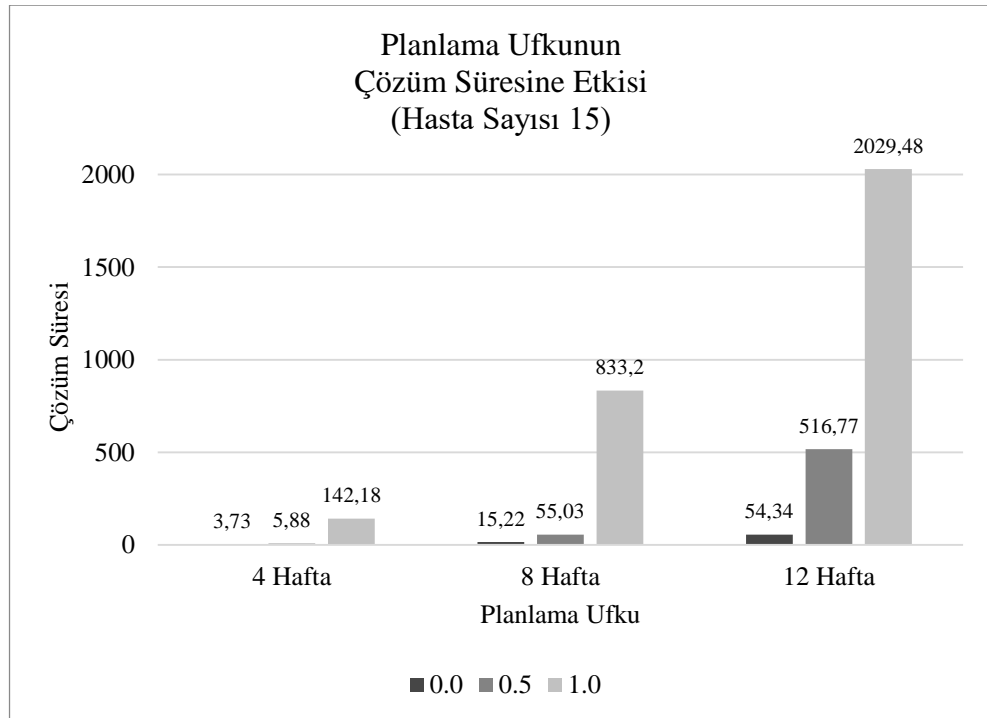
- Mikro yatay (bakımın sürekliliği değeri) açısından bakıldığında, istenilen bakımın süreklilik değeri arttıkça çözüm süresinin üssel olarak arttığı görülmektedir (bk. Grafik 1).
- Dikey (hasta sayıları) açısından bakıldığında, hasta sayısı arttıkça çözüm süresinin üssel olarak arttığı görülmektedir (bk. Grafik 1).

Grafik 1 Bakımın Sürekliliği Değerinin ve Hasta Sayılarının Çözüm Süresine Etkisi



- Makro yatay (planlama ufku) açısından bakıldığında, planlama ufku arttıkça çözüm süresinin üssel olarak arttığı görülmektedir (bk. Grafik 2).

Grafik 2 Planlama Ufkunun Çözüm Süresine Etkisi



Tablo 15 Planlama Ufkunun Modelin Değişken ve Kısıt Sayısı Üzerindeki Etkisi

	Değişken Sayısı	Kısıt Sayısı
20 Hasta 4 Hafta	14,188	19,419
20 Hasta 8 Hafta	28,372	38,835
20 Hasta 12 Hafta	42,556	58,251

Tablo 15’de planlama ufkunun matematiksel modelin değişken ve kısıt sayısı üzerindeki etkisi görülmektedir. Model 4 haftalık planlama ufkunda çözülebilmüş iken 8 ve 12 haftalık planlama ufkunda çözüm üretememiştir. Değişken ve kısıt sayılarındaki artış bu durumu açıklamaktadır.

Modelin 12 hafta planlama ufkunda 15 hasta için test edildiği senaryolarda personel iş yükü ve ortalama bakımın süreklilik değeri Tablo 16’de gösterilmektedir.

Anlatımı kolaylaştırmak için bakımın sürekliliği değeri 1.0 olan senaryo S1, 0.5 olan senaryo S2, 0.0 olan senaryo S3 ve hastaların ortalama bakımın sürekliliği değerine ortalama coci olarak ifade edilecektir.

Tablo 16 Personel İş Yükü ve Bakımın Sürekliliği Değeri İlişkisi

Hasta Sayısı: 15 Planlama Periyodu: 12 Hafta (84 gün)	Bakımın Sürekliliği Değeri		
	S1	S2	S3
Personeller	1.0	0.5	0.0
D1	91	91	91
N1	84	90	90
N2	96	90	90
Toplam Mesafe	7552	7157	7157
Hastaların Ortalama Bakımın Sürekliliği Değeri	1.0	0.57	0.51

Değerler personelin ziyaret sayısını göstermektedir.

Tablo 16 incelendiğinde doktorun her 3 senaryoda 91 ziyaret sayısına sahip olduğu görülmektedir. Aynı veri üzerinde çalışan optimizasyon modeli her 3 senaryoda da doktorlar için aynı sonuca ulaşmıştır. Bakımın sürekliliği hemşire üzerinden takip edildiği için bu beklenen bir durumdur. Bakımın sürekliliği ile iş yükü arasındaki ilişki hemşirelerin iş yükü incelendiğinde gözlenmektedir.

S1’de N1 hemşiresi 84 ziyaret gerçekleştirmişken N2 hemşiresi 96 ziyaret gerçekleştirmiştir. 12 ziyaretlik bir fark söz konudur. İki personel arasındaki iş yükünün dengesiz olması yüksek bakımın sürekliliği değerine sahip senaryo için beklenen bir durumdur. Hastaların ortalama coci değeri doğal olarak 1.0 dır.

S2’de ise N1 ve N2 90’ar ziyaret gerçekleştirmiştir. Görüldüğü gibi S1 deki iş yükü dengesizliği S2’de giderilmiştir. Bakımın sürekliliği değeri azaldıkça beklendiği gibi iş yükü dengesizliği olumlu yönde değişmektedir. Hastaların ortalama coci değeri 0.57 dir.

S3’de ise hemşireler S2 ile aynı iş yüküne sahiptirler. Bu durumu incelemek gerekir. Bölüm 2.3 de bahsedilen bakımın sürekliliği ve iş yükü ilişkisine göre S2, S3 ‘e göre daha dengesiz olması beklenir. Planlama ufku, hem istenen 0.5’lik bakımın sürekliliği değerini sağlayabilecek hem de personeller arasındaki iş yükü dengesini sağlanmasına imkan tanıyacak kadar uzundur.

Bakımın süreklilik değeri ve iş yükü ilişkisi değerlendirildiğinde sonuçlar beklentileri karşılamaktadır. Bakımın süreklilik değerinin yüksek olduğu senaryoda iş yükü dengesiz dağılmakta, düşük olduğu senaryoda ise dengeli bir dağılım gerçekleşmektedir.

Toplam mesade incelendiğinde S1’de bakımın sürekliliği gereği transfer mekanizması planlama ufku boyunca devreye girmiş ve mesafeyi S2 ve S3’e göre artırmıştır. S2 ve S3 de ise optimizasyonun etkisi ile iş yükü dağılımı ve toplam mesafe eşitlenmiştir.

Problemin çözümü için oluşturulan çok amaçlı optimizasyon modeli (çalışmanın devamında çekirdek model olarak adlandırılacaktır.) her ikisi de NP-Zor sınıfı olan atama ve rotalama problemini bir arada çözmeye çalışmaktadır. Dolayısıyla sadece az sayıda hasta için uzun dönemde yüksek kaliteli çözüm üretebilmektedir. Çalışmanın devamında *“Çok sayıda hasta için nasıl uzun dönemde yüksek kaliteli hizmeti sağlayan çözüm üretebiliriz?”* sorusunun cevabı aranmaktadır.

4. BÖLÜM

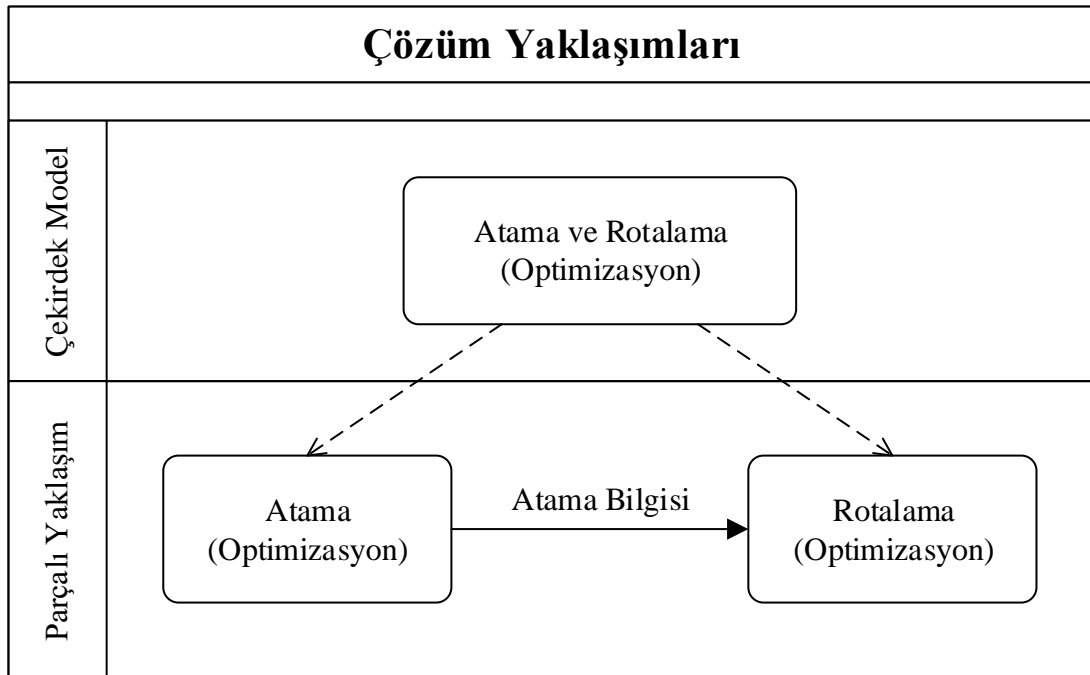
PROBLEMİN ÇÖZÜMÜ İÇİN ÖNERİLEN YAKLAŞIMLARI

Bu bölümde çözüm üretilebilecek hasta sayının artırılması için kullanılabilecek yaklaşımlara yer verilmiştir.

4.1 PARÇALI YAKLAŞIM

Problemimiz için ilk akla gelen çözüm çekirdek modeli atama ve rotalama olmak üzere iki parçaya ayırıp (bk. Şekil 2) (çalışmanın devamında parçalı model olarak adlandırılacaktır.) iki aşamada sonuca ulaşmaktır. Bu bölüm “Çekirdek modeli atama ve rotalama olmak üzere iki parçaya ayırarak uzun dönemde yüksek kaliteli hizmeti sağlayan çözümü üretebildiğimiz hasta sayısını artırabilir miyiz?” sorusuna cevap aramaktadır.

Şekil 2 Çözüm Yaklaşımları Parçalı Model



Atama ve rotalama modelleri birbirleriyle ilişkilidir. Atama modelinin sonucunda elde edilen hangi hastaya hangi personelin atandığının bilgisi rotalama modelinde parametre olarak kullanılır. Buna göre parçalı modelin atama aşamasının matematiksel modeli şöyledir.

MIN

$$\sum_{stt \in StaffT} workload_{stt}$$

$$\sum_{s \in Staffs_{stt}} sp_{d,p,s} = S_TYPE_REQ_{PATSER_{p,d,stt}} \quad \forall d \in DAYS, p \in P_d, stt \in StaffT$$

$$\sum_{s \in Staffs_{Nurse}} \left(\sum_{d \in DAYS} sp_{d,p,s} * \sum_{d \in DAYS} sp_{d,p,s} \right) - \sum_{d \in DAYS} PATAPP_{p,d} \geq COI * \sum_{d \in DAYS} PATAPP_{p,d} * \left(\sum_{d \in DAYS} PATAPP_{p,d} - 1 \right) \quad \forall p \in P$$

$$\sum_{d \in DAYS} \sum_{p \in P_d} sp_{d,p,s} \leq workload_{stt} \quad \forall s \in Staffs_{stt}, stt \in StaffT$$

Atama modeli çekirdek modelin atama ile ilgili amaç fonksiyonu ve kısıtlarından oluşmaktadır. Atama bilgilerini $sp_{d,p,s}$ değişkeni tutmaktadır. Bu bilgiler parametre olarak ($sp \rightarrow xsp$) rotalama aşamasına aktarılacaktır Buna göre parçalı modelin rotalama aşamasının matematiksel modeli aşağıdaki gibi olacaktır.

MIN

$$\sum_{d \in \text{DAYS}} \sum_{v \in V} \sum_{i \in (H^0 \cup P \cup TP)} \sum_{j \in (H^1 \cup P \cup TP), i \neq j} c_{i,j} * vflow_{d,v,i,j}$$

+maxvsurplus

$$\sum_{j \in (H^1 \cup P \cup TP)} vflow_{d,v,H^0,j} \leq 1 \quad \forall d \in \text{DAYS}, v \in V$$

$$\sum_{j \in (H^1 \cup P \cup TP)} vflow_{d,v,H^0,j} = \sum_{i \in (H^0 \cup P \cup TP)} vflow_{d,v,i,H^1} \quad \forall d \in \text{DAYS}, v \in V$$

$$\sum_{i \in (H^0 \cup P \cup TP)} vflow_{d,v,i,h} = \sum_{j \in (H^1 \cup P \cup TP)} vflow_{d,v,h,j} \quad \forall d \in \text{DAYS}, v \in V, h \in (P \cup TP)$$

$$\sum_{j \in (H^1 \cup P \cup TP)} \sum_{v \in V} svflow_{d,v,H^0,j,s} \leq 1 \quad \forall d \in \text{DAYS}, s \in \text{Staffs}$$

$$\sum_{j \in (H^1 \cup P \cup TP)} \sum_{v \in V} svflow_{d,v,H^0,j,s} = \sum_{i \in (H^0 \cup P \cup TP)} \sum_{v \in V} svflow_{d,v,i,H^1,s} \quad \forall d \in \text{DAYS}, s \in \text{Staffs}$$

$$\sum_{i \in (H^0 \cup P \cup TP)} svflow_{d,v,i,h,s} = \sum_{j \in (H^1 \cup P \cup TP)} svflow_{d,v,h,j,s} \quad \forall d \in \text{DAYS}, v \in V, h \in P_d, s \in \text{Staffs}$$

$$\sum_{i \in (H^0 \cup P)} \sum_{v \in V} svflow_{d,v,i,tp,s} = \sum_{j \in (H^1 \cup P)} \sum_{v \in V} svflow_{d,v,tp,j,s} \quad \forall d \in \text{DAYS}, tp \in TP, s \in \text{Staffs}$$

$$\sum_{s \in \text{Staffs}} svflow_{d,v,i,j,s} \leq vflow_{d,v,i,j} * \text{VEHICLE}_{\text{CAPACITY}} \quad \forall d \in \text{DAYS}, v \in V, i \in (H^0 \cup P \cup TP), j \in (H^1 \cup P \cup TP) | i \neq j$$

$$\sum_{s \in \text{Staffs}} svflow_{d,v,i,j,s} = xsp_{d,j,s} \quad \forall d \in \text{DAYS}, s \in \text{Staffs}, j \in P_d$$

$$\sum_{s \in \text{Staffs}} svflow_{d,v,i,j,s} \leq \text{VEHICLE}_{\text{CAPACITY}} \quad \forall d \in \text{DAYS}, v \in V, i \in (H^0 \cup P_d \cup TP), j \in (H^1 \cup P_d \cup TP) | i \neq j$$

$$vdeparture_{d,v,H^0} \geq 0_{H^0} \quad \forall d \in \text{DAYS}, v \in V$$

$$varrival_{d,v,H^1} \leq C_{H^1}$$

$$\begin{aligned}
vdeparture_{d,v,tp} &\geq tend_{d,tp} \\
varrival_{d,v,tp} &\leq tstart_{d,tp} && \forall d \in DAYS, v \in V, \\
tend_{d,tp} &\leq C_{tp} && tp \in TP \\
tstart_{d,tp} &\geq O_{tp} \\
vdeparture_{d,v,p} &= varrival_{d,v,p} + S_TYPE_DURATION_{PATSER_{p,d}} \\
varrival_{d,v,p} &\geq O_p && \forall d \in DAYS, v \in V, \\
vdeparture_{d,v,p} &\leq C_p + maxvsurplus && p \in P_d \\
vdeparture_{d,v,i} + t_{i,j} - (K * (1 - vflow_{d,v,i,j})) &\leq varrival_{d,v,j} && \forall d \in DAYS, v \in V, \\
&&& i \in (H^0 \cup P_d \cup TP), \\
&&& j \in (H^1 \cup P_d \cup TP) \mid i \neq j \\
tend_{d,tp} - tstart_{d,tp} &= TRANSFER_DURATION && \forall d \in DAYS, tp \in TP
\end{aligned}$$

Rotalama modeli de atama modeline benzer şekilde çekirdek modelin rotalama ile ilgili amaç fonksiyonu ve kısıtlarından oluşmaktadır. Atama modelinden gelen atama bilgisi rotalama modeline parametre olarak dâhil edilmiştir.

Atama modeli incelendiğinde personele atanan hastaların aynı rotada yer alıp alamayacağını kontrol eden bir mekanizma olmadığı görülmektedir. Hâlbuki çekirdek model; atama ve rotalama işlemini eş anlı yürüterek personelin atandığı hastalara hizmet verip veremeyeceğini kontrol etmekteydi. Parçalı yaklaşımın atama modelinde bahsedildiği gibi rota kontrol mekanizmasının olmaması rotalamayı mümkün kılacak atama yapmasını engellemektedir. Dolayısıyla bu bölümde cevaplanmak istenen soru olumlu veya olumsuz cevaplanamamıştır. Bir sonraki bölümde parçalı yaklaşım geliştirilerek arayış devam edecektir.

4.2 KÜMELİ PARÇALI YAKLAŞIM

Parçalı yaklaşımda ortaya çıkan sorunun çözümü için “*Rotalamayı mümkün kılacak şekilde bir personel hangi hastalara atanabilir?*” sorusunun cevabı olan bilgi atama modeline parametre olarak verilmelidir.

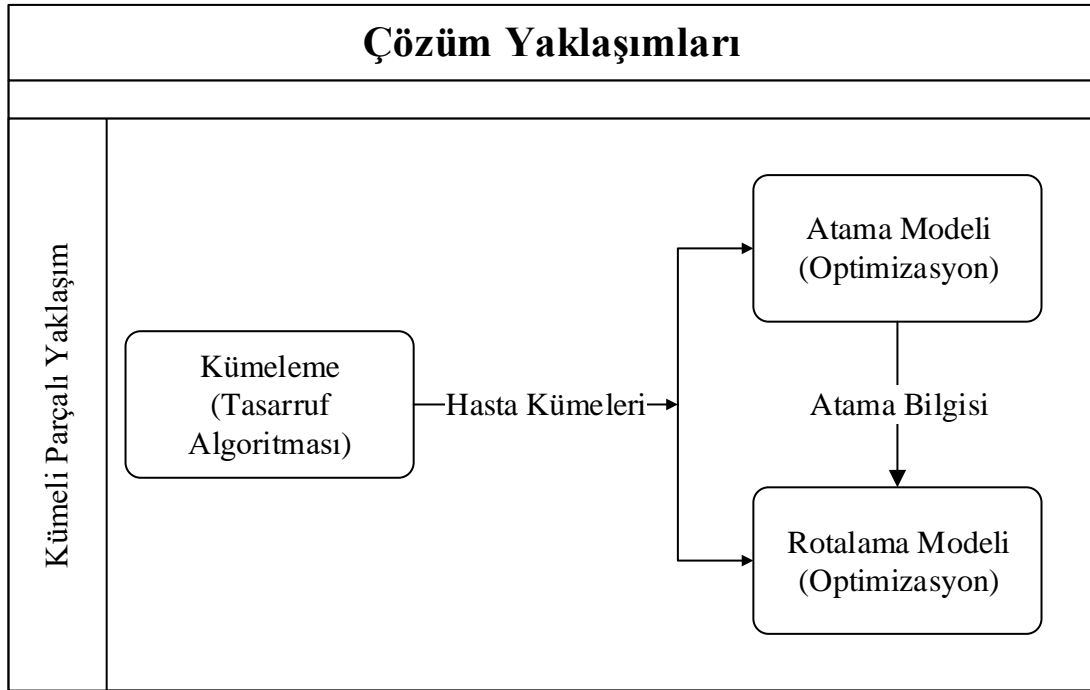
Bu sorunun cevabı ise bir personelin gün içerisinde ziyaret edebileceği hastalar kümesidir. Personelin gün içerisinde ziyaret edebileceği hasta sayısı sınırlı olduğu için hastalar birden fazla personele paylaştırılmalıdır. Her personelin payına düşen hastalar ziyaret edebilecek hastalar kümesini oluşturur.

Personelleri etkin kullanabilmek için her küme mümkün olduğunca fazla sayıda hastayı kapsmalıdır. Kümede birbirine göre uzak konumlanmış hastalar bulunursa ulaşım için fazla zaman harcanacak ve personel az sayıda hastayı rotasına alabilecektir. Bu da çok fazla sayıda personel ihtiyacı demektir. Ancak kümeye birbirlerine yakın konumlanmış hastalar seçilirse ulaşım için az zaman harcanacak ve personel çok sayıda hastayı rotasına alabilecektir. Böylece personelden etkin bir şekilde faydalanılacaktır. Ayrıca kümeleme (bölgeleme) evde sağlık atama ve rotalama probleminin karakteristik özelliklerinden biridir, yani hastaların kümelenmesi literatürle uyumludur.

Bu aşamada “*Hasta kümeleri nasıl oluşturulmalı?*” sorusu gündeme gelmektedir. Personelin günde kaç hastayı ziyaret edeceğine yönelik herhangi bir kısıtlama yoktur. Hasta sayısını kısıtlayıcı tek unsur zamandır. Personel hastane açılış ve kapanış saat aralıklarında ziyaretlerini tamamlamalı ve geri dönüş yapmalıdır. Bu doğrultuda oluşturulacak kümeler personelin mesai saatleri içerisinde hizmet verilebileceği hastalarla sınırlı olacağı için rota oluşturma algoritmaları kullanılabilir. Literatürde rota oluşturmak için sıkça kullanılan tasarruf algoritması (savings algorithm), süpürme algoritması (sweep algorithm), petal algoritması (petal algorithm) gibi algoritmalar hasta kümelerini oluşturmak için uygundur.

Çalışmada tasarruf algoritması kullanılarak hasta kümeleri oluşturulmuştur. Oluşturulan hasta kümeleri doğrultusunda atama işlemi gerçekleştirilmiş ve sonra rotalama gerçekleştirilmiştir (bk. Şekil 3). Çalışmanın devamında bu model kümeli parçalı yaklaşım olarak adlandırılacaktır.

Şekil 3 Çözüm Yaklaşımları Kümeli Parçalı Model



Kümelili parçalı model, bir rotalama algoritması olan tasarruf algoritmasını kullanarak hastaları kümelemektedir. Rotası oluşturulmuş hastaların atama işleminden sonra tekrar rotalanması gereksiz gibi görülebilir. Ancak tasarruf algoritması ile oluşturulan rota kullanışsızdır. Çünkü kümeleme sırasında hastaların sadece konumları dikkate alındığı için hastaların alacağı hizmet açısından karışık bir rota oluşmaktadır. Yani T1 hizmeti alan bir hastadan sonra T2 hizmeti alan hasta sonra tekrar T1 hizmeti alan hasta sıralanabilir.

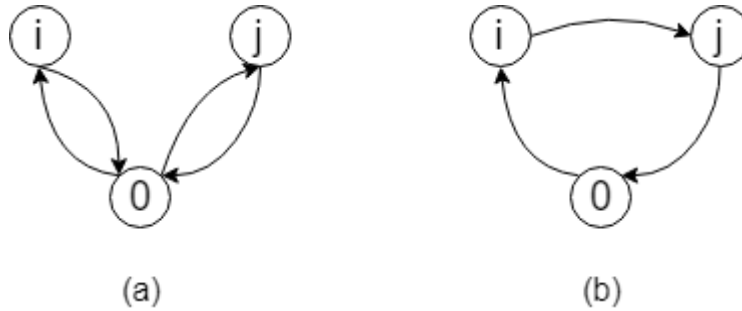
Bu noktada “*kümelili oluştururken neden hastaların alacağı hizmet dikkate alınmıyor?*” sorusu cevaplanmalıdır. Problemin tanımı gereğince hastaların alacakları hizmet planlama dönemi boyunca düzenli bir desen izlememektedir. Bu nedenle hizmetin dikkate alınmasıyla oluşturulacak kümelilerde bulunan hastalar planlama dönemi boyunca değişiklik gösterecektir. Örneğin ilk hafta Pazartesi günü birinci kümede olan bir hasta ikinci hafta Pazartesi günü alacağı hizmet değişebileceği için farklı bir kümede olabilir. Personel kümedeki tüm hastalara atanmaktadır ve bakımın sürekliliği gereği diğer randevularda da hastayı ziyaret eden personel aynı olmalıdır. Hizmeti esas alan kümelemede hasta her hafta farklı bir personelin hizmet verebileceği kümede yer alabileceği için bakımın sürekliliği sağlanamamaktadır.

Kısaca tasarruf algoritması, evet, bir rotalama algoritmasıdır ve bir rota oluşturur ancak çalışmamızda araçların nihai rotasını oluşturmak için değil atama modelinin rotalanabilir atamalar yapabilmesi için kullanılmaktadır.

4.2.1 Tasarruf Algoritması

Tasarruf algoritması (Clarke & Wright, 1964) araç rotalama problemlerinde sıklıkla kullanılan, hızlı ve kaliteli sonuçlar veren bir rota oluşturma algoritmasıdır. Algoritma, rotaları birleştirerek toplam rotalama maliyetini minimize etme esasına dayanmaktadır. Şekil 4a'da düğüm 0'dan gelen araç düğüm i 'ye uğradıktan sonra tekrar düğüm 0'a geri dönmektedir. Aynı şekilde düğüm j de ziyaret edilmiştir. Bu durumda, c düğümler arası ulaşımın maliyetini göstermek üzere, (a) durumunun maliyeti $M_a = c_{0i} + c_{i0} + c_{0j} + c_{j0}$ olmaktadır.

Şekil 4 Tasarruf Algoritması Gösterimi



Ancak bu rota düğüm i 'den sonra düğüm j ziyaret edilerek daha düşük bir maliyetle gerçekleştirilebilir. Bu durumda (b) durumunun maliyeti $M_b = c_{0i} + c_{ij} + c_{j0}$ olmaktadır.

Rotaların birleştirilmesiyle elde edilen maliyet tasarrufu (S)

$$S_{ij} = M_a - M_b = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij}$$

olarak hesaplanır.

Aşamaları Algoritma 2’de gösterildiği gibidir.

Algoritma 2 Tasarruf Algoritması

Adım 1. Her ikili düğüm çifti için $(i, j, i \neq j)$ tasarruf miktarını (S_{ij}) hesapla.
Tasarruf listesi oluştur.

$$S_{ij} = c_{0i} + c_{0j} - c_{ij}$$

Adım 2. Tasarruf miktarına göre listeyi büyükten küçüğe doğru sırala.

Adım 3. Listede ikili çift kalmayana kadar veya rotaya yeni bir düğüm eklenemeyene kadar;

Adım 3.1. Listedeki ilk ikili çifti seç.

Adım 3.2. Seçilen çiftteki düğümler (i, j) ;

(i) Birbirinden farklı rotalarda ise

(ii) Ait oldukları rotaların ilk veya son düğümleri ise

(iii) Birleştirildiklerinde oluşan rota olurlu (feasible) ise

Çiftteki her bir düğümün ait olduğu rotaları (ij) bağlantısıyla birleştirerek yeni bir rota oluştur.

Adım 3.3. Seçilen çifti listeden çıkar.

Bu algoritma kullanılarak sadece ilk 7 gün hastaların kümelemesi yapılmaktadır. Randevular ilk randevuyla aynı günlerde tekrarlandığı için tüm planlama dönemi boyunca kümeleme yapmaya gerek yoktur. İlk hafta için oluşturulan kümeler diğer haftalarda değişmeyecektir.

Dikkat edilmesi gereken bir diğer konu personel ve araç sayılarının belirlenmesidir. Çekirdek modelde personel ve araç sayıları hasta sayısına bağlı bir oran üzerinden belirlenmişti. Kümeli parçalı yaklaşımda oluşturulan hasta kümeleri personel ve araç sayısına bağlı olarak belirlenebilir. Ancak kümedeki hastaların alacağı hizmetin düzenli bir desen izlemeyecek olması dikkate alınmalıdır. Bu durumda kümedeki hastaların her iki hizmeti de alabileceği düşünerek her küme için 1 hemşire 1 doktor sisteme eklenmelidir.

4.2.2 Hasta Kümelerinin Atama Modeline Eklenmesi

Tasarruf algoritması ile oluşturulan hasta kümelerini atama modeline eklenebilmesi için gerekli olan indis, parametre ve değişkenler Tablo 17’de gösterilmektedir.

Tablo 17 Kümelerin Atama Modeline Eklenmesi

Yeni İndisler	Yeni Parametreler	Yeni Değişkenler
g : küme indisi	G_d :d günündeki kümeler $G_{d,g}$: d günündeki g kümesindeki hastaları gösterir.	$useds_{d,s,g}$: d günü s personelinin g kümesine atanıp atanmadığını gösterir

Benzer şekilde modele eklenecek kısıtlar Tablo 18’de gösterilmektedir.

Tablo 18 Kümelerin Atama Modeline Eklenmesi İçin Gerekli Kısıtlar

$$\sum_{p \in G_{d,g}} sp_{d,p,s} + ((1 - useds_{d,s,g}) * M) = M \quad \forall d \in DAYS, g \in G_d, \quad (1.)$$

$$M = |\{p | PATSER_{p,d} = stt, p \in P_d\}| \quad stt \in StaffT, s \in Staffs_{stt}$$

d gününde g kümesine atanmış personelin o kümedeki tüm hastalara atanmasını sağlar

$$\sum_{g \in G_d} useds_{d,s,g} \leq 1 \quad \forall d \in DAYS, s \in Staffs \quad (2.)$$

d gününde s personeli sadece bir kümeye atanmasını garanti eder

Belirtilen değişiklikler yapıldıktan sonra tüm hastalar kümeler halinde atama modeline dâhil edilmektedir.

4.2.3 Hasta Kümelerinin Rotalama Modeline Eklenmesi

Rotalama işlemi günlük olarak yapılmakta ve o gün randevusu olan hastaların tamamı birlikte rotalanmaya çalışılmaktadır. Rotalama problemi NP-Zor sınıfı bir problemdir. Bu nedenle rotalanacak düğüm sayısı arttıkça rota oluşturma süresi üssel olarak artmaktadır. Kümeleme ile küçük gruplara bölünen hastalar rotalama işlemini de kolaylaştırmaktadır. Her kümenin rotalama işlemi kendi içinde gerçekleştirilmektedir. Bu durum rotalama süresi için bir avantaj olurken araç kullanım sayısı açısından dezavantaj olmaktadır. Daha önceki bölümlerde raporlanan model test sonuçlarında bu dezavantajlı durumun bir örneği Tablo 19’de gösterilmektedir.

Tablo 19 Model Testi 4. Gün Rotalama Sonucu

Gün 4
Rota #1 ['H', 'T4', 'VH']
Rota #2 ['H', 'P9', 'P17', 'T4', 'P13', 'VH']
Araç : 1
Hareket Noktası : H Hareket Saati : 13:09 Yolculuk Süresi : 0:58
Variş Noktası : T4 Variş Saati : 14:07 Araçta Taşınan Personel → ['D1']
Hareket Noktası : T4 Hareket Saati : 14:17 Yolculuk Süresi : 0:58
Variş Noktası : VH Variş Saati : 15:15 Araçta Taşınan Personel → []
Araç : 2
Hareket Noktası : H Hareket Saati : 8:23 Yolculuk Süresi : 1:10
Variş Noktası : P9 Variş Saati : 9:33 Araçta Taşınan Personel → ['N1']
Hareket Noktası : P9 Hareket Saati : 10:03 Yolculuk Süresi : 1:56
Variş Noktası : P17 Variş Saati : 11:59 Araçta Taşınan Personel → ['N1']
Hareket Noktası : P17 Hareket Saati : 12:29 Yolculuk Süresi : 1:38
Variş Noktası : T4 Variş Saati : 14:07 Araçta Taşınan Personel → ['N1']
Hareket Noktası : T4 Hareket Saati : 14:17 Yolculuk Süresi : 0:48
Variş Noktası : P13 Variş Saati : 15:05 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']
Hareket Noktası : P13 Hareket Saati : 15:50 Yolculuk Süresi : 0:20
Variş Noktası : VH Variş Saati : 16:10 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']

Tablo 19’de yer alan 4. günün rotalama sonuçları incelendiğinde 1 nolu araç hastaları dolaşmamakta sadece D1 personelini hastaneden T4 transfer merkezine getirmekte ve boş olarak geri dönmektedir.

4.2.3.1 Kümelerin Rotalama İçin Birleştirilmesi

Kümedeki hastaların alacağı hizmet tek tip olmadığı takdirde bu gibi durumlar oluşabilmektedir. Yani en iyi durumda kümedeki tüm hastalar aynı hizmeti alır ve sadece 1 araç kullanılarak rotalama yapılır, en kötü durumda ise kümedeki hastalar farklı tipte hizmete gereksinimi vardır ve 2 araç kullanılarak rotalama yapılır. 2 araç kullanıldığı durumlardan birinin verimsiz kullanımı söz konusudur. Bu noktada “*Araçlar daha verimli nasıl kullanılabilir?*” sorusu akıllara gelmektedir.

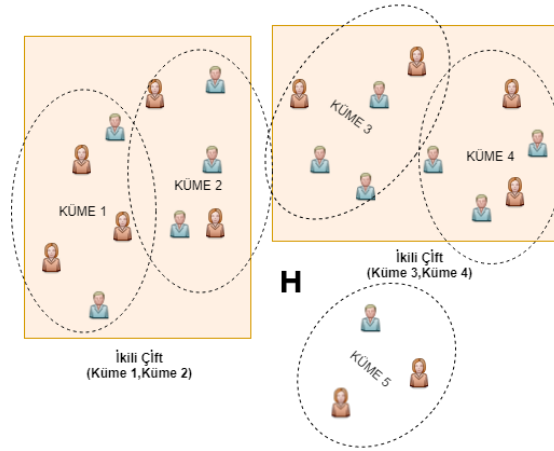
Bu amaçla “*Birbirlerine yakın iki kümeyi birleştirerek yapılacak rotalama ile küme başına kullanılan araç sayısı düşürülebilir mi?*” sorusuna cevap aranmıştır. Bu arayışın altında, bir kümenin rotalamasında verimsiz kullanılan araca diğer bir kümenin rotalamasında da görev verilerek daha verimli kullanılabilceği düşüncesi vardır. Böylece toplamda 4 araç yerine 3 araç kullanılarak küme başına 2 araçtan daha az sayıda araç kullanımı ile verimlilik sağlanabilir.

Bu işlem için Algoritma 3 kullanılarak birbirlerine yakın kümeler belirlenebilir.

Algoritma 3 Kümeleri Birleştirme Algoritması

- Adım 1. Her kümedeki hastaların dağıldığı alanın orta noktasını küme merkezi olarak belirle
- Adım 2. Tüm küme merkezlerinin birbirlerine göre mesafe matrisini oluştur
- Adım 3. İkili küme çiftlerinden oluşan liste oluştur.
- Adım 4. İkili küme listesini mesafeye göre küçükten büyüğe doğru sırala
- Adım 5. Listede ikili küme çifti kalmayana kadar;
 - Adım 5.1. Listenin ilk sırasındaki çifti birlikte rotilanmak üzere belirle
 - Adım 5.2. Belirlenen çifti ve çiftteki her bir elemanın diğer tüm ikili çiftlerini listeden sil

Şekil 5 Kümelerin Birleştirilmesi Örnek Gösterim



Şekil 5’de küme birleştirme işlemi örneği gösterilmektedir. Görüldüğü gibi tüm kümelerin bir başka küme ile birleşmesi şart değildir. Birlikte rotalanabileceği düşünülen kümelerin aralarındaki mesafeye bağlı olarak 3 araç ile rotalama işleminin başarılı olacağını garanti yoktur. Başarılı birleşme olasılığını yükseltmek için birbirine en yakın kümeler birlikte rotalanmak üzere ikili çiftler oluşturulmuştur. İkili kümelerin rotalaması olurlu (feasible) bir sonuç elde edilemezse her küme bağımsız olarak rotalanacaktır.

Tablo 20’da birleştirilmiş kümelerin rotalama örneği görülmektedir. Örnekte iki adet küme birarada başarıyla rotalanabilmiştir. Her iki kümenin bireysel olarak rotalamasında kullanılacak araç sayısı 4 iken beraber rotalandığında 3 araç ile rotalama sağlanmıştır.

Tablo 20’deki sonuçlar incelendiğinde Rota 2’de yer alan ilk iki hastanın Küme 1’in T1 hizmetini alan hastalar olduğu ve Küme 1’in T2 hizmetini alan hastalara gidebilmesi için ihtiyaç duyduğu doktor personelin Araç 1 ile hastaneden getirildiği görülmektedir. Benzer şekilde Rota 3 de yer alan ilk iki hasta Küme 2’nin T2 hizmetini alan hastalar olduğu, araçta 1 doktor ve 1 hemşire personelin bulunduğu, Küme 2’nin T1 hizmeti alan hastalara hizmet verilebilmesi için hemşire personelin transfer noktasında Araç 1’e transfer edildiği ve Araç 3 ‘ün doktor personeli hastaneye götürdüğü görülmektedir.

Tablo 20 Birleştirilmiş Kümelerin Rotalama Örneği

Gün 1

Küme 1 ['P11', 'P165', 'P254', 'P365']

Küme 2 ['P183', 'P251', 'P325', 'P367', 'P247', 'P371']

Rota #1 ['H', 'T5', 'P367', 'P325', 'P251', 'P183', 'VH']

Rota #2 ['H', 'P11', 'P165', 'T5', 'P254', 'P365', 'VH']

Rota #3 ['H', 'P371', 'P247', 'T5', 'VH']

Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 11:36 Yolculuk Süresi : 0:12

Variş Noktası : T5 Variş Saati : 11:48 Araçta Taşınan Personel → ['D9']

Hareket Noktası : T5 Hareket Saati : 11:58 Yolculuk Süresi : 1:02

Variş Noktası : P367 Variş Saati : 13:01 Araçta Taşınan Personel → ['N7']

Hareket Noktası : P367 Hareket Saati : 13:31 Yolculuk Süresi : 0:13

Variş Noktası : P325 Variş Saati : 13:45 Araçta Taşınan Personel → ['N7']

Hareket Noktası : P325 Hareket Saati : 14:15 Yolculuk Süresi : 0:36

Variş Noktası : P251 Variş Saati : 14:52 Araçta Taşınan Personel → ['N7']

Hareket Noktası : P251 Hareket Saati : 15:22 Yolculuk Süresi : 0:18

Variş Noktası : P183 Variş Saati : 15:41 Araçta Taşınan Personel → ['N7']

Hareket Noktası : P183 Hareket Saati : 16:11 Yolculuk Süresi : 0:39

Variş Noktası : VH Variş Saati : 16:51 Araçta Taşınan Personel → ['N7']

Araç : 2

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 8:00 Yolculuk Süresi : 1:00

Variş Noktası : P11 Variş Saati : 9:01 Araçta Taşınan Personel → ['N9']

Hareket Noktası : P11 Hareket Saati : 9:31 Yolculuk Süresi : 1:28

Variş Noktası : P165 Variş Saati : 11:00 Araçta Taşınan Personel → ['N9']

Hareket Noktası : P165 Hareket Saati : 11:30 Yolculuk Süresi : 0:18

Variş Noktası : T5 Variş Saati : 11:48 Araçta Taşınan Personel → ['N9']

Hareket Noktası : T5 Hareket Saati : 11:58 Yolculuk Süresi : 0:17

Variş Noktası : P254 Variş Saati : 12:16 Araçta Taşınan Personel → ['N9', 'D9']

Hareket Noktası : P254 Hareket Saati : 13:01 Yolculuk Süresi : 0:42

Variş Noktası : P365 Variş Saati : 13:44 Araçta Taşınan Personel → ['N9', 'D9']

Hareket Noktası : P365 Hareket Saati : 14:29 Yolculuk Süresi : 0:39

Variş Noktası : VH Variş Saati : 15:09 Araçta Taşınan Personel → ['N9', 'D9']

Araç : 3

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 9:20 Yolculuk Süresi : 0:23

Variş Noktası : P371 Variş Saati : 9:44 Araçta Taşınan Personel → ['D7', 'N7']

Hareket Noktası : P371 Hareket Saati : 10:29 Yolculuk Süresi : 0:28

Variş Noktası : P247 Variş Saati : 10:58 Araçta Taşınan Personel → ['D7', 'N7']

Hareket Noktası : P247 Hareket Saati : 11:43 Yolculuk Süresi : 0:04

Variş Noktası : T5 Variş Saati : 11:48 Araçta Taşınan Personel → ['D7', 'N7']

Hareket Noktası : T5 Hareket Saati : 11:58 Yolculuk Süresi : 0:12

Variş Noktası : VH Variş Saati : 12:10 Araçta Taşınan Personel → ['D7']

4.2.4 Kümeli Parçalı Modelin Farklı Senaryolarda Test Edilmesi

Kümeli parçalı yaklaşımın çözüm üretme kapasitesi çekirdek model gibi farklı senaryolar ile test edilmiştir. Atama ve rotalama işlemi birbiriyle ilişkili iki farklı modelde çözüldüğü için sonuçlar iki farklı tabloda raporlanmaktadır.

Tablo 21 Kümeli Parçalı Model- Atama Modelinin Farklı Senaryolarla Testi

Planlama Ufku 12 Hafta	Bakımın Sürekliliği Değeri			Planlama Ufku 8 Hafta	Bakımın Sürekliliği Değeri			Planlama Ufku 4 Hafta	Bakımın Sürekliliği Değeri		
	Hasta Sayısı	1.0	0.5		0.0	Hasta Sayısı	1.0		0.5	0.0	Hasta Sayısı
20	0,11	0,10	0,11	20	0,08	0,08	0,13	20	0,08	0,09	0,08
30	2,19	0,18	0,35	30	0,09	0,29	0,23	30	0,11	0,14	0,13
50	7,56	2,31	0,74	50	4,28	1,93	0,63	50	0,37	0,31	0,35
100	-	-	4,59	100	-	-	3,89	100	37,11	9,70	1,39

Değerler saniye birimiyle çözüm sürelerini göstermektedir.

“-“ İşareti kabul edilebilir zamanda (1 saat=3600sn) çözüm üretilmediğini göstermektedir.

Tablo 22 Kümeli Parçalı Yaklaşımın Rotalama Modelinin Farklı Senaryolarla Testi

Planlama Ufku 12 Hafta	Bakımın Sürekliliği Değeri			Planlama Ufku 8 Hafta	Bakımın Sürekliliği Değeri			Planlama Ufku 4 Hafta	Bakımın Sürekliliği Değeri		
	Hasta Sayısı	1.0	0.5		0.0	Hasta Sayısı	1.0		0.5	0.0	Hasta Sayısı
20	4,21	4,20	4,19	20	2,86	2,80	2,70	20	1,5	1,44	1,375
30	6,16	6,27	6,47	30	5,11	4,25	4,52	30	2,17	2,09	1,93
50	14,69	12,94	14,94	50	10,14	10,12	11,06	50	4,80	5,13	5,71
100	*	*	168,62	100	*	*	75,11	100	40,93	60,71	31,45

Değerler saniye birimiyle çözüm sürelerini göstermektedir.

“**” işareti atama işlemi yapılamadığından dolayı rotalamanın yapılamadığı senaryoları göstermektedir

Tablo 21’de görüldüğü gibi kümeli parçalı yaklaşımın atama modeli yüksek hizmet kalitesini sağlayan çözümü 100 hasta için kısa dönemde üretebilmiştir. Uzun dönemde yüksek hizmet kalitesini sağlayan çözümü 50 hasta için üretebilmiştir. Rotalama işlemi gün bazında oluşturulan kümeler doğrultusunda gerçekleştiği için rotalama için geçen süre planlama ufkunun uzunluğuna ve hasta sayısına bağlı olarak artmaktadır.

Tablo 23 Personel İş Yüğü ve Bakımın Sürekliliğı Değeri İlişki

Hasta Sayısı: 50 Planlama Periyodu: 12 Hafta (84 gün)	Bakımın Sürekliliğı Değeri		
	S1	S2	S3
Personeller	1.0	0.5	0.0
D1	99	96	99
D2	99	99	99
D3	96	99	96
N1	204	201	198
N2	192	198	201
N3	204	201	201
Toplam Mesafe	25,284	25,284	25,284
Hastaların Ortalama Bakımın Sürekliliğı Değeri	1.0	0.55	0.33
En Fazla İş Yüğü	204	201	201
En Az İş Yüğü	192	198	198
Fark	12	3	3

Değerler personelin ziyaret sayısını göstermektedir.

Atama modelinin 12 hafta 50 hasta için test edildiğı senaryolarda personel iş yüğü ve ortalama bakımın sürekliliğı değeri Tablo 23’da gösterilmektedir.

Tablo 23 incelendiğinde doktorların her 3 senaryoda benzer iş yüklerine sahip olduğı görülmektedir. Hemşireler açısından incelendiğinde S1’de en fazla ziyaret yapan ile en az ziyaret yapan hemşire arasında 12 ziyaret fark bulunmaktadır. S2 ve S3’te ise bu fark 3 dür. Elde edilen sonuçlar çekirdek modelde elde edilen sonuçlarla uyumludur. Bakımın sürekliliğinin yüksek olduğı senaryoda iş yüğü dengesizliğı daha fazladır. S2 ve S3’te iş yüğü farkının tamamen kapanmamasında kümeleme yaklaşımının etkili olduğı söylenebilir. Kümeler arasında hasta sayısı farklılığı iş yüğü dağılımına yansımaktadır.

Toplam mesafe incelendiğinde $S1=S2=S3$ olduğı görülmektedir. Üç senaryoda hasta kümeleri sabit olduğı için araçların rotaları aynıdır ancak taşıdıkları personeller farklıdır. Bakımın sürekliliğı gereğı hastalara atanan personeller değışmiş ancak rotalama değışmemiştir.

Kümeleme yaklaşımının bakımın sürekliliğı değeri ve iş yüğü üzerine etkisi çalışmanın devamında örneklerle daha detaylı açıklanmaktadır.

Kümeli parçalı yaklaşımın senaryo sonuçları çekirdek modelin sonuçlarıyla karşılaştırıldığında uzun dönemde yüksek hizmet kalitesi sağlanan çözümdeki hasta sayısı 15 hastadan 50 hastaya çıkmaktadır. Dolayısıyla bir önceki bölümde cevaplanamamış olan “Çekirdek modeli atama ve rotalama olmak üzere iki parçaya ayırarak uzun dönemde yüksek kaliteli hizmeti sağlayan çözüm bulabildiğimiz hasta sayısını artırabilir miyiz?” sorusu atama işleminden önce kümeleme yapılması şartıyla olumlu olarak cevaplanmıştır. Ancak çalışmanın amacı uzun planlama periyodunda mümkün olduğunca fazla hasta için kaliteli hizmeti sağlayan çözüm üretebilmektir. Bu nedenle atama işlemi için farklı bir yöntem arayışı devam etmektedir.

4.3 ATAMA İŞLEMİ İÇİN SEZGİSEL YAKLAŞIM

Bu bölümde “Çok sayıda hasta için uzun dönemde yüksek hizmet kalitesine sahip atama işlemi nasıl yapılabilir?” sorusuna cevap aranmaktadır. Önceki bölümlerde atama aşamasında optimizasyon ile çözüm elde etmeye çalışılmış ancak istenilen niteliklere sahip çözüme ulaşılamamıştı. Bu bölümde probleme özgü sezgisel çözüm yaklaşımı önerilmektedir.

İlk önce problemin dinamiklerini tekrar gözden geçirelim. Bir dizi hastaya bir dizi personel ile hizmet vermek istenmektedir. Planlama dönemi boyunca hastalar haftada bir kez ziyaret edilmekte ve bu ziyaretlerde farklı personel gerektiren T1 ve T2 hizmetlerinden herhangi birini alabilmektedir. T1 hizmeti bir hemşire ile gerçekleştirilirken T2 hizmeti bir hemşire bir doktor ile gerçekleştirilmektedir. Planlama dönemi boyunca hastaları tamamen veya kısmen aynı personelin ziyaret etmesi atamanın kalitesi için önemli bir göstergedir. Daha önce bahsedildiği gibi bu durum bakımın sürekliliği olarak tanımlanmaktadır. Atama sonucunun istenilen bakımın sürekliliği değerini karşılaması gerekir. Aksi halde atama işlemi başarısız kabul edilmektedir. Bakımın sürekliliği her iki hizmetin ortak personeli olan hemşire tutarlılığı üzerinden ölçülmektedir.

Kümeli parçalı yaklaşımda olduğu gibi atama işleminden sonra rotalama yapılacağı için hasta kümeleri sezgisel yaklaşımda da kullanılmıştır. Sezgisel, Algoritma 4’ü takip etmektedir.

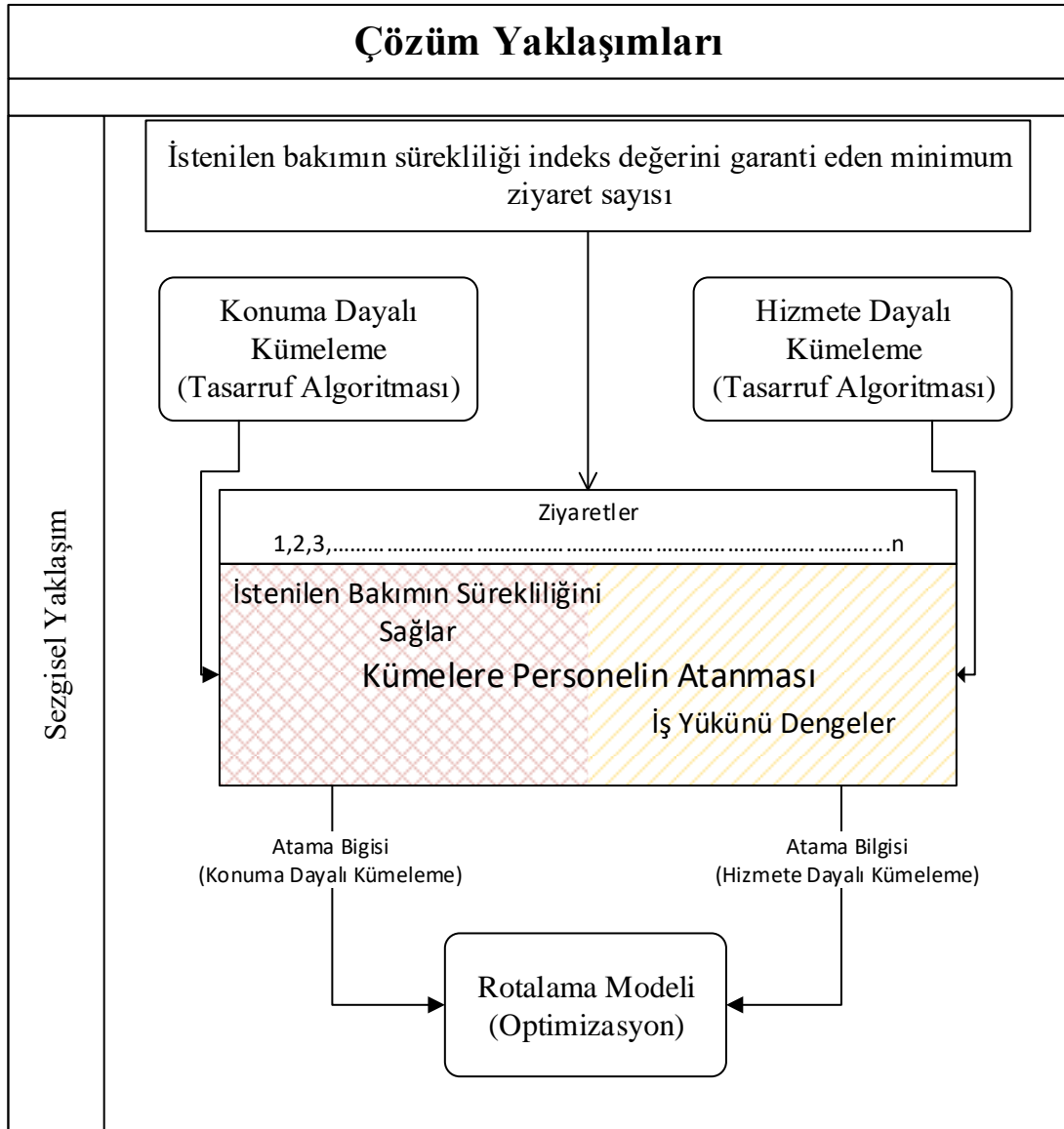
Algoritma 4 Sezgisel Yaklaşımın Algoritması

- Adım 0. Doktor ve Hemşire personel listesi oluştur ve 1'er personel ekle
- Adım 1. İstenilen bakımın sürekliliği indeks değerini 0 ise Adım 5'e atla.
- Adım 2. Tasarruf algoritması ile hastaları konumlarına kümele
- Adım 3. İstenilen bakımın sürekliliği indeks değerini garanti eden minimum ziyaret sayısını hesapla
- Adım 4. İlk haftanın her günü için;
- Adım 4.1. İlgili gündeki her küme için;
- Personel listesinden o gün görev yapmamış personeller arasından en az iş yüküne sahip 1 doktor ve 1 hemşire seç.
- Adım 4.1.1. Bu kurala uygun personel yoksa listeye yeni personel ekle
- Adım 4.1.2. Kümedeki her hasta için;
- Adım 4.1.2.1. Hastanın alacağı hizmet tipine göre seçilmiş personeli hastaya ata
- Adım 4.1.2.2. Minimum ziyaret sayısı tamamlana kadar;
- Adım 4.1.2.2.1. Hastanın sırasıyla diğer randevularında alacağı hizmet tipine göre seçilmiş personeli hastaya ata

- Adım 5. Tasarruf algoritması ile hastaları aldıkları hizmete göre kümele
- Adım 6. Atama yapılmamış her hafta için;
- Adım 6.1. İlgili haftanın her günü için;
- Adım 6.1.1. İlgili kümeleri sahip olduğu hasta sayısına göre büyükten küçüğe sıralı liste oluştur
- Adım 6.1.2. Listedeki kümelere görevlendirme yapacak kadar personel var mı? Kontrol et. Yoksa yeni personel ekle.
- Adım 6.1.3. Sıralanmış kümelerinin ilk sıradan başlayarak, her biri için;
- Adım 6.1.3.1. Personel listesinden o gün görev yapmamış personeller arasından en az iş yüküne sahip 1 doktor ve 1 hemşire seç.
- Adım 6.1.3.2. Bu kurala uygun personel yoksa yeni personel ekle
- Adım 6.1.3.2. Kümedeki tüm hastaların alacağı hizmet tipine göre seçilmiş personeli hastaya ata.

Sezgisel yaklaşım Şekil 6'da görselleştirilmeye çalışılmıştır. Şekilde kümelere personele atanması bölümü iki parçadan oluşmaktadır. Sol tarafta kalan bölüm hasta randevularına minimum ziyaret sayısı kadar aynı personelin atamasını yapmaktadır. Böylece atamanın başarılı olabilmesi için gerekli olan bakımın sürekliliği değeri sağlanmış olur. Sağ tarafta kalan bölüm ise geri kalan randevularda iş yükünü dengelemek amacıyla personel atamasını gerçekleştirmektedir. Rotalama modeli de kümeli parçalı yaklaşıma benzer şekilde kümeleri mümkünse birleştir ve rotala yaklaşımı ile gerçekleşmektedir.

Şekil 6 Çözüm Yaklaşımları Sezgisel Yaklaşım



Optimal olmayan ancak istenilen bakımın sürekliliği indeks değerini garanti eden hasta personel atama işlemi sezgisel yaklaşımla gerçekleştirilmektedir. Daha önceki yaklaşımlarda optimizasyon ile çözüm arandığı için ulaşılan sonuçlardan daha iyisi olup olmadığı tartışmaya açık değildi. Ancak sezgisel ile oluşturulan atama işleminin kalitesi sorgulanabilir. Bu noktada “*Sezgisel ile oluşturulan atama iyileştirilebilir mi?*” sorusu akıllara gelmektedir.

Literatürde hemşire çizelgeleri ile yapılan çalışmalarda sıklıkla değişken komşu arama (variable neighbourhood search) (Ziran, Xiyu, & Xiaoju, 2017), (Erfan, Kerem, & John, 2017), (Burke, Li, & Qu, 2010)) yaklaşımının kullanıldığı görülmektedir. Değişken

komşu arama yaklaşımı başlangıç çizelgesi üzerinden dikey, yatay veya her iki eksenle birden yapılabilecek hamle kombinasyonundan (Şekil 7) oluşmaktadır. Yapılan hamleler çizelgenin mevcut kalitesini iyileştiriyorsa iyileştirilmiş çizelge olarak kabul edilmekte ve iyileştirme çalışmaları bu çizelge üzerinden devam etmektedir.

Şekil 7 Değişken Komşu Arama Yaklaşımı Çizelge İyileştirme Hamleleri

	Mon	Tue	Wed	Thu
Head Nurse	D	D	D	D
Nurse A, HAN	E	E	L	L
Nurse B		N	N	
Nurse C		N	E	E

	Mon	Tue	Wed	Thu
Head Nurse	D	D	D	D
Nurse A, HN	E	E	L	L
Nurse B		N	N	
Nurse C		N	E	E

	Mon	Tue	Wed	Thu
Head Nurse	D	D	D	D
Nurse A, HN	E	E	L	L
Nurse B		N	N	
Nurse C		N	E	E

	Mon	Tue	Wed	Thu
Head Nurse	D	D	D	D
Nurse A, HN	E	E	L	L
Nurse B		N	N	
Nurse C		N	E	E

	Mon	Tue	Wed	Thu
Head Nurse	D	D	D	D
Nurse A, HN	E	E	L	L
Nurse B		N	N	
Nurse C		N	E	E

	Mon	Tue	Wed	Thu
Head Nurse	D	D	D	D
Nurse A, HN	E	E	L	L
Nurse B		N	N	
Nurse C		N	E	E

	Mon	Tue	Wed	Thu
Head Nurse	D	D	D	D
Nurse A, HN	E	E	L	L
Nurse B		N	N	
Nurse C		N	E	E

	Mon	Tue	Wed	Thu
Head Nurse	D	D	D	D
Nurse A, HN	E	E	L	L
Nurse B		N	N	
Nurse C		N	E	E

	Mon	Tue	Wed	Thu
Head Nurse	D	D	D	D
Nurse A, HN	E	E	L	L
Nurse B		N	N	
Nurse C		N	E	E

Kaynak: (E., P., S., & G.V., 2003)

Sezgisel yaklaşım ile oluşturduğumuz çizelgenin kalitesi bakımın sürekliliği indeks değeri ve personelin iş yükü ile ölçülmektedir. 2. Bölümde bakımın sürekliliği indeks değeri ile personel iş yükü arasındaki ilişki bahsedilmiştir.

İlişkiyi hatırlamak gerekirse bakımın sürekliliği indeks değeri personelin ziyaret sıralamasına duyarlı değildir yani yatay eksenle personellerin yerini değiştirmek bakımın sürekliliği indeks değerini değiştirmeyecektir. Personelin ziyaret sayısı değişmeyeceği için iş yükünü de değiştirmeyecektir. Bu nedenle yatay eksenle yapılacak hamleler ile çizelge iyileştirilemez.

Kümeleme yaklaşımının gereği olarak kümenin bir elemanına atanmış bir personel kümenin tüm elemanlarına da atanmaktaydı. Bu nedenle küme içinde yapılacak dikey bir

değişiklik hamlesi de iş yükü veya bakımın süreklilik indeks değerinde değişiklik yaratmayacaktır.

Bu durumda sadece kümelere atanmış personelin başka bir personel ile değişimi mümkündür. Ancak böyle bir değişim iş yükü dengesini olumlu (olumsuz) etkiliyorsa bakımın sürekliliği indeks değerini olumsuz (olumlu) etkileyecektir. Kısaca sezgisel yaklaşım ile elde edilen çizelgenin değişimi ancak bakımın sürekliliği indeks değeri ile iş yükü dengesi arasında bir seçim yapılabildiği takdirde mümkündür.

4.3.1 Sezgiselin Çalışma Mekanizması

Bu bölümde sezgiselin çalışma mekanizması ve kümelemenin iş yükü dağılımı üzerine etkisi aynı örnek üzerinden anlatılmaya çalışılacaktır.

Öncelikle yüksek hizmet kalitesini sağlayan (bakımın sürekliliği değeri 1.0) durum üzerinden örneği inceleyelim.

Tablo 24 Yüksek Hizmet Kalitesini Sağlayan Durum Örneği

		Ziyaretler												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Küme 1	P56	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	
	P25	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	
	P97	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	
	P41	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	
	P23	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	
	P92	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	
Küme 2	P46	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	
	P58	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	
	P99	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	
	P64	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	
	P87	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	
Küme 3	P33	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	
	P91	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	
	P72	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	
	P38	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	
		İş Yüğü												
		N1	N2	N3										
		72	60	48										

Tablo 24’de yüksek hizmet kalitesini sağlayan durum örneği görülmektedir. Örnekte 15 hasta konumlarına göre kümelendirilmiş ve sayıları sırasıyla 6, 5, 4 olan 3 hasta kümesi oluşmuştur. Atama işlemine ilk ziyaretten ve en fazla hasta sayısına sahip Küme 1’in hastalarından başlanacaktır. Daha önce hiç atama yapılmadığı için personel listesinde sadece N1 hemşiresi bulunmaktadır. İstenen bakımın sürekliliği değeri 1.0 olduğu için minimum ziyaret sayısı planlama ufkunun tamamıdır yani 12 ziyarettir. Hastanın istenen bakımın sürekliliği değerinin sağlanabilmesi adına minimum ziyaret sayısı kadar ziyaretine aynı personel atanmalıdır. İlk hasta olan P56’nın 12 ziyaretine N1 atanmıştır.

Kümeleme yaklaşımı gereği kümedeki tüm hastalara aynı personelin atanması gerekir. Küme 1’deki tüm hastaların minimum ziyaret sayısı kadar ziyaretine N1 hemşiresi atanmıştır. Küme 1 tamamlandıktan sonra bir sonraki en fazla hasta sayısına sahip kümeye sıra gelmiştir. Bu küme Küme 2’dir. Personel listesinde sadece N1 bulunmaktadır ama N1’e görev verildiği için atamaya uygun değildir. Bu durumda N2 personeli listeye eklenmiş ve Küme 1’de olduğu gibi Küme 2’deki tüm hastaların tüm ziyaretlerine atanmıştır. Benzer işlem geriye kalan Küme 3 içinde gerçekleşmiştir. Tüm kümeler için atama işlemi tamamlandığında her hastaların tüm ziyaretlerinde aynı personelin bulunduğu görülmektedir. Personellerin iş yüklerine bakıldığında ise N1’in 72, N2’nin 60, N3’ün ise 48 ziyaret gerçekleştirdiği görülmektedir. Beklenildiği gibi bakımın sürekliliği değeri yüksek ancak iş yükü dengeli dağılmamıştır.

Şimdi orta hizmet kalitesini sağlayan (bakımın sürekliliği değeri 0.5) durum üzerinden örneği inceleyelim. Tablo 25’de ortak hizmet kalitesini sağlayan durum örneğinin bir parçası (6/10) görülmektedir. Örneğin tamamı (10/10) Ek 5’de gösterilmektedir.

Tablo 25 Orta Hizmet Kalitesini Sağlayan Durum Örneği (Kısmi)

Aşama 1		Ziyaretler											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Küme 1	P56	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1			
	P25	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1			
	P97	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1			
	P41	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1			
	P23	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1			
	P92	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1			
Küme 2	P46	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2			
	P58	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2			
	P99	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2			
	P64	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2			
	P87	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2			
Küme 3	P33	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3			
	P91	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3			
	P72	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3			
	P38	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3			
	P56	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3			
T2 Hizmeti Alanlar	P25	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3			
	P97	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3			
	P97	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3			
		↓											
		N1	N2	N3									
		54	45	36									

Aşama 2		Ziyaretler											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Küme 1	P56	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1			
	P25	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1			
	P97	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1			
	P41	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1			
	P23	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1			
	P92	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1			
Küme 2	P46	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2			
	P58	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2			
	P99	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2			
	P64	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2			
	P87	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2			
Küme 3	P33	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3			
	P91	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3			
	P72	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3			
	P38	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3			
	P56	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3			
T2 Hizmeti Alanlar	P25	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3			
	P97	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3			
	P97	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3			
		↓											
		N1	N2	N3									
		54	45	42									

(devam)

Örnekte istenen bakımın sürekliliği değeri 0.5 olduğu için minimum ziyaret sayısı 9 ziyarettir. İlk 9 ziyaretin personel ataması bir önceki örnekte anlatıldığı gibi hastaların konumlarına göre oluşturulan kümelerle yapılmaktadır. Geri kalan atamalar için hastaların aldıkları hizmete göre kümeleme yapılmıştır. T1 hizmetini alan 9 hasta, 5 tanesi T1-Küme 1 ve 4 tanesi T1-Küme 2 de yer almak üzere 2 küme oluşturmaktadır. T2 hizmetini alan 6 hasta ise T2-Küme 1'i oluşturmaktadır. 9 ziyarette bakımın sürekliliğini sağlandığı için geri kalan ziyaretlerde iş yükünün dengelenmesi sağlanacaktır.

Aşama 1'deki iş yükünü incelersek N1 54, N2 45 ve N3 36 ziyaret gerçekleşmiştir. Bu nedenle en az iş yüküne sahip N3'den başlanarak atama yapılacaktır. T2 hizmeti alanların oluşturduğu T2-Küme 1 en fazla hasta sayısına sahiptir. Bu nedenle T2-Küme 1'in hastalarına N3 atanmıştır. Aşama 2'deki iş yükü tablosu incelendiğinde N3 hala en az iş yüküne sahiptir ancak 10. ziyaretlerin gerçekleştiği gün görevlendirildiği için atamaya uygun değildir. Bu nedenle bir sonraki en az iş yüküne sahip N2 atama için seçilmiştir. Kalan kümeler arasından T1-Küme 1 en fazla hasta sayısına sahip kümedir. T1-Küme 1'in hastalarına N2 atanmıştır. Son kümenin hastalarına da en fazla iş yüküne sahip olmasına rağmen N1 atanmıştır. Geri kalan ziyaretler için benzer şekilde atama işlemi gerçekleştirilmiştir. Tüm atamalar tamamlandıktan sonra iş yükü tablosu incelenirse N1'in 66, N2'nin 60 ve N3'ün 54 ziyaret gerçekleştiği görülmektedir. Beklenildiği gibi bakımın sürekliliği düşmüş ancak iş yükü dağılımı daha dengeli bir hale gelmiştir.

Son olarak bakımın sürekliliğinin dikkate alınmadığı durum üzerinden örneği inceleyelim. Tablo 26'de bakımın sürekliliğini dikkate almayan durum örneğinin bir parçası (7/13) görülmektedir. Örneğin tamamı (13/13) Ek 6'de gösterilmektedir.

Tablo 26 Bakımın Sürekliliğini Dikkate Almayan Durum Örneği (Kısmi)

Aşama 1		Ziyaretler												Aşama 2		Ziyaretler												Aşama 3		Ziyaretler													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
T1 Hizmeti Alanlar	Küme 1	P41												Küme 1	P41	N2												Küme 1	P41	N2													
		P23													Küme 2	P23	N2													Küme 2	P23	N2											
		P92														P92	N2														P92	N2											
		P46														P46	N2														P46	N2											
		P58														P58	N2														P58	N2											
	Küme 2	P99												Küme 2	P99	N3												Küme 2	P99	N3													
		P64													P64	N3													P64	N3													
		P87													P87	N3													P87	N3													
		P33													P33	N3													P33	N3													
T2 Hizmeti Alanlar	Küme 1	P91	N1											Küme 1	P91	N1												Küme 1	P91	N1													
		P72	N1												P72	N1													P72	N1													
		P38	N1												P38	N1													P38	N1													
		P56	N1												P56	N1													P56	N1													
		P25	N1												P25	N1													P25	N1													
		P97	N1												P97	N1													P97	N1													

N1	N2	N3
6	0	0

N1	N2	N3
6	5	0

N1	N2	N3
6	5	4

(devam)

Örnekte bakımın sürekliliği dikkate alınmamaktadır. Bu nedenle doğrudan sezgisel algoritmanın 5. Adımına geçilmiştir. Bir önceki örnekte anlatıldığı gibi hastalar aldıkları hizmete göre kümenlendirilmiş ve yine anlatıldığı gibi en fazla hastaya sahip kümeye en az iş yüküne sahip hemşire atanmıştır. Tüm atamalar tamamlandıktan sonra (Aşama 13) iş yükü tablosu incelenirse N1'in 60 ziyaret, N2'nin 60 ziyaret ve N3'ün 60 ziyaret gerçekleştiği görülmektedir. Beklenildiği gibi bakımın sürekliliği dikkate alınmadığında iş yükü dağılımı dengeli dağılmıştır.

4.3.2 Sezgisel Yaklaşımın Farklı Senaryolarda Test Edilmesi

Sezgisel yaklaşımın çözüm üretme kapasitesi diğer yaklaşımlar gibi farklı senaryolar ile test edilmiştir. Daha önceki senaryolar 100 düğüme sahip Solomon'un R101 nolu veri seti temel alınarak hazırlanmıştı. Sezgisel yaklaşım çok daha fazla hasta sayılarında test edildiği için R101 veri seti yeterli olmamaktadır. Bu nedenle 200,400,1000 düğümlü Solomon'un genişletilmiş versiyonu olan Homberger'in veri setleri kullanılacaktır.

Tablo 27 Sezgisel Yaklaşımı ile Atama İşleminin Farklı Senaryolarla Testi

Planlama Ufku 12 Hafta	Bakımın Sürekliliği Değeri			Planlama Ufku 8 Hafta	Bakımın Sürekliliği Değeri			Planlama Ufku 4 Hafta	Bakımın Sürekliliği Değeri		
	Hasta Sayısı	1.0	0.5		0.0	Hasta Sayısı	1.0		0.5	0.0	Hasta Sayısı
100	0,47	1,83	4,65	100	0,37	1,07	2,43	100	0,14	0,27	0,39
200	2,3	8,8	23,4	200	1,2	3,6	8,5	200	0,58	1,1	2,0
400	11,6	49,0	115,6	400	6,6	19,8	44,4	400	3,4	6,6	11,2
1000	110,1	450,3	1054,0	1000	66,3	203,3	444,6	1000	35,4	73,4	114,7

Tablo 28 Sezgisel Yaklaşımın Rotalama Modelinin Farklı Senaryolarla Testi

Planlama Ufku 12 Hafta	Bakımın Sürekliliği Değeri				Planlama Ufku 8 Hafta	Bakımın Sürekliliği Değeri				Planlama Ufku 4 Hafta	Bakımın Sürekliliği Değeri			
	Hasta Sayısı	1.0	0.5	0.0		Araç Sayısı	Hasta Sayısı	1.0	0.5		0.0	Araç Sayısı	Hasta Sayısı	1.0
100	482,5	411,0	14,3	7 7 5	100	276,6	211,1	9,7	7 7 5	100	226,0	182,5	4,7	7 7 5
200	1236,7	961,9	29,7	11 11 7	200	1160,8	922,3	22,1	11 11 7	200	521,9	355,8	9,3	11 11 7
400	3667,1	2768,5	90,8	18 18 12	400	2610,5	2007,3	69,7	18 18 12	400	1194,3	931,9	29,8	18 18 12
1000	12414,4	9413,5	583,6	41 41 25	1000	8652,5	6183,2	372,1	41 41 25	1000	4301,0	3339,7	180,7	41 41 25

Tablo 27’de görüldüğü gibi sezgisel uzun dönemde yüksek hizmet kalitesini sağlayan çözümü 1000 hasta için üretebilmiştir. Atama işlemini tamamlanma süreleri incelenirse hizmet kalitesi arttıkça işlemin tamamlanma süresi kısalmaktadır. Çünkü hizmet kalitesi arttıkça, iş yüküne bakmaksızın atama yapacağı randevu sayısı artmaktadır. Yani atama tablosunda her bir hasta için minimum ziyaret sayısı kadar bir alanı hesaplama yapmadan doldurmaktadır. Bakımın sürekliliğinin ölçülmediği yani 0.0 olduğu senaryoda ise atama işlemi tamamen iş yükünü dengelemek üzerine gerçekleştiği için sezgisel, personel atayacağı her kümeden önce iş yükü hesaplaması yapmaktadır.

Rotalama işlemi gün bazında gerçekleştiği için geçen süre planlama ufkunun uzunluğuna ve hasta sayısına bağlı olarak artmaktadır (bk. Tablo 28). 12 haftalık planlama ufkunda yüksek hizmet kalitesinde 1000 hastalık bir senaryonun rotalaması 12414 sn ($\approx 3,44$ saat)’de gerçekleşmektedir. Rota belirleme kararının operasyonel bir karar olması ve kısa dönem için gerekli bir bilgi olması nedeniyle tüm planlama ufkunun rotalanması için geçen süre önemli değildir. Karar verici atama tablosuna sahip olduktan sonra kısa dönemli rotaları istediği zaman oluşturabilir. Önemli olan atama tablosunun hızlı bir şekilde hazırlanabiliyor olmasıdır.

Tablo 28’de dikkat çeken bir bilgi de kullanılan araçların sayısıdır. Bakımın sürekliliğinin dikkate alındığı (1.0 ve 0.5) senaryolarda, alınmadığı (0.0) senaryolara göre çok fazla araç kullanılmaktadır. Bakımın sürekliliği hizmet kalitesini yükseltmektedir ve kullanılan fazla araçlar elde edilen kalitenin maliyeti şeklinde yorumlanabilir. Orta hizmet kalitesine (0.5) sahip senaryolarda kısmi olarak bakımın sürekliliği takip edildiği için bunun maliyeti araç sayılarına yansımaktadır. Ancak bu senaryolar tüm planlama ufku boyunca aynı araç sayısı kullanılmadığını belirtmek gerekir.

Tablo 29 Personel İş Yükü ve Ortalama Bakımın Süreklilik Değeri

Hasta Sayısı: 1000 Planlama Periyodu: 12 Hafta (84 gün)	Bakımın Sürekliliği Değeri			∴	∴	∴	
	S1	S2	S3	N20	N21	Toplam Mesafe	
Personeller	1.0	0.5	0.0	588	572	571	
D1	286	285	281	588	573	572	
D2	283	287	283	Hastaların Ortalama			
∴	∴	∴	∴	Bakımın Sürekliliği			
D20	295	282	285	Değeri			
D21	279	285	283	En Fazla İş Yükü	612	573	573
N1	588	572	572	En Az İş Yükü	540	567	567
N2	588	573	572	Fark	72	6	6
Değerler personelin ziyaret sayısını göstermektedir.							

Tablo 29'nin tamamı Ek 4'te gösterilmektedir.

Sezgisel yaklaşımın 12 hafta 1000 hasta için test edildiği senaryolarda personel iş yükü ve ortalama bakımın süreklilik değeri Tablo 29'de gösterilmektedir.

Tablo 29 incelendiğinde doktorların her 3 senaryoda benzer iş yüklerine sahip olduğu görülmektedir. Hemşireler açısından incelendiğinde S1'de en fazla ziyaret yapan ile en az ziyaret yapan hemşire arasında 72 ziyaret fark bulunmaktadır. S2 ve S3 de ise bu fark 6'dür. Elde edilen sonuçlar çekirdek modelde elde edilen sonuçlarla uyumludur. Bakımın sürekliliğinin yüksek olduğu senaryoda iş yükü dengesizliği daha fazladır. S2 ve S3'te iş yükü farkının tamamen kapanmamasında daha önce bahsedildiği gibi kümeler arasındaki hasta sayısı farklılığının etkili olduğu söylenebilir.

Toplam mesafe incelendiğinde ise $S1 > S2 > S3$ ilişkisi görülmektedir. S1'de bakımın sürekliliği 1.0 olduğu için transfer seçeneği tüm planlama ufku boyunca kullanılmaktadır. Bu nedenle toplam mesafe diğerlerinden fazladır. S2 de ise bakımın sürekliliği sağlanana kadar transfer seçeneği kullanılmış geri kalan sürede kullanılmamıştır. Bu nedenle S1'e göre daha kısa mesafede ortalama işlemi tamamlanmıştır. S3 de ise transfer seçeneği kullanılmadığı için ortalamanın en kısa mesafeye sahip olduğu senaryodur.

4.4 ÇÖZÜM YAKLAŞIMLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Karar vericiye bakımın sürekliliğini dikkate alarak atama ve transfer seçenekli rotalama imkanı sunulan evde sağlık hizmetleri problemine üç farklı çözüm yaklaşımı geliştirilmiştir. Her yaklaşım bir diğerinin çözüm üretilmediği hasta sayısı ve planlama periyodundan oluşan ölçeklerde çözüm üretebilmek adına farklı çalışma prensibine sahiptir. Bu nedenle yaklaşımları birbirleriyle kıyaslamak yerine herbirinin bakımın sürekliliği ve iş yükünü dengeleme performansı ile başarısı değerlendirilmiştir. Bu bölümde yaklaşımları birbirinden ayıran özellikleri vurgulanarak personel ve araç sayılarının belirlenmesi, kümelerin oluşturulması açısından genel bir değerlendirme yapılacaktır. Yaklaşımların çalışma prensipleri Tablo 30'de özetlenmeye çalışılmıştır.

Tablo 30 Çözüm Yaklaşımlarının Çalışma Prensiplerinin Karşılaştırması

	Matematiksel Model (Çekirdek)	Parçalı Kümeli Yaklaşım	Sezgisel Yaklaşım
Personel Sayısının Belirlenmesi	Hasta Sayısına Bağlı	Küme Sayısına Bağlı	İhtiyaca Bağlı
Araç Sayısının Belirlenmesi	Hasta Sayısına Bağlı	Küme Sayısına Bağlı	Küme Sayısına Bağlı
Kümelerin Belirlenmesi	Optimizasyon	Tasarruf Algoritması (Konuma Dayalı)	Tasarruf Algoritması (Konuma ve Hizmete Dayalı)
Optimal Atama	Evet	Kısmi	Hayır
Optimal Rotalama	Evet	Kısmi	Kısmi
Çözüm Üretebildiği En Büyük Ölçek	15 Hasta 12 Hafta	50 Hasta 12 Hafta	1000 Hasta 12 Hafta

Çekirdek model olarak ifade edilen atama ve rotalama işleminin birarada gerçekleştiği yaklaşım çok amaçlı karma tamsayılı optimizasyon modelidir. Elde edilen sonuçlar optimal değerlerdir. Ancak iki kombinatoriyal problemi bünyesinde barından model küçük veri setlerinde etkilidir. Çözüm süresini iyileştirmek adına amaç fonksiyonundan personel ve araç sayısını minimize edecek değişkenler çıkartılmış hasta sayısına bağlı olarak belirlenen personel ve araç sayısı ile modelin çözüm üretmesi sağlanmıştır. 5.3.4. Matematiksel Modelin Genişletilmesi başlıklı bölümde modelin personel ve araç sayısını nasıl minimize edecek şekilde düzenlenebileceği anlatılmaktadır. Diğer yaklaşımlarda

kümeleme olarak ifade edilen hastaların rotalanabilir bir şekilde gruplanması çekirdek modelde optimizasyon sürecinde gerçekleşmektedir. Bu yaklaşımın iş yükünü personele eşit dağıtması ve optimal rota üretmesi en önemli avantajı iken sadece küçük ölçekte sonuç üretiyor olması dezavantajıdır. Pratik uygulamada karar verici tüm uygulama alanını 15 hastalık küçük gruplara bölerek optimal sonuçlarla faaliyetlerini yürütmek isteyebilir. Bu durumda çekirdek model karar vericinin ihtiyacına cevap verebilmektedir.

Kümeli parçalı yaklaşım çekirdek modelde bir arada çözülen atama ve rotalama aşamalarını birbirinden ayırmakta ve bir biriyle ilişkilendirerek iki aşamada çözmektedir. Atama işlemi sonucunda elde edilen personel çizelgesinin rotalanabilir olması için hastaların kümelendirilmesi ve personellerin oluşturulan kümelerdeki tüm hastalara atanması gerekmektedir. Bu işlem çekirdek modelde optimizasyon süreci içerisinde otomatik olarak gerçekleşirken kümeli parçalı yaklaşımda tasarruf algoritması yardımıyla gerçekleşmektedir. Tüm yaklaşımlarda bakımın sürekliliğinin garanti edilmesi esas olduğu için tasarruf algoritması hastaların konumuna dayalı olarak gerçekleşmektedir. Bu sayede hastalar planlama ufku süresince her hafta alacakları hizmet değişse bile aynı kümede yer alacaklar ve aynı personelden hizmet almaya devam edebileceklerdir. Bu noktada personel sayısı bir gün içerisinde en fazla oluşan küme sayısı kadar olmalıdır. Yani personel sayısı oluşacak küme sayısına bağlıdır. Atama işlemi tasarruf algoritmasına bağlı olarak oluşturulan optimizasyon modeli ile gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle kısmi optimallikten söz edilebilir. Benzer şekilde rotalama işlemi de tasarruf algoritmasına dayalı hasta kümeleri üzerinden gerçekleşmektedir. Kümedeki hastaların aynı tip hizmet aldığı durumlarda rotalama için tek araç yeterli iken farklı tip hizmet alan hastalardan oluşan kümede transfer mekanizması devreye girmekte ve iki araç kullanımı gerekmektedir. Bu noktada iki küme için toplam 4 aracın kullanımı yerine iki kümenin 3 araç ile rotalanıp rotalanamayacağı denenmekte ve mümkünse bir araçtan tasarruf edilerek 3 araç ile rotalama işleminin tamamlanması sağlanmaktadır. Kümeli parçalı yaklaşım her ne kadar çekirdek modele göre daha büyük ölçekte çözüm üretebiliyor olsa da evde sağlık hizmetinin büyüme potansiyeli göz önüne alındığında yeterli değildir. Bu yaklaşımın avantajı atama ve rotalama aşamasında kısmi de olsa optimizasyon kullanması ve iş yükünü personele dengeli dağıtabilmesidir. Atama işlemi sırasında kümeler baz alındığı için bakımın sürekliliği değerinin 1.0 olduğu durumlarda iş yükü dağılımında ufak bir dengesizlik oluşmaktadır. Karar verici optimal sonuçlardan bir miktar feragat

ederek çok hızlı bir şekilde 50 hastadan oluşan gruplar ile çalışmak isteyebilir. 50 hastalık gruplar için optimallikten bir miktar feragat ederek hızlı sonuçlar elde etmek ile 15 hastalık gruplar için optimal sonuçları bir süre bekleyerek elde etmek arasındaki tercihi karar verici ihtiyacı doğrultusunda yapabilir.

Sezgisel yaklaşımda karar vericiyi taklit eden bir algoritma ile atama işlemini gerçekleştirmekte rotalama işlemini ise kümeli parçalı yaklaşımla aynı şekilde gerçekleştirmektedir. Sezgisel yaklaşım atama işlemi için biri konuma dayalı diğeri hizmete dayalı olmak üzere iki kümeleme kullanmaktadır. Bakımın sürekliliği sağlanana kadar konuma dayalı olarak personel atamasını gerçekleştirirken sonrasında iş yükünü dengeleyebilmek için hizmete dayalı kümeleme kullanarak atama işlemine devam etmektedir. İş yükünü dengelerken kullandığı hizmete dayalı kümelerde aynı tip hizmeti alan Bu yaklaşımın avantajı büyük ölçekte çözüm üretebilmesidir. Optimal bir yaklaşım olmaması dezavantajıdır. Bu yaklaşım ile karar verici çok sayıda hasta için büyük resmi görme imkanına kavuşmaktadır. Stratejik düzeydeki kararını etkileyecek bilgileri üretme imkanına kavuşmaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Evde sağlık hizmeti uygulaması, herhangi bir hastalıktan mustarip bireylerin kendi ev ortamlarında profesyonel sağlık personelleri tarafından ihtiyacı olan sağlık hizmetini alması olarak bilinmektedir. Bu uygulama sağlık sisteminin artan talebe karşı geliştirdiği pratik bir cevap niteliğindedir. Pek çok olumlu ve olumsuz yönü olan bu uygulama sağlık sistemi üzerindeki yükü hafifletmesi ve olumlu yönlerin ağır basması nedeniyle dünya genelinde uzun yıllardır uygulanmaktadır. Özellikle dünya nüfusunun giderek yaşlanması ve yaşlı bireylerin sağlık hizmetini evde almak istemeleri evde sağlık hizmeti sektörünü büyüme potansiyelini ortaya koymaktadır. Stratejik ve operasyonel düzeyde doğru kararlar alınması gereken bu problem son yıllarda akademisyenler tarafından yoğun ilgi görmektedir.

Evde sağlık hizmeti atama ve rotalama problemi, farklı konumlardaki hastaların ihtiyaç duyduğu sağlık hizmetinin profesyoneller tarafından evlerinde ziyaret ederek vermesi işlemini kapsamaktadır. Evde sağlık hizmetleri hasta, sağlık personeli ve organizasyon olmak üzere 3 paydaşa sahiptir. Paydaşların kendilerine özgü kısıtları problemi boyutlandırarak zorlaştırmaktadır. Literatürdeki çalışmalar problemi farklı varsayımlar altında ele almakta ve tanımladıkları probleme çeşitli yöntemler ile çözüm aramaktadır.

Türkiye’de 2005 yılında Sağlık Bakanlığı tarafından yayınlanan bir yönetmelik ile evde bakım olarak ifade edilen evde sağlık hizmetlerinin tanımı yapılmış ve özel sağlık sektörünün evde sağlık hizmeti vermesine imkân tanınmıştır. Kamusal olarak 2010 yılında yayınlanan bir yönetmelik ile kamu kurumları evde sağlık hizmeti vermeye başlamıştır.

Sağlık Bakanlığı 2017 faaliyet raporu incelendiğinde kaliteli ve etkin evde sağlık hizmeti sağlamanın bir devlet politikası olduğu anlaşılmaktadır. “Etkin” ifadesi kaynakların kullanımı ile ilgili olduğu için etkin kullanılmak istenen kaynak sağlık personelidir. Ancak kaliteli hizmetin nasıl ölçüleceği net ifade edilmemiştir. Sağlık literatürü incelendiğinde bakımın sürekliliği kavramına ulaşılmaktadır. Bakımın sürekliliği hasta ile sağlık personeli arasındaki sürekli bir bakım ilişkisini ifade etmektedir. Bakımın sürekliliği, sağlık kalitesinin temel, önemli ve öncül unsurlarından biri olarak kabul görmektedir. Sürekliliği ölçmek için çok sayıda yöntem geliştirilmiştir. Evde sağlık

hizmetinin yapısına en uygun yöntem bakımın sürekliliği indeks (Continuity of Care Index - COCI) dir.

Tedavi sürecinde yapılacak ufak hatalar hastaların sağlık durumlarını olumsuz etkileyebilir hatta hastaların ölümüne neden olabilmektedir. Personelin son derece dikkatli olması gerekmektedir. Personelin iş yükü arttıkça hata yapma olasılığı artmaktadır. Bakımın sürekliliği, bir hastaya tutarlı olarak aynı personelin hizmet vermesi anlamına geldiği için yüksek bakımın sürekliliği politikası personelin iş yükünü artırmaktadır. Evde sağlık hizmeti veren organizasyonlar bakımın sürekliliği ile personel iş yükü arasında denge kurmalıdır.

Bu tez çalışmasında ele alınan evde sağlık hizmetleri atama ve rotalama problemi ilgili yönetmelikler esas alınarak tanımlanmış ve çok sayıda hasta için uzun dönemde kaliteli bir çözüm elde edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla istenilen kalite düzeyini garanti eden ve personele araçtan araca transfer olma imkânı tanıyan çok amaçlı optimizasyon modeli oluşturulmuştur. Amaçlardan biri iş yükünün personele dengeli dağıtılmasıdır. Diğeri ise rotalamanın en az mesafede gerçekleşmesidir.

Model farklı senaryolar altında çözüm üretme kapasitesi test edilmiştir. Test sonucunda 20 hasta için kısa dönemde yüksek kaliteli sonuçlar üretirken 15 hasta için uzun dönemde yüksek kaliteli sonuçlar üretebilmiştir.

Modelde bir arada çözülmeye çalışılan atama ve rotalama problemleri NP Zor sınıfı problemlerdir. Veri büyüdükçe çözüm süresi üssel olarak artmaktadır. Bu nedenle optimizasyon modeli az sayıda hasta için çözüm üretebilmektedir. Fazla sayıda hasta için uzun dönemde yüksek kaliteli sonuçlar elde edebilmek için farklı yöntemler denenmiştir.

İlk akla gelen yöntem modeli birbiriyle ilişkili atama ve rotalama olmak üzere iki farklı optimizasyon modeli olarak parçalamaktır. Atama modelinin, rotalama mekanizmasının kontrol ettiği personelin rotasına alabileceği hasta miktarı bilgisinden yoksun olması tüm gün içindeki hastalara aynı personeli atamasına neden olmaktadır. Bu nedenle atama modelinin sonucunda elde edilen çizelge kullanışsızdır, yani rotalaması yapılamamaktadır. Bu sorun atama işleminden önce hastaları kümeleme yaparak çözülebilmektedir.

Kümeleme işlemi bir rotalama oluşturma algoritması olan tasarruf algoritması ile yapılmıştır. Burada amaç araçların nihai rotasını oluşturmak değil atama modelinin rotalanabilir atama yapmasını sağlamaktır. Rotalama optimizasyonu modelinde de oluşturulan kümelerden yararlanılmıştır. Kümedeki hastaların farklı tip hizmet aldığı durumlarda kümenin bireysel olarak rotalanması sırasında 2 araç kullanılmakta ve araçlardan birinden tam verim alınamamaktadır. Bu nedenle birbirlerine yakın iki küme birleştirilerek rotalaması yapılmıştır.

Kümelendirilmiş atama ve rotalama optimizasyon modeli de farklı senaryolar altında test edilmiştir. Test sonucunda 100 hasta için kısa dönemde yüksek kaliteli sonuçlar üretirken 50 hasta için uzun dönemde yüksek kaliteli sonuçlar üretebilmiştir. Ancak uzun dönemde yüksek kaliteli çözüm üretilen hasta sayısı halen yeterli değildir. Optimizasyon temelli çözüm arayışı arzu edilen hasta sayısı kadar çözüm üretilmesine olanak vermemektedir. Bu nedenle atama işlemi için probleme özgü sezgisel yaklaşım geliştirilmiştir.

Sezgisel yaklaşım karar vericiyi taklit etmektedir. Öncelikle, istenilen bakımın sürekliliği değerini sağlamakta daha sonra iş yükünü dengelemek üzere atama işlemini gerçekleştirmektedir. Örneğin 12 haftalık planlama ufunda 10 haftalık tutarlı personel atamasının istenilen bakımın süreklilik değerini karşılayacağını düşünelim. Sezgisel her kümeye atanmak üzere personeli belirlemekte ve o personeli kümedeki her hastanın 10 haftalık randevularına atamaktadır. Bu işlem sonrası istenilen bakımın sürekliliği değeri elde edilmiş olmaktadır. Geri kalan haftalarda personel tutarlılığına dikkat etmesine gerek olmadığı için en fazla hastaya sahip kümeye o zamana kadar en az görev yapmış personeli atayarak toplam iş yükünü dengelemeye çalışmaktadır. Bu yöntemle 1000 hasta için uzun dönemde kaliteli sonuçlar üretilmektedir. Böylece evde sağlık atama ve rotalama problemi için uzun planlama ufunda yüksek hizmet kalitesini sağlayan çok sayıda hastayı içeren veri setlerine çözüm üretilmiştir.

Sonuç olarak karar vericiye stratejik düzeyde; bakımın sürekliliği değerini bir politika enstrümanı olarak kullanabilme, uzun dönemli hasta talep tahminine bağlı olarak personel ihtiyacını belirleyebilme, dengeli iş yükü dağılımı ile adil bir iş ortamı oluşturabilme ve yüksek iş yükünün neden olabileceği hataları en aza indirebilme, olası talep artışlarında kapasitesini test ederek gerekli önlemleri önceden alabilme imkanı tanınmaktadır.

Operasyonel düzeyde ise; transfer mekanizması ile personeli verimli bir şekilde kullanarak rota oluşturma seçeneği sunulmuştur.

ÖNERİLER

Gelecekte yapılacak evde sağlık atama ve rotalama problemi çalışmalarında yol gösterici olması için çalışmanın kısıtlılıkları ve varsayımları doğrultusunda sunulan öneriler maddeler halinde sıralanmıştır.

- Çalışmada hasta sayısının planlama dönemi boyunca değişmediği varsayılmaktadır. Hâlbuki evde sağlık hizmetleri dinamik bir süreçtir. Sisteme yeni hastalar dâhil olabileceği gibi mevcut hastaların bir kısmı tedavinin sonlandırılmasıyla sistemden çıkabilirler. Hasta sayısının planlama dönemi içerisinde değişkenlik göstermesi probleme farklı bir boyut kazandıracaktır.
- Çalışmada amaçlar parasal olarak tek bir amaçta birleştirilememiştir. Gelecekte elde edilecek bilgiler ile bu birleştirme sağlanabilirse senaryolarda maliyet karşılaştırmaları da yapılabilir.
- Çalışmada hastalara randevu verildiği günde ziyaret edilmesi bir zorunluluktur. Bu zorunluluk gevşetilerek ziyaretin erkene alınabilmesi veya gelecekteki bir tarihe ertelenebilmesi imkânı tanınabilir. Tabi bunun için hastanın alacağı hizmet tipinin zamana hassasiyetinin olmaması gerekir.
- Çalışmada hastaların sadece zaman tercihleri dikkate alınmaktadır. Ancak evde sağlık hizmeti literatüründe hastalar personel tercihinde bulunabilmektedirler. Hastaların tercihleri doğrultusunda personelin atanması hizmet kalitesini bir adım öteye taşıyacaktır. Benzer şekilde çalışmada dikkate alınmayan personelin istekleri modellemeye dahil edilebilir. Bu durumda problemin çözümü daha zor bir hal alacaktır.
- Çalışmada personelin ulaşımı için araç tahsis edildiği varsayılmaktadır. Literatürde ulaşım için toplu taşıma bir alternatif olarak sunulmaktadır. Ulaşım seçeneklerinin genişletilmesi literatürü zenginleştirebilir.

KAYNAKÇA

- Aickelin, U., & Dowsland, K. A. (2000). Exploiting problem structure in a genetic algorithm approach to a nurse rostering problem. *Journal of scheduling*, 3(3), 139-153.
- Akjiratikarl, C., Yenradee, P., & Drake, P. R. (2007). PSO-based algorithm for home care worker scheduling in the UK. *Computers & Industrial Engineering*, 53(4), 559-583. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cie.2007.06.002>.
- Altuntaş, M., Yilmazer, T. T., Güçlü, Y. A., & Öngel, K. (2010). Evde Sağlık Hizmeti ve Günümüzdeki Uygulama Şekilleri. *Tepecik Eğitim Hastanesi Dergisi*, 20(3), 153-158.
- American Academy of Family Physicians. (2018, 04 02). *Learn AAFP's definition of continuity of care*. AAFP | American Academy of Family Physicians: <https://www.aafp.org/about/policies/all/definition-care.html> adresinden alındı
- aPlaceforMom. (2018, 04 20). *Home Health vs Home Care*. aPlaceforMom: <https://www.aplaceformom.com/planning-and-advice/articles/home-health-vs-home-care> adresinden alındı
- Balakrishnan, N. (1993). Simple Heuristics for the Vehicle Routeing Problem with Soft Time Windows. *Journal of the Operational Research Society*, 44(3), 279–287.
- Baldacci, R., Maniezzo, V., & Mingozzi, A. (2004). An Exact Method for the Car Pooling Problem Based on Lagrangean Column Generation. *Operations Research*, 52(3), 422–439.
- Bard, J. F., Shao, Y., & Jarrah, A. I. (2014). A sequential GRASP for the therapist routing and scheduling problem. *Journal of Scheduling*, 17(2), 109-133. doi:<https://doi.org/10.1007/s10951-013-0345-x>
- Bazemore, A., Petterson, S., Peterson, L. E., Bruno, R., Chung, Y., & Phillips, R. L. (2018). Higher Primary Care Physician Continuity is Associated With Lower Costs and Hospitalizations. *The Annals of Family Medicine*, 16(6), 492-497.

- Begur, S. V., Miller, D. M., & Weaver, J. R. (1997). An Integrated Spatial DSS for Scheduling and Routing Home-Health-Care Nurses. *Interfaces*, 27(4), 35 - 48.
- Bell, C. M., Schnipper, J. L., Auerbach, A. D., Kaboli, P. J., Wetterneck, T. B., Gonzales, D. V., . . . Meltzer, D. O. (2009). Association of communication between hospital-based physicians and primary care providers with patient outcomes. *Journal of General Internal Medicine*, 24(3), 381-386. doi:10.1007/s11606-008-0882-8
- Bennett, A. R., & Erera, A. L. (2011). Dynamic periodic fixed appointment scheduling for home health. *IIE Transactions on Healthcare Systems Engineering*, 1(1), 6-19. doi:https://doi.org/10.1080/19488300.2010.549818
- Berrada, I., Ferland, J. A., & Michelon, P. (1996). A multi-objective approach to nurse scheduling with both hard and soft constraints. *Socio-Economic Planning Sciences*, 183-193.
- Bice, T., & Boxerman, S. (1977). A quantitative measure of continuity of care. *Medical Care*, 15(4), 347-349.
- Bowerman, R., Hall, B., & Calamai, P. (1995). A multi-objective optimization approach to urban school bus routing: Formulation and solution method. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 29(2), 107-123.
- Braekers, K., Ramaekers, K., & Nieuwenhuys, I. V. (2016). The vehicle routing problem: State of the art classification and review. *Computers & Industrial Engineering*, 99, 300-313. doi:10.1016/j.cie.2015.12.007.
- Brailsford, S., & Jan Vissers. (2011). OR in healthcare: A European perspective. *European Journal of Operational Research*, 212(2), 223-234. doi:https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.10.026.
- Breslau, N., & Reeb, K. G. (1975). Continuity of Care in a University-Based Practice. *Journal of Medical Education*, 50, 965-969.
- Buhler-Wilkerson, K. (2001). *No Place Like Home*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.

- Burke, E. K., Causmaecker, P. D., Berghe, G. V., & Landeghem, H. V. (2004). The State of the Art of Nurse Rostering. *Journal of Scheduling*, 7(6), 441–499. doi:10.1023/B:JOSH.0000046076.75950.0b
- Burke, E. K., Li, J., & Qu, R. (2010). 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:https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.07.036.
- Cappanera, P., & Scutellà, M. G. (2014). Joint Assignment, Scheduling, and Routing Models to Home Care Optimization: A Pattern-Based Approach. *Transportation Science*, 49(4), 830-852. doi:https://doi.org/10.1287/trsc.2014.0548
- Carayon, P., & Gurses, A. P. (2008). Nursing Workload and Patient Safety—A Human Factors Engineering Perspective. R. G. Hughes içinde, *Patient Safety and Quality: An Evidence-Based Handbook for Nurses* (s. 203-216). Rockville: Agency for Healthcare Research and Quality. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK2657/pdf/Bookshelf_NBK2657.pdf
adresinden alındı
- Chahed, S., Matta, A., Sahin, E., & Dallery, Y. (2006). Operations Management Related Activities For Home Health Care Providers. *12th IFAC Symposium On Information Control Problems In Manufacturing*, (s. 641-646). France.
- Cheang, B., Li, H., Lim, A., & Rodrigues, B. (2003). Nurse rostering problems—a bibliographic survey. *European Journal of Operational Research*, 151(3), 447-460.
- Cheng, E., & Rich, J. L. (1998). *A Home Health Care Routing and Scheduling Problem*. Houston, Texas.: Rice University.
- Cheng, S.-H., Hou, Y.-F., & Chen, C.-C. (2011). Does continuity of care matter in a health care system that lacks referral arrangements? *Health Policy and Planning*, 26(2), 157-162. doi:10.1093/heapol/czq035

- Christakis, D., Wright, J., Koepsell, T., Emerson, S., & Connell, F. (1999). Is greater continuity of care associated with less emergency department utilization? *Pediatrics*(103), 738-742.
- Cissé, M., Yalçındağ, S., Kergosien, Y., Şahin, E., Lenté, C., & Matta, A. (2017). OR problems related to Home Health Care: A review of relevant routing and scheduling problems. *Operations Research for Health Care*, 13-14, 1-22. doi:<https://doi.org/10.1016/j.orhc.2017.06.001>.
- Clarke, G., & Wright, J. W. (1964). Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points. *Operations Research*, 12(4), 568-581. doi:<https://doi.org/10.1287/opre.12.4.568>
- Cook, R. I., Render, M., & Woods, D. D. (2000). Gaps in the continuity of care and progress on patient safety. *BMJ: British Medical Journal*, 320(7237), 791-794.
- Cortés, C. E., Matamala, M., & Contardo, C. (2010). The pickup and delivery problem with transfers: Formulation and a branch-and-cut solution method. *European Journal of Operational Research*, 200(3), 711-724.
- Dantzig, G. B., & Ramser, J. H. (1959). The truck dispatching problem. *Management science*, 6(1), 80-91.
- Doerner, K. F., & Salazar-González, J.-J. (2014). Pickup-and-Delivery Problems for People Transportation. P. Toth, & D. Vigo içinde, *Vehicle Routing Problems, Methods and Applications* (s. 193-212). Society for Industrial and Applied Mathematics and the Mathematical Optimization Society.
- Doğan, H., & Değer, M. (2004). Nursing care of elderly people at home and ethical implications: an experience from Istanbul. *Nursing Ethics*, 11(6), 553-567. doi:10.1191/0969733004ne738oa
- Dowland, K. A. (1998). Nurse scheduling with tabu search and strategic oscillation. *European journal of operational research*, 106(2-3), 393-407.
- E., B., P., D. C., S., P., & G.V., B. (2003). Variable Neighborhood Search for Nurse Rostering Problems. *Metaheuristics: Computer Decision-Making* (s. 153-172). içinde Springer, Boston, MA. doi:https://doi.org/10.1007/978-1-4757-4137-7_7

- Easton, F. F., Rossin, D. F., & Borders, W. S. (1992). ANALYSIS OF ALTERNATIVE SCHEDULING POLICIES FOR HOSPITAL NURSES. *Production And Operations Management*, 1(2), 159-174.
- Eksioglu, B., Vural, A. V., & Reisman, A. (2009). The vehicle routing problem: A taxonomic review. *Computers & Industrial Engineering*, 57(4), 1472-1483.
- Ellenbecker, C. H. (2004). A theoretical model of job retention for home health care nurses. *Journal of Advanced Nursing*, 47(3), 303-310.
- Emiliano, W., Telhada, J., & do Sameiro Carvalho, M. (2017). Home health care logistics planning: a review and framework. *Manufacturing Engineering Society* (s. 948-955). Vigo, Spain: Procedia Manufacturing. doi:10.1016/j.promfg.2017.09.165.
- Erfan, R., Kerem, A., & John, L. (2017). A hybrid Integer Programming and Variable Neighbourhood Search algorithm to solve Nurse Rostering Problems. *European Journal of Operational Research*, 258(2), 411-423. doi:https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.09.030.
- Ernst, A., Jiang, H., Krishnamoorthy, M., & Sier, D. (2004). Staff scheduling and rostering: A review of applications, methods, and models. *European Journal of Operational Research*, 153(1), 3-27.
- Eveborn, P., Flisberg, P., & Rönnqvist, M. (2006). Laps Care—an operational system for staff planning of home care. *European Journal of Operational Research*, 171(3), 962-976. doi:https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.01.011.
- Fikar, C., & Hirsch, P. (2017). Home health care routing and scheduling: A review. *Computers & Operations Research*, 77, 86-95. doi:https://doi.org/10.1016/j.cor.2016.07.019.
- Frazier, S. C. (2003). Magnet home care agencies: A professional way to impact quality and retention. *Home Healthcare Nurse*, 21(9), 603-610.
- Gamst, M., & Jensen, T. (2012). A branch-and-price algorithm for the long-term home care scheduling problem. *Operations Research Proceedings* (s. 483-488). Berlin: Springer.

- Gjevjon, E. R., Tor, I. R., Bente, Ø. K., & Ragnhild, H. (2013). Continuity of care in home health-care practice: two management paradoxes. *Journal of Nursing Management*, 21(1), 182-190. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2834.2012.01366.x>
- Gulliford, M., Naithani, S., & Morgan, M. (2006). What is 'continuity of care'? *Journal of Health Services Research & Policy*, 11(4), 248-250. doi:[10.1258/135581906778476490](https://doi.org/10.1258/135581906778476490)
- Haggerty, J. L., Reid, R. J., Freeman, G. K., Starfield, B. H., Adair, C. E., & McKendry, R. (2003). Continuity of care: a multidisciplinary review. *BMJ*, 327(1219). <https://www.bmj.com/content/327/7425/1219> adresinden alındı
- Hewitt, M., Nowak, M., & Nataraj, N. (2016). Planning Strategies for Home Health Care Delivery. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 33(5), 1650041-1-26. doi:[doi:10.1142/S021759591650041X](https://doi.org/10.1142/S021759591650041X)
- Hiermann, G., Prandtstetter, M., Rendl, A., Puchinger, J., & Raidl, G. R. (2015). Metaheuristics for solving a multimodal home-healthcare scheduling problem. *Central European Journal of Operations Research*, 23(1), 89-113. doi:<https://doi.org/10.1007/s10100-013-0305-8>
- Hjortdahl, P., & Borchgrevink, C. F. (1991). Continuity of care: influence of general practitioners' knowledge about their patients on use of resources in consultations. *BMJ: British Medical Journal*, 303(6811), 1181-1184.
- Hjortdahl, P., & Laerum, E. (1992). Continuity of care in general practice: effect on patient satisfaction. *BMJ: British Medical Journal*, 304(6837), 1287-1290.
- Hsiao, C.-J., & Boulton, C. (2008). Effects of Quality on Outcomes in Primary Care: A Review of the Literature. *American Journal of Medical Quality*, 23(4), 302-310. doi:[10.1177/1062860608315643](https://doi.org/10.1177/1062860608315643)
- Hung, R. (1992). Improving productivity and quality through workforce scheduling. *Industrial Management*, 34(6), 4-6.
- Hung, R. (1995). Hospital nurse scheduling. *Journal of Nursing Administration*, 25(7), 21-23.

- İmirlioğlu, İ. (2012). Verimlilik Terimleri. *Anahtar*, 24(279), 19.
- Jee, S. H., & Cabana, M. D. (2006). Indices for continuity of care: A systematic Review of the Literature. *Medical Care Research and Review*, 63(2), 158-188. doi:10.1177/1077558705285294
- Jones, J., Wilson, A., Parker, H., Wynn, A., Jagger, C., Spiers, N., & Parker, G. (1999). Economic evaluation of hospital at home versus hospital care: cost minimisation analysis of data from randomised controlled trial. *British Medical Journal*, 319(7224), 1547-1550.
- Kallehauge, B., Larsen, J., Madsen, O. B., & Solomon, M. M. (2005). Vehicle routing problem with time windows. Springer içinde, *Column generation* (s. 67-98). Boston: Springer.
- Kallehauge, B., Larsen, J., Madsen, O. B., & Solomon, M. M. (2005). Vehicle Routing Problem with Time Windows. G. Desaulniers, J. Desrosiers, & M. Solomon içinde, *Column Generation* (s. 67-98). Boston: Springer.
- Kergosien, Y., Ruiz, A., & Soriano, P. (2014). A Routing Problem for Medical Test Sample Collection in Home Health Care Services. *International Conference on Health Care Systems Engineering*. Cham: Springer.
- Koskosidis, Y. A., Powell, W. B., & Solomon, M. M. (1992). An Optimization-Based Heuristic for Vehicle Routing and Scheduling with Soft Time Window Constraints. *Transportation Science*, 26(2), 69-85.
- Lanzarone, E., Matta, A., & Sahin, E. (2012). 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*, 42(6), 1346-1363. <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6330036&isnumber=6330016> adresinden alındı
- Lenstra, J. K., & Kan, R. A. (1981). Complexity of vehicle routing and scheduling problems. *Networks*, 11(2), 221-227.

- Liu, R., Xie, X., Augusto, V., & Rodriguez, C. (2013). 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:<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.04.044>.
- Liu, R., Yuan, B., & Jiang, Z. (2017). Mathematical model and exact algorithm for the home care worker scheduling and routing problem with lunch break requirements. *International Journal of Production Research*, 55(2), 558-575.
- Mankowska, D. S., Meisel, F., & Bierwirth, C. (2014). The home health care routing and scheduling problem with interdependent services. *Health Care Management Science*, 17(1), 15-30. doi:10.1007/s10729-013-9243-1
- Mascolo, M. D., Espinouse, M.-L., & Hajri, Z. E. (2017). Planning in Home Health Care Structures: A literature review. *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), 4654-4659. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.689>.
- Masson, R., Lehuédé, F., & Péton, O. (2014). The Dial-A-Ride Problem with Transfers. *Computers & Operations Research*, 41, 12-23.
- Megeath, J. D. (1978). Successful Hospital Personnel Scheduling. *Interface*, 8(2), 55-60.
- Millar, H. H., & Kiragu, M. (1998). Cyclic and non-cyclic scheduling of 12 h shift nurses by network programming. *European journal of operational research*, 104(3), 582-592.
- Nickel, S., Schröder, M., & Steeg, J. (2012). Mid-term and short-term planning support for home health care services. *European Journal of Operational Research*, 219(3), 574-587. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.10.042>
- Osvald, A., & Stirn, L. Z. (2008). A vehicle routing algorithm for the distribution of fresh vegetables and similar perishable food. *Journal of Food Engineering*, 85(2), 285-295.
- Özer, Ö., & Şantaş, F. (2012). Kamunun Sunduğu Evde Bakım Hizmetleri ve Finansmanı. *Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 3(2), 96-103.

- Physicians, A. A. (2004). *Medical Management of the Home*. American Medical Association.
- Qian, F., Gribkovskaia, I., Laporte, G., & Halskau sr., Ø. (2012). Passenger and pilot risk minimization in offshore helicopter transportation. *Omega*, 40(5), 584-593.
- Qu, Y., & Bard, J. F. (2012). A GRASP with adaptive large neighborhood search for pickup and delivery problems with transshipment. *Computers & Operations Research*, 39(10), 2439-2456.
- Rais, A., Alvelos, F., & Carvalho, M. S. (2014). New mixed integer-programming model for the pickup-and-delivery problem with transshipment. *European Journal of Operational Research*, 235(3), 530-539.
- Rasmussen, M. S., Justesen, T., Dohn, A., & Larsen, J. (2012). The Home Care Crew Scheduling Problem: Preference-based visit clustering and temporal dependencies. *European Journal of Operational Research*, 219(3), 598-610. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.10.048>
- Rest, K.-D., & Hirsch, P. (2016). Daily scheduling of home health care services using time-dependent public transport. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 28(3), 495-525. doi:<https://doi.org/10.1007/s10696-015-9227-1>
- Rest, K.-D., Trautsamwieser, A., & Hirsch, P. (2012). Trends and risks in home health care. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 2(1), 34-53. doi:<https://doi.org/10.1108/20426741211225993>
- Roberts, T., Nolet, K., & Bowers, B. (2015). Consistent Assignment of Nursing Staff to Residents in Nursing Homes: A Critical Review of Conceptual and Methodological Issues. *Gerontologist*, 55(3), 434-447.
- Rosati, R. J., & Huang, L. (2007). Development and testing of an analytic model to identify home healthcare patients at risk for a hospitalization within the first 60 days of care. *Home Health Care Serv Q*, 26(4), 21-36. doi:[10.1300/J027v26n04_03](https://doi.org/10.1300/J027v26n04_03)

- Russell, D., Rosati, R. J., Rosenfeld, P., & Marren, J. M. (2011). Continuity in Home Health Care: Is Consistency in Nursing Personnel Associated with Better Patient Outcomes? *Journal for Healthcare Quality*, 33(6), 33-39.
- Sağlık Bakanlığı. (2015). *Sağlık Bakanlığı ve Bağlı Kuruluşları Tarafından Evde Sağlık Hizmetlerinin Sunulmasına Dair Yönetmelik*. Resmi Gazete.
- Saultz, J. M. (2003). Defining and Measuring Interpersonal Continuity of Care. *Annals of Family Medicine*, 1(3), 134-143.
- Saultz, J. W., & Albedaiwi, W. (2004). Interpersonal Continuity of Care and Patient Satisfaction: A Critical Review. *Annals of Family Medicine*, 2(5), 445-451.
- Saultz, J., & Lochner, J. (2005). Interpersonal continuity of care and care outcomes: A critical review. *Annals of Family Medicine*, 3(2), 156-166.
- Shepperd, S., & Iliffe, S. (2005). Hospital at home versus in-patient hospital care. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. doi:10.1002/14651858.CD000356.pub2
- Shortell, S. M. (1976). Continuity of Medical Care: Conceptualization and Measurement. *Medical Care*, 14(5), 377-391.
- Siferd, S. P., & Benton, W. C. (1992). Workforce staffing and scheduling: Hospital nursing specific models. *European Journal of Operational Research*, 60(3), 233-246.
- Silvestro, R., & Silvestro, C. (2000). An evaluation of nurse rostering practices in the National Health Service. *Journal of Advanced Nursing*, 32(3), 525-535.
- Sitompul, D., & Randhawa, S. (1990). Nurse scheduling models: a state-of-the-art review. *Journal of the Society of Health Systems*, 2(1), 62-72.
- Solomon, M. M. (1983). *Vehicle routing and scheduling with time window constraints: Models and algorithms*. College of Business Admin. Northeastern University.
- Sparbel, K. J., & Anderson, M. A. (2000). Integrated literature review of continuity of care: Part 1, Conceptual issues. *Journal of Nursing Scholarship*, 32(1), 17-24.

- Steinwachs, D. M. (1979). Measuring Provider Continuity in Ambulatory Care. *Medical Care*, 17(6), 551-565.
- Sudhakar-Krishnan, V., & Rudolf, M. R. (2007). How important is continuity of care? *Archives of Disease in Childhood*, 92(5), 381-383. doi:10.1136/adc.2006.099853.
- Toth, P., & Vigo, D. (2014). *Vehicle routing: problems, methods, and applications*. Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Trautsamwieser, A., Gronalt, M., & Hirsch, P. (2011). Securing home health care in times of natural disasters. *OR Spectrum*, 33(3), 787-813. doi:https://doi.org/10.1007/s00291-011-0253-4
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2014). *İstatistiklerle Yaşlılar 2014*. Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu.
- United Nations. (2015). *World Population Ageing*. New York: United Nations.
- Valouxis, C., & Housos, E. (2000). Hybrid optimization techniques for the workshift and rest assignment of nursing personnel. *Artificial Intelligence in Medicine*, 20(2), 155-175. doi:https://doi.org/10.1016/S0933-3657(00)00062-2
- Van den Berg, B., & Hassink, W. (2008). Cash benefits in long-term home care. *Health Policy*, 88(2-3), 209-221. doi:10.1016/j.healthpol.2008.03.010
- Wang, C., Kuo, H. C., Cheng, S. F., Hung, J., Xiong, J. H., & Tang, P. L. (2019). Continuity of care and multiple chronic conditions impact frequent use of outpatient services. *Health Informatics Journal*, 0(0), 1-10. doi:https://doi.org/10.1177/1460458218824720
- Ware, N., Tugenberg, T., Dickey, B., & McHorney, C. (1999). An ethnographic study of the meaning of continuity of care in mental health services. *Psychiatric Services*, 50(3), 395-400.
- Warner, D. M. (1976). Scheduling Nursing Personnel According to Nursing Preference: A Mathematical Programming Approach. *Operations Research*, 24(5), 842-856. doi:https://doi.org/10.1287/opre.24.5.842

- Warner, D. M., & Prawda, J. (1972). A Mathematical Programming Model for Scheduling Nursing Personnel in a Hospital. *Management Science*, 19(4), 411-422. doi:<https://doi.org/10.1287/mnsc.19.4.411>
- Wenger, N. S., & Young, R. (2004). *Quality Indicators of Continuity and Coordination of Care for Vulnerable Elder Persons*. Los Angeles: RAND Health.
- Wierdsma, A., Mulder, C., de Vries, S., & Sytema, S. (2009). Reconstructing continuity of care in mental health services: a multilevel. *Journal of Health Services Research & Policy*, 14(1), 52-57. doi:10.1258/jhsrp.2008.008039
- Wirnitzer, J., Heckmann, I., Meyer, A., & Nickel, S. (2016). Patient-based nurse rostering in home care. *Operations Research for Health Care*, 8, 91-102. doi:<https://doi.org/10.1016/j.orhc.2015.08.005>.
- Yu-Hsiang, K., Tung-Sung, T., Yee-Yung, N., & Shiao-Chi, W. (2018). Association between continuity of care and emergency department visits and hospitalization in senior adults with asthma-COPD overlap. *Health Policy*, 1-7. doi:<https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2018.11.005>.
- Ziran, Z., Xiyu, L., & Xiaoju, G. (2017). A simple randomized variable neighbourhood search for nurse rostering. *Computers & Industrial Engineering*, 110, 165-174. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.05.027>

EKLER

Ek 1. Solomon'un R101 Nolu Veri Seti

CUST NO.	XCOORD.	YCOORD.	DEMAND	READY TIME	DUE DATE	SERVICE TIME
1	35.00	35.00	0.00	0.00	230.00	0.00
2	41.00	49.00	10.00	161.00	171.00	10.00
3	35.00	17.00	7.00	50.00	60.00	10.00
4	55.00	45.00	13.00	116.00	126.00	10.00
5	55.00	20.00	19.00	149.00	159.00	10.00
6	15.00	30.00	26.00	34.00	44.00	10.00
7	25.00	30.00	3.00	99.00	109.00	10.00
8	20.00	50.00	5.00	81.00	91.00	10.00
9	10.00	43.00	9.00	95.00	105.00	10.00
10	55.00	60.00	16.00	97.00	107.00	10.00
11	30.00	60.00	16.00	124.00	134.00	10.00
12	20.00	65.00	12.00	67.00	77.00	10.00
13	50.00	35.00	19.00	63.00	73.00	10.00
14	30.00	25.00	23.00	159.00	169.00	10.00
15	15.00	10.00	20.00	32.00	42.00	10.00
16	30.00	5.00	8.00	61.00	71.00	10.00
17	10.00	20.00	19.00	75.00	85.00	10.00
18	5.00	30.00	2.00	157.00	167.00	10.00
19	20.00	40.00	12.00	87.00	97.00	10.00
20	15.00	60.00	17.00	76.00	86.00	10.00
21	45.00	65.00	9.00	126.00	136.00	10.00
22	45.00	20.00	11.00	62.00	72.00	10.00
23	45.00	10.00	18.00	97.00	107.00	10.00
24	55.00	5.00	29.00	68.00	78.00	10.00
25	65.00	35.00	3.00	153.00	163.00	10.00
26	65.00	20.00	6.00	172.00	182.00	10.00
27	45.00	30.00	17.00	132.00	142.00	10.00
28	35.00	40.00	16.00	37.00	47.00	10.00
29	41.00	37.00	16.00	39.00	49.00	10.00
30	64.00	42.00	9.00	63.00	73.00	10.00
31	40.00	60.00	21.00	71.00	81.00	10.00
32	31.00	52.00	27.00	50.00	60.00	10.00
33	35.00	69.00	23.00	141.00	151.00	10.00
34	53.00	52.00	11.00	37.00	47.00	10.00
35	65.00	55.00	14.00	117.00	127.00	10.00
36	63.00	65.00	8.00	143.00	153.00	10.00
37	2.00	60.00	5.00	41.00	51.00	10.00

38	20.00	20.00	8.00	134.00	144.00	10.00
39	5.00	5.00	16.00	83.00	93.00	10.00
40	60.00	12.00	31.00	44.00	54.00	10.00
41	40.00	25.00	9.00	85.00	95.00	10.00
42	42.00	7.00	5.00	97.00	107.00	10.00
43	24.00	12.00	5.00	31.00	41.00	10.00
44	23.00	3.00	7.00	132.00	142.00	10.00
45	11.00	14.00	18.00	69.00	79.00	10.00
46	6.00	38.00	16.00	32.00	42.00	10.00
47	2.00	48.00	1.00	117.00	127.00	10.00
48	8.00	56.00	27.00	51.00	61.00	10.00
49	13.00	52.00	36.00	165.00	175.00	10.00
50	6.00	68.00	30.00	108.00	118.00	10.00
51	47.00	47.00	13.00	124.00	134.00	10.00
52	49.00	58.00	10.00	88.00	98.00	10.00
53	27.00	43.00	9.00	52.00	62.00	10.00
54	37.00	31.00	14.00	95.00	105.00	10.00
55	57.00	29.00	18.00	140.00	150.00	10.00
56	63.00	23.00	2.00	136.00	146.00	10.00
57	53.00	12.00	6.00	130.00	140.00	10.00
58	32.00	12.00	7.00	101.00	111.00	10.00
59	36.00	26.00	18.00	200.00	210.00	10.00
60	21.00	24.00	28.00	18.00	28.00	10.00
61	17.00	34.00	3.00	162.00	172.00	10.00
62	12.00	24.00	13.00	76.00	86.00	10.00
63	24.00	58.00	19.00	58.00	68.00	10.00
64	27.00	69.00	10.00	34.00	44.00	10.00
65	15.00	77.00	9.00	73.00	83.00	10.00
66	62.00	77.00	20.00	51.00	61.00	10.00
67	49.00	73.00	25.00	127.00	137.00	10.00
68	67.00	5.00	25.00	83.00	93.00	10.00
69	56.00	39.00	36.00	142.00	152.00	10.00
70	37.00	47.00	6.00	50.00	60.00	10.00
71	37.00	56.00	5.00	182.00	192.00	10.00
72	57.00	68.00	15.00	77.00	87.00	10.00
73	47.00	16.00	25.00	35.00	45.00	10.00
74	44.00	17.00	9.00	78.00	88.00	10.00
75	46.00	13.00	8.00	149.00	159.00	10.00
76	49.00	11.00	18.00	69.00	79.00	10.00
77	49.00	42.00	13.00	73.00	83.00	10.00
78	53.00	43.00	14.00	179.00	189.00	10.00
79	61.00	52.00	3.00	96.00	106.00	10.00
80	57.00	48.00	23.00	92.00	102.00	10.00
81	56.00	37.00	6.00	182.00	192.00	10.00

82	55.00	54.00	26.00	94.00	104.00	10.00
83	15.00	47.00	16.00	55.00	65.00	10.00
84	14.00	37.00	11.00	44.00	54.00	10.00
85	11.00	31.00	7.00	101.00	111.00	10.00
86	16.00	22.00	41.00	91.00	101.00	10.00
87	4.00	18.00	35.00	94.00	104.00	10.00
88	28.00	18.00	26.00	93.00	103.00	10.00
89	26.00	52.00	9.00	74.00	84.00	10.00
90	26.00	35.00	15.00	176.00	186.00	10.00
91	31.00	67.00	3.00	95.00	105.00	10.00
92	15.00	19.00	1.00	160.00	170.00	10.00
93	22.00	22.00	2.00	18.00	28.00	10.00
94	18.00	24.00	22.00	188.00	198.00	10.00
95	26.00	27.00	27.00	100.00	110.00	10.00
96	25.00	24.00	20.00	39.00	49.00	10.00
97	22.00	27.00	11.00	135.00	145.00	10.00
98	25.00	21.00	12.00	133.00	143.00	10.00
99	19.00	21.00	10.00	58.00	68.00	10.00
100	20.00	26.00	9.00	83.00	93.00	10.00
101	18.00	18.00	17.00	185.00	195.00	10.00

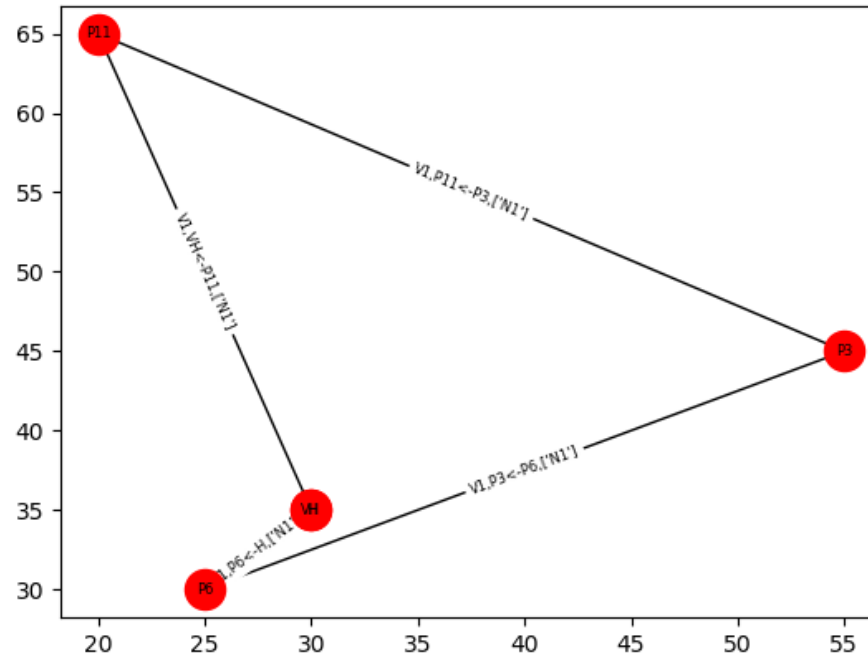
Ek 2. Matematiksel Model Test Verisi

Randevu	X	Y	Open	Close	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
P1	41	49	660	890	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	T2	-	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	T1	-	-
P2	35	17	660	980	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	T2	-	-	-	-	-	-	T2	-	-	-	-	-	-	T1	-	-
P3	55	45	630	950	T1	-	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	T2	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	
P4	55	20	570	950	-	T2	-	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	T2	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	
P5	15	30	480	860	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	
P6	25	30	630	980	T1	-	-	-	-	-	-	T2	-	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	T2	-	-	-	-	-	-	
P7	20	50	480	800	-	-	-	-	T2	-	-	-	-	-	-	T2	-	-	-	-	-	-	T2	-	-	-	-	-	-	T2	-	-
P8	10	43	510	1040	-	-	-	-	-	T2	-	-	-	-	-	-	T2	-	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	T2	-
P9	55	60	540	1040	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	T2	-	-	-
P10	30	60	480	890	-	-	T2	-	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	T2	-	-	-	-	-	-	T2	-	-	-	-
P11	20	65	570	980	T1	-	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	T2	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	-
P12	50	35	540	890	-	-	-	-	-	-	T2	-	-	-	-	-	-	T2	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	T2	-
P13	30	25	540	950	-	-	-	T2	-	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	T2	-	-	-
P14	15	10	630	830	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	T2	-	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	T2	-	-	-	-
P15	30	5	570	920	-	-	-	-	-	-	T2	-	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	-	T2
P16	10	20	660	950	-	T1	-	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	T2	-	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	-
P17	5	30	570	1040	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	T2	-	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	T1	-	-	-
P18	20	40	540	1040	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	T2	-	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	T1	-	-
P19	15	60	510	920	-	-	-	-	-	-	T2	-	-	-	-	-	-	T2	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	-	T2
P20	45	65	510	800	-	T1	-	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-
P21	45	20	540	1040	-	-	-	-	-	-	T2	-	-	-	-	-	-	T2	-	-	-	-	-	T2	-	-	-	-	-	-	-	T2
P22	45	10	660	980	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-	-	-	T1	-	-	-	-

Ek 3. Test Rotalama Sonuçlarının Tamamı

Gün 1

Rota #1 ['H', 'P6', 'P3', 'P11', 'VH']



Araç: 1

Hareket Noktası: H Hareket Saati: 12:08 Yolculuk Süresi: 0:14

Variş Noktası: P6 Variş Saati: 12:22 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası: P6 Hareket Saati: 12:52 Yolculuk Süresi: 1:08

Variş Noktası: P3 Variş Saati: 14:00 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası: P3 Hareket Saati: 14:30 Yolculuk Süresi: 1:20

Variş Noktası: P11 Variş Saati: 15:50 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

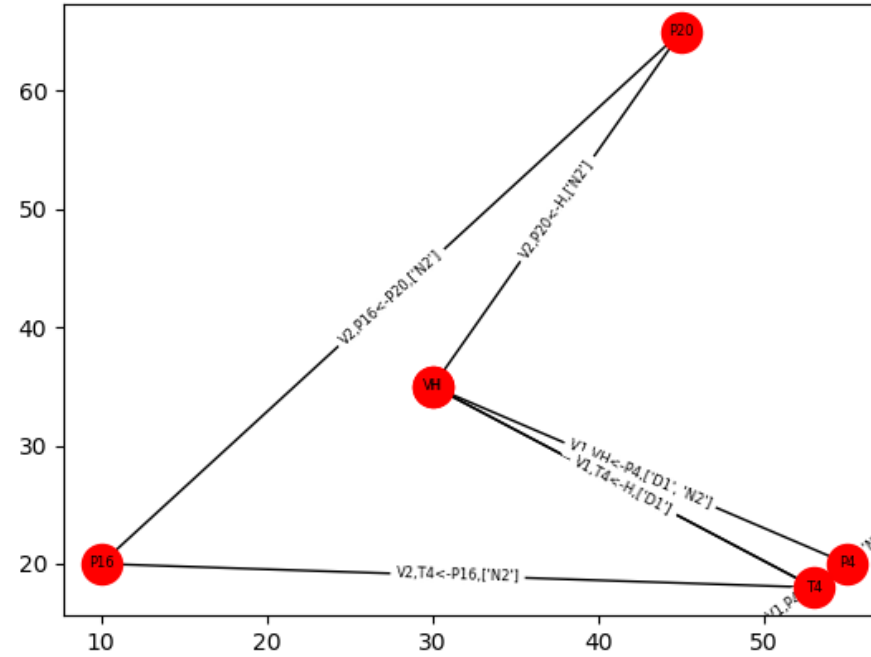
Hareket Noktası: P11 Hareket Saati: 16:20 Yolculuk Süresi: 1:04

Variş Noktası: VH Variş Saati: 17:24 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Gün 2

Rota #1 ['H', 'T4', 'P4', 'VH']

Rota #2 ['H', 'P20', 'P16', 'T4', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 13:51 Yolculuk Süresi : 0:58

Variş Noktası : T4 Variş Saati : 14:49 Araçta Taşınan Personel → ['D1']

Hareket Noktası : T4 Hareket Saati : 14:59 Yolculuk Süresi : 0:06

Variş Noktası : P4 Variş Saati : 15:05 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Hareket Noktası : P4 Hareket Saati : 15:50 Yolculuk Süresi : 0:58

Variş Noktası : VH Variş Saati : 16:48 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Araç : 2

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 9:21 Yolculuk Süresi : 1:08

Variş Noktası : P20 Variş Saati : 10:29 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

Hareket Noktası : P20 Hareket Saati : 10:59 Yolculuk Süresi : 1:54

Variş Noktası : P16 Variş Saati : 12:53 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

Hareket Noktası : P16 Hareket Saati : 13:23 Yolculuk Süresi : 1:26

Variş Noktası : T4 Variş Saati : 14:49 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

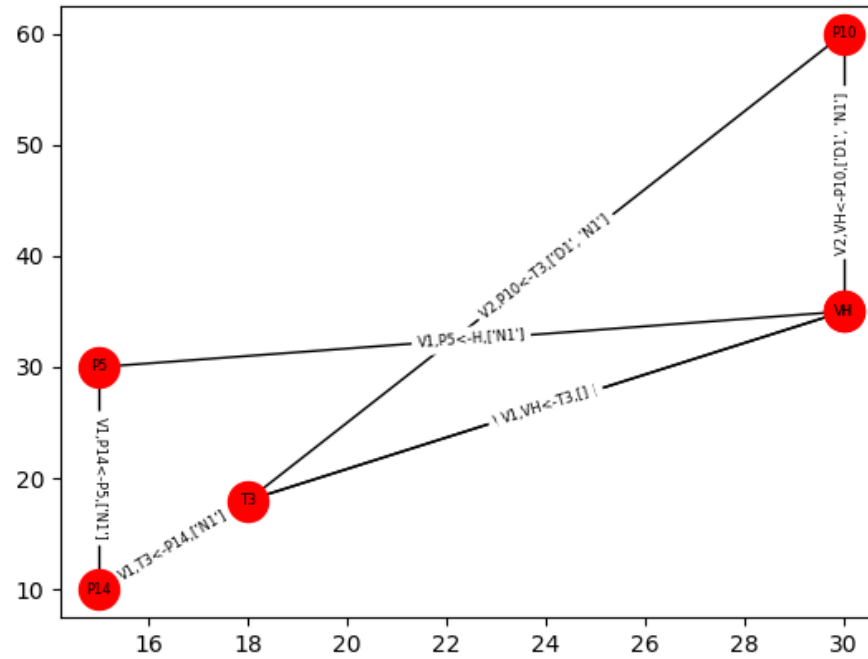
Hareket Noktası : T4 Hareket Saati : 14:59 Yolculuk Süresi : 0:58

Variş Noktası : VH Variş Saati : 15:57 Araçta Taşınan Personel → []

Gün 3

Rota #1 ['H', 'P5', 'P14', 'T3', 'VH']

Rota #2 ['H', 'T3', 'P10', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 8:48 Yolculuk Süresi : 0:32

Variş Noktası : P5 Variş Saati : 9:20 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası : P5 Hareket Saati : 9:50 Yolculuk Süresi : 0:40

Variş Noktası : P14 Variş Saati : 10:30 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası : P14 Hareket Saati : 11:00 Yolculuk Süresi : 0:18

Variş Noktası : T3 Variş Saati : 11:18 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası : T3 Hareket Saati : 11:28 Yolculuk Süresi : 0:42

Variş Noktası : VH Variş Saati : 12:10 Araçta Taşınan Personel → []

Araç : 2

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 10:36 Yolculuk Süresi : 0:42

Variş Noktası : T3 Variş Saati : 11:18 Araçta Taşınan Personel → ['D1']

Hareket Noktası : T3 Hareket Saati : 11:28 Yolculuk Süresi : 1:28

Variş Noktası : P10 Variş Saati : 12:56 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']

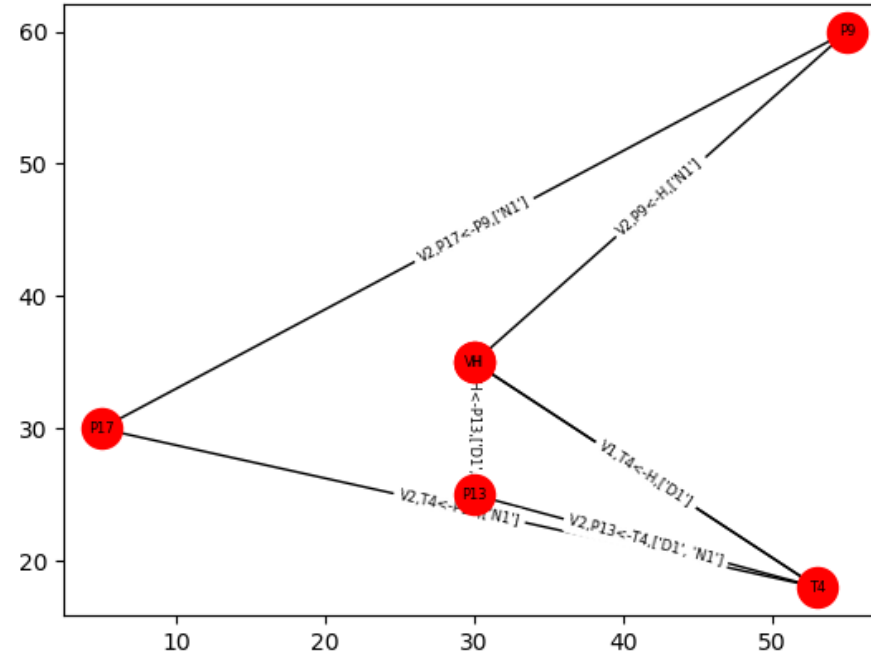
Hareket Noktası : P10 Hareket Saati : 13:41 Yolculuk Süresi : 0:50

Variş Noktası : VH Variş Saati : 14:31 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']

Gün 4

Rota #1 ['H', 'T4', 'VH']

Rota #2 ['H', 'P9', 'P17', 'T4', 'P13', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 13:09 Yolculuk Süresi : 0:58

Variş Noktası : T4 Variş Saati : 14:07 Araçta Taşınan Personel → ['D1']

Hareket Noktası : T4 Hareket Saati : 14:17 Yolculuk Süresi : 0:58

Variş Noktası : VH Variş Saati : 15:15 Araçta Taşınan Personel → []

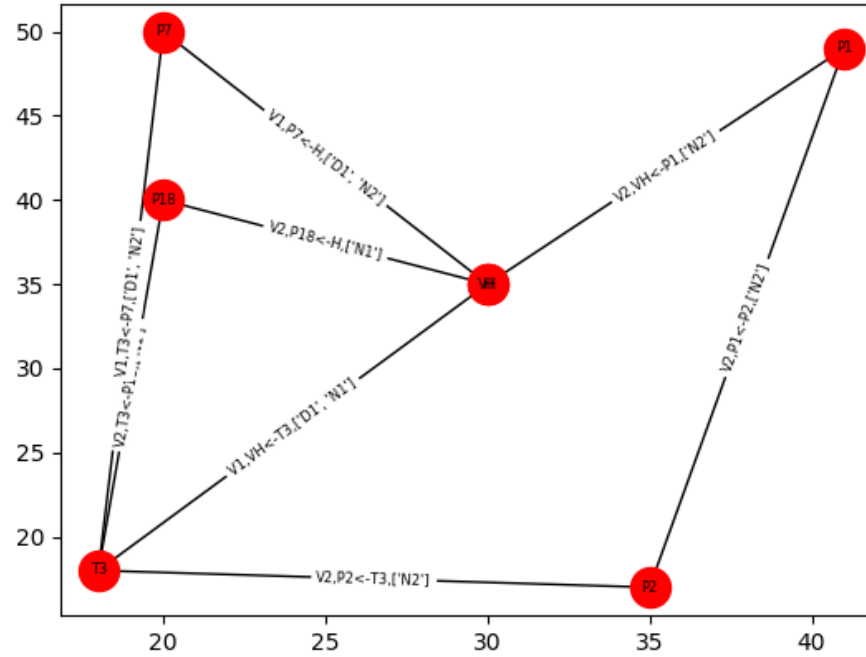
Araç : 2

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 8:23 Yolculuk Süresi : 1:10
Varış Noktası : P9 Varış Saati : 9:33 Araçta Taşınan Personel → ['N1']
Hareket Noktası : P9 Hareket Saati : 10:03 Yolculuk Süresi : 1:56
Varış Noktası : P17 Varış Saati : 11:59 Araçta Taşınan Personel → ['N1']
Hareket Noktası : P17 Hareket Saati : 12:29 Yolculuk Süresi : 1:38
Varış Noktası : T4 Varış Saati : 14:07 Araçta Taşınan Personel → ['N1']
Hareket Noktası : T4 Hareket Saati : 14:17 Yolculuk Süresi : 0:48
Varış Noktası : P13 Varış Saati : 15:05 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']
Hareket Noktası : P13 Hareket Saati : 15:50 Yolculuk Süresi : 0:20
Varış Noktası : VH Varış Saati : 16:10 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']

Gün 5

Rota #1 ['H', 'P7', 'T3', 'VH']

Rota #2 ['H', 'P18', 'T3', 'P2', 'P1', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 8:00 Yolculuk Süresi : 0:36

Variş Noktası : P7 Variş Saati : 8:36 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Hareket Noktası : P7 Hareket Saati : 9:21 Yolculuk Süresi : 1:04

Variş Noktası : T3 Variş Saati : 10:25 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Hareket Noktası : T3 Hareket Saati : 10:35 Yolculuk Süresi : 0:42

Variş Noktası : VH Variş Saati : 11:17 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']

Araç : 2

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 8:49 Yolculuk Süresi : 0:22

Variş Noktası : P18 Variş Saati : 9:11 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası : P18 Hareket Saati : 9:41 Yolculuk Süresi : 0:44

Variş Noktası : T3 Variş Saati : 10:25 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası : T3 Hareket Saati : 10:35 Yolculuk Süresi : 0:34

Variş Noktası : P2 Variş Saati : 11:09 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

Hareket Noktası : P2 Hareket Saati : 11:39 Yolculuk Süresi : 1:06

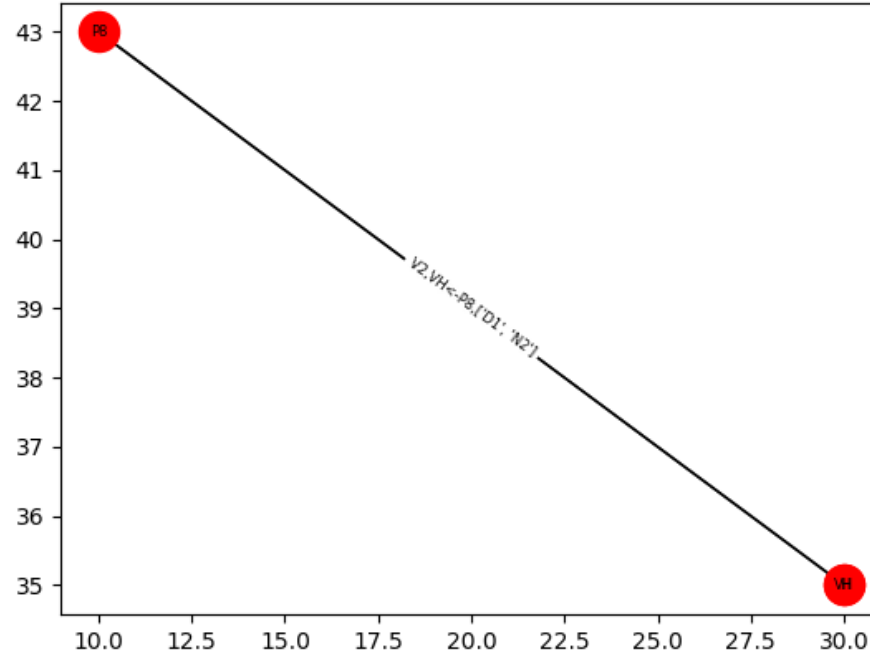
Variş Noktası : P1 Variş Saati : 12:45 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

Hareket Noktası : P1 Hareket Saati : 13:15 Yolculuk Süresi : 0:36

Variş Noktası : VH Variş Saati : 13:51 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

Gün 6

Rota #1 ['H', 'P8', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 15:17 Yolculuk Süresi : 0:44

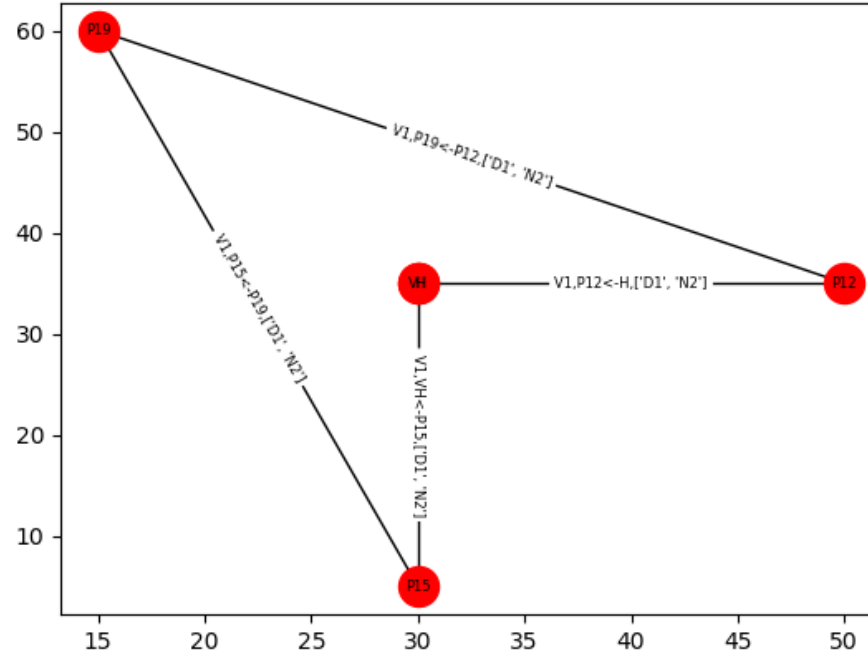
Varış Noktası : P8 Varış Saati : 16:01 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Hareket Noktası : P8 Hareket Saati : 16:46 Yolculuk Süresi : 0:44

Varış Noktası : VH Varış Saati : 17:30 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Gün 7

Rota #1 ['H', 'P12', 'P19', 'P15', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 8:20 Yolculuk Süresi : 0:40

Variş Noktası : P12 Variş Saati : 9:00 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Hareket Noktası : P12 Hareket Saati : 9:45 Yolculuk Süresi : 1:26

Variş Noktası : P19 Variş Saati : 11:11 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Hareket Noktası : P19 Hareket Saati : 11:56 Yolculuk Süresi : 1:54

Variş Noktası : P15 Variş Saati : 13:50 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

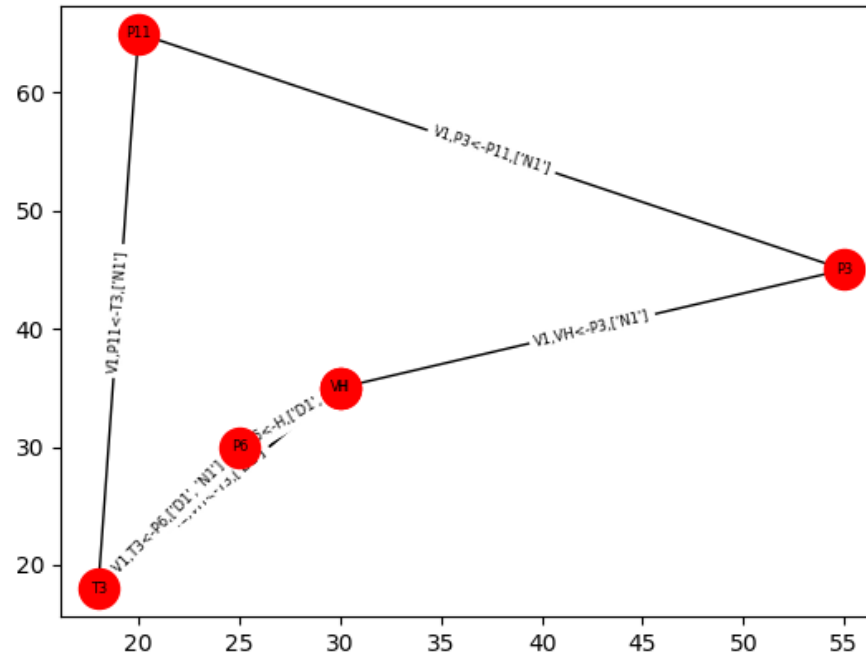
Hareket Noktası : P15 Hareket Saati : 14:35 Yolculuk Süresi : 1:00

Variş Noktası : VH Variş Saati : 15:35 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Gün 8

Rota #1 ['H', 'P6', 'T3', 'P11', 'P3', 'VH']

Rota #2 ['H', 'T3', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 10:16 Yolculuk Süresi : 0:14

Variş Noktası : P6 Variş Saati : 10:30 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']

Hareket Noktası : P6 Hareket Saati : 11:15 Yolculuk Süresi : 0:28

Variş Noktası : T3 Variş Saati : 11:43 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']

Hareket Noktası : T3 Hareket Saati : 11:53 Yolculuk Süresi : 1:34

Variş Noktası : P11 Variş Saati : 13:27 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası : P11 Hareket Saati : 13:57 Yolculuk Süresi : 1:20

Variş Noktası : P3 Variş Saati : 15:17 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası : P3 Hareket Saati : 15:47 Yolculuk Süresi : 0:54

Variş Noktası : VH Variş Saati : 16:41 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Araç : 2

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 11:01 Yolculuk Süresi : 0:42

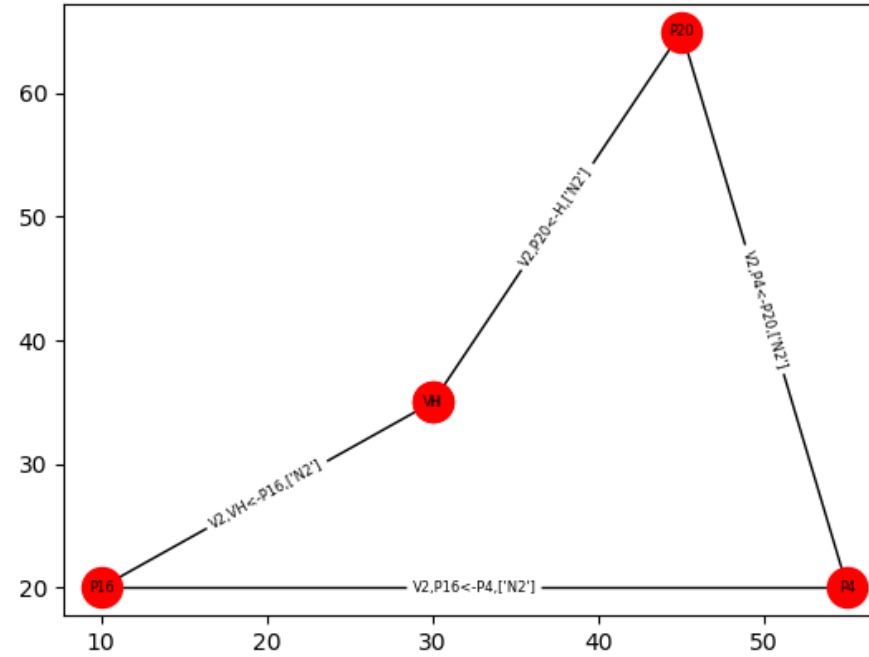
Variş Noktası : T3 Variş Saati : 11:43 Araçta Taşınan Personel → []

Hareket Noktası : T3 Hareket Saati : 11:53 Yolculuk Süresi : 0:42

Variş Noktası : VH Variş Saati : 12:35 Araçta Taşınan Personel → ['D1']

Gün 9

Rota #1 ['H', 'P20', 'P4', 'P16', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 8:00 Yolculuk Süresi : 1:08

Variş Noktası : P20 Variş Saati : 9:08 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

Hareket Noktası : P20 Hareket Saati : 9:38 Yolculuk Süresi : 1:32

Variş Noktası : P4 Variş Saati : 11:10 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

Hareket Noktası : P4 Hareket Saati : 11:40 Yolculuk Süresi : 1:30

Variş Noktası : P16 Variş Saati : 13:10 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

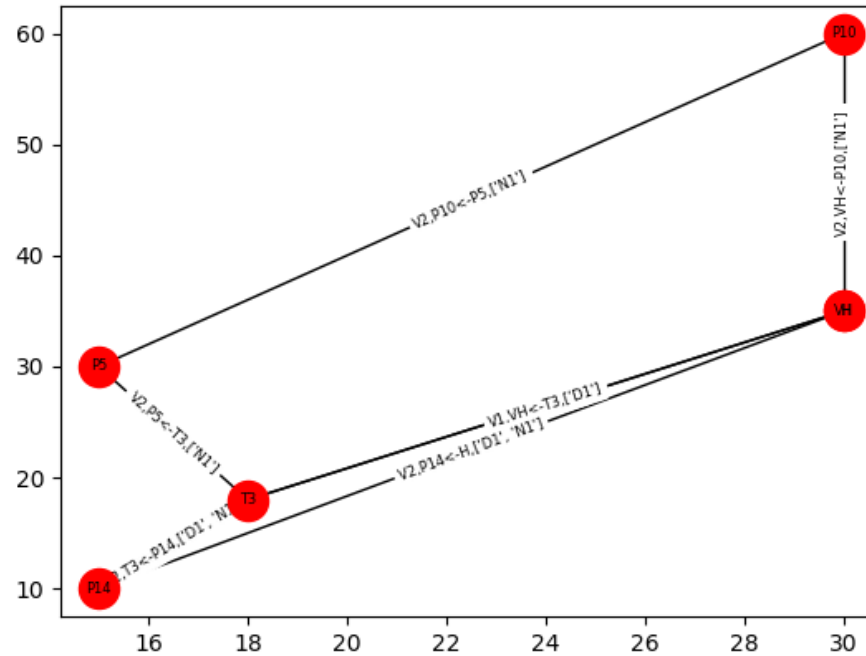
Hareket Noktası : P16 Hareket Saati : 13:40 Yolculuk Süresi : 0:50

Variş Noktası : VH Variş Saati : 14:30 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

Gün 10

Rota #1 ['H', 'T3', 'VH']

Rota #2 ['H', 'P14', 'T3', 'P5', 'P10', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 10:51 Yolculuk Süresi : 0:42

Variş Noktası : T3 Variş Saati : 11:33 Araçta Taşınan Personel → []

Hareket Noktası : T3 Hareket Saati : 11:43 Yolculuk Süresi : 0:42

Variş Noktası : VH Variş Saati : 12:25 Araçta Taşınan Personel → ['D1']

Araç : 2

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 9:32 Yolculuk Süresi : 0:58

Variş Noktası : P14 Variş Saati : 10:30 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']

Hareket Noktası : P14 Hareket Saati : 11:15 Yolculuk Süresi : 0:18

Variş Noktası : T3 Variş Saati : 11:33 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']

Hareket Noktası : T3 Hareket Saati : 11:43 Yolculuk Süresi : 0:24

Variş Noktası : P5 Variş Saati : 12:07 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası : P5 Hareket Saati : 12:37 Yolculuk Süresi : 1:08

Variş Noktası : P10 Variş Saati : 13:45 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

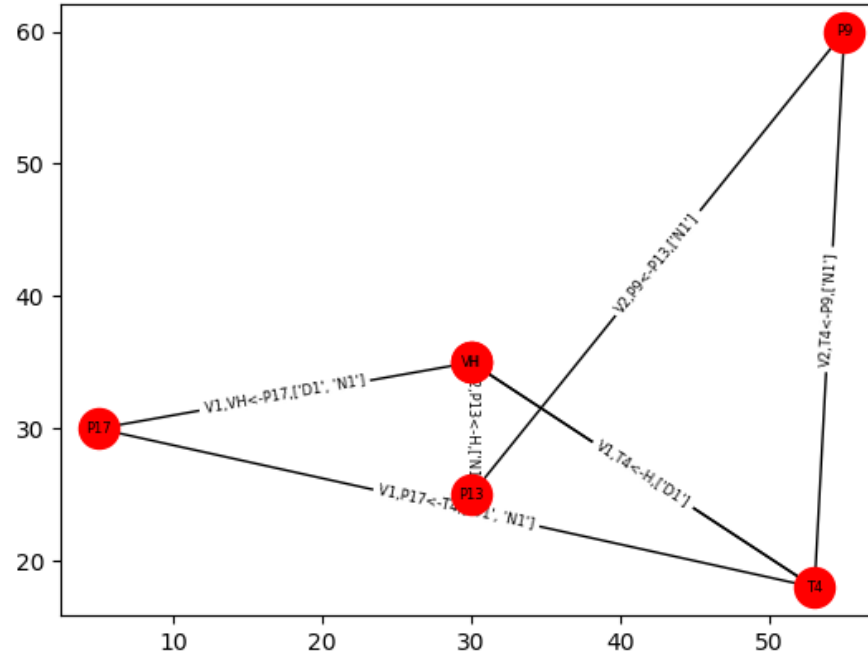
Hareket Noktası : P10 Hareket Saati : 14:15 Yolculuk Süresi : 0:50

Variş Noktası : VH Variş Saati : 15:05 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Gün 11

Rota #1 ['H', 'T4', 'P17', 'VH']

Rota #2 ['H', 'P13', 'P9', 'T4', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 11:52 Yolculuk Süresi : 0:58

Variş Noktası : T4 Variş Saati : 12:50 Araçta Taşınan Personel → ['D1']

Hareket Noktası : T4 Hareket Saati : 13:00 Yolculuk Süresi : 1:38

Variş Noktası : P17 Variş Saati : 14:38 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']

Hareket Noktası : P17 Hareket Saati : 15:23 Yolculuk Süresi : 0:50

Variş Noktası : VH Variş Saati : 16:13 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']

Araç : 2

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 8:40 Yolculuk Süresi : 0:20

Variş Noktası : P13 Variş Saati : 9:00 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası : P13 Hareket Saati : 9:30 Yolculuk Süresi : 1:26

Variş Noktası : P9 Variş Saati : 10:56 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası : P9 Hareket Saati : 11:26 Yolculuk Süresi : 1:24

Variş Noktası : T4 Variş Saati : 12:50 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

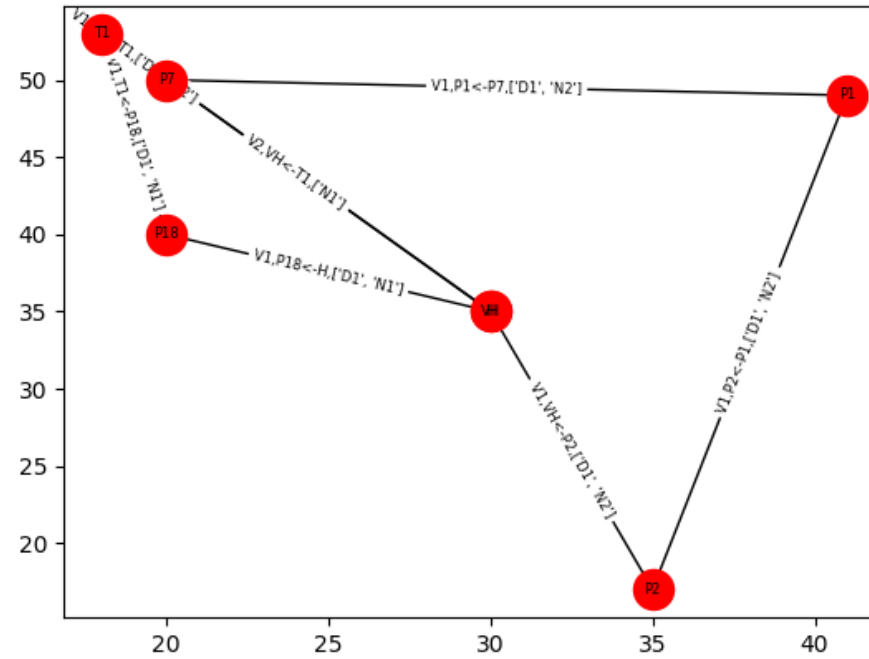
Hareket Noktası : T4 Hareket Saati : 13:00 Yolculuk Süresi : 0:58

Variş Noktası : VH Variş Saati : 13:58 Araçta Taşınan Personel → []

Gün 12

Rota #1 ['H', 'P18', 'T1', 'P7', 'P1', 'P2', 'VH']

Rota #2 ['H', 'T1', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 10:26 Yolculuk Süresi : 0:22

Variş Noktası : P18 Variş Saati : 10:48 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']

Hareket Noktası : P18 Hareket Saati : 11:33 Yolculuk Süresi : 0:26

Variş Noktası : T1 Variş Saati : 11:59 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']

Hareket Noktası : T1 Hareket Saati : 12:09 Yolculuk Süresi : 0:08

Variş Noktası : P7 Variş Saati : 12:17 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

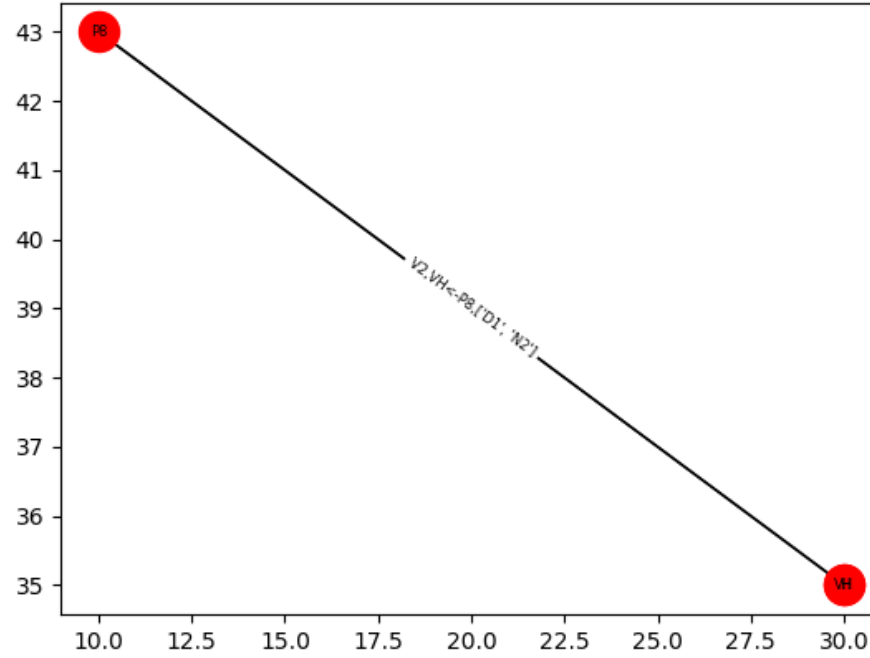
Hareket Noktası : P7 Hareket Saati : 13:02 Yolculuk Süresi : 0:42
Varış Noktası : P1 Varış Saati : 13:44 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']
Hareket Noktası : P1 Hareket Saati : 14:29 Yolculuk Süresi : 1:06
Varış Noktası : P2 Varış Saati : 15:35 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']
Hareket Noktası : P2 Hareket Saati : 16:20 Yolculuk Süresi : 0:38
Varış Noktası : VH Varış Saati : 16:58 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Araç : 2

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 11:15 Yolculuk Süresi : 0:44
Varış Noktası : T1 Varış Saati : 11:59 Araçta Taşınan Personel → ['N2']
Hareket Noktası : T1 Hareket Saati : 12:09 Yolculuk Süresi : 0:44
Varış Noktası : VH Varış Saati : 12:53 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Gün 13

Rota #1 ['H', 'P8', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 8:00 Yolculuk Süresi : 0:44

Varış Noktası : P8 Varış Saati : 8:44 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

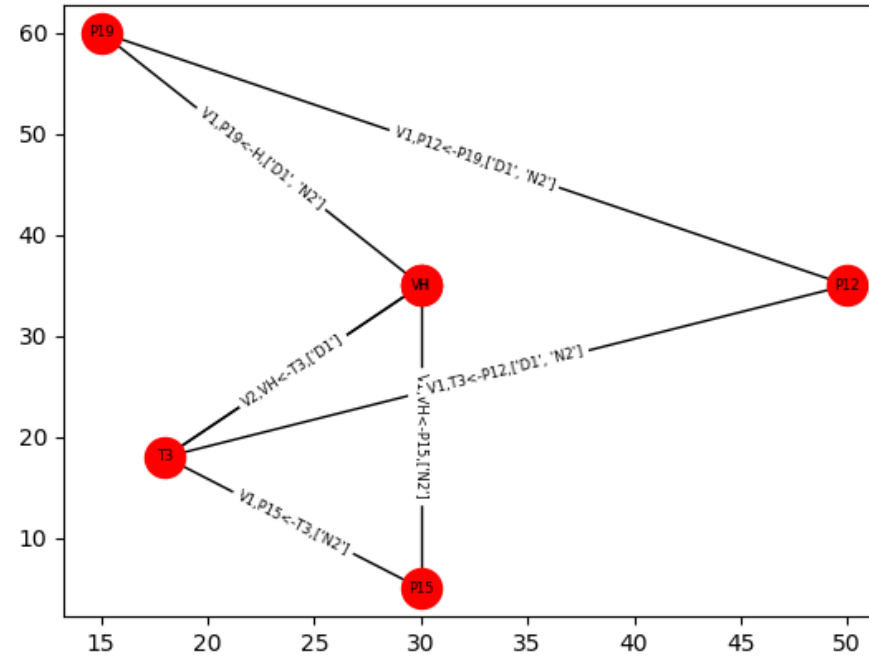
Hareket Noktası : P8 Hareket Saati : 9:29 Yolculuk Süresi : 0:44

Varış Noktası : VH Varış Saati : 10:13 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Gün 14

Rota #1 ['H', 'P19', 'P12', 'T3', 'P15', 'VH']

Rota #2 ['H', 'T3', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 8:00 Yolculuk Süresi : 0:58

Variş Noktası : P19 Variş Saati : 8:58 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Hareket Noktası : P19 Hareket Saati : 9:43 Yolculuk Süresi : 1:26

Variş Noktası : P12 Variş Saati : 11:09 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Hareket Noktası : P12 Hareket Saati : 11:54 Yolculuk Süresi : 1:12

Variş Noktası : T3 Variş Saati : 13:06 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Hareket Noktası : T3 Hareket Saati : 13:16 Yolculuk Süresi : 0:36

Variş Noktası : P15 Variş Saati : 13:52 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

Hareket Noktası : P15 Hareket Saati : 14:22 Yolculuk Süresi : 1:00

Variş Noktası : VH Variş Saati : 15:22 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

Araç : 2

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 12:24 Yolculuk Süresi : 0:42

Variş Noktası : T3 Variş Saati : 13:06 Araçta Taşınan Personel → []

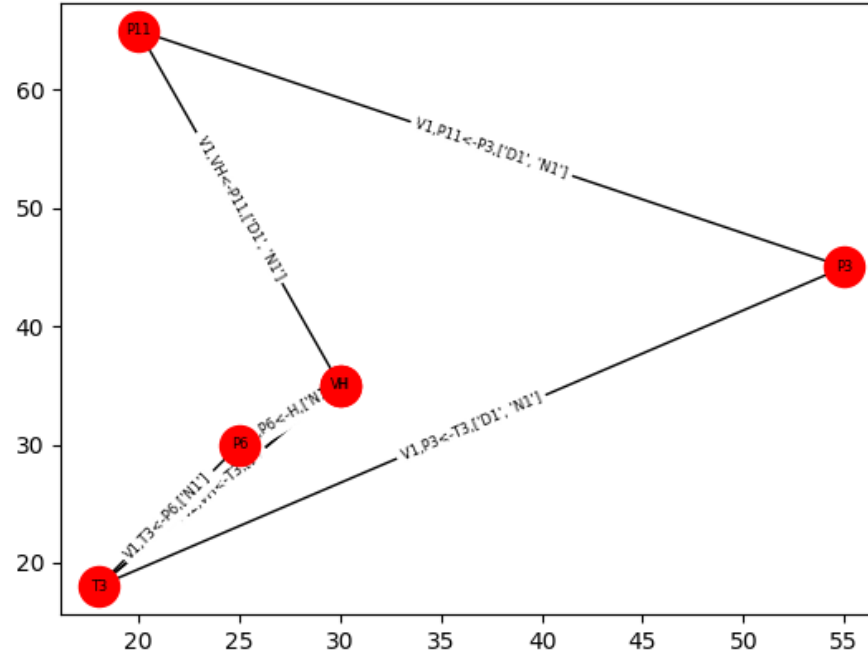
Hareket Noktası : T3 Hareket Saati : 13:16 Yolculuk Süresi : 0:42

Variş Noktası : VH Variş Saati : 13:58 Araçta Taşınan Personel → ['D1']

Gün 15

Rota #1 ['H', 'P6', 'T3', 'P3', 'P11', 'VH']

Rota #2 ['H', 'T3', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 10:16 Yolculuk Süresi : 0:14

Varış Noktası : P6 Varış Saati : 10:30 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası : P6 Hareket Saati : 11:00 Yolculuk Süresi : 0:28

Varış Noktası : T3 Varış Saati : 11:28 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası : T3 Hareket Saati : 11:38 Yolculuk Süresi : 1:32

Varış Noktası : P3 Varış Saati : 13:10 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']

Hareket Noktası : P3 Hareket Saati : 13:55 Yolculuk Süresi : 1:20

Variş Noktası : P11 Variş Saati : 15:15 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']

Hareket Noktası : P11 Hareket Saati : 16:00 Yolculuk Süresi : 1:04

Variş Noktası : VH Variş Saati : 17:04 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']

Araç : 2

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 10:46 Yolculuk Süresi : 0:42

Variş Noktası : T3 Variş Saati : 11:28 Araçta Taşınan Personel → ['D1']

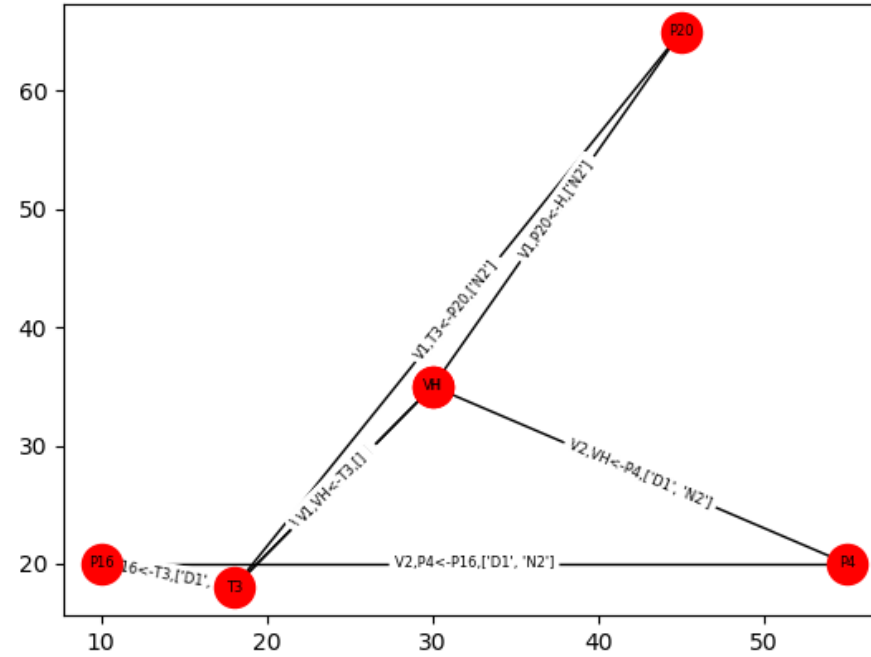
Hareket Noktası : T3 Hareket Saati : 11:38 Yolculuk Süresi : 0:42

Variş Noktası : VH Variş Saati : 12:20 Araçta Taşınan Personel → []

Gün 16

Rota #1 ['H', 'P20', 'T3', 'VH']

Rota #2 ['H', 'T3', 'P16', 'P4', 'VH']



Araç : 1

Gün 16 Rota #1 ['H', 'P20', 'T3', 'VH']

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 8:00 Yolculuk Süresi : 1:08

Variş Noktası : P20 Variş Saati : 9:08 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

Hareket Noktası : P20 Hareket Saati : 9:38 Yolculuk Süresi : 1:48

Variş Noktası : T3 Variş Saati : 11:26 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

Hareket Noktası : T3 Hareket Saati : 11:36 Yolculuk Süresi : 0:42

Variş Noktası : VH Variş Saati : 12:18 Araçta Taşınan Personel → []

Araç : 2

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 10:44 Yolculuk Süresi : 0:42

Variş Noktası : T3 Variş Saati : 11:26 Araçta Taşınan Personel → ['D1']

Hareket Noktası : T3 Hareket Saati : 11:36 Yolculuk Süresi : 0:16

Variş Noktası : P16 Variş Saati : 11:52 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Hareket Noktası : P16 Hareket Saati : 12:37 Yolculuk Süresi : 1:30

Variş Noktası : P4 Variş Saati : 14:07 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

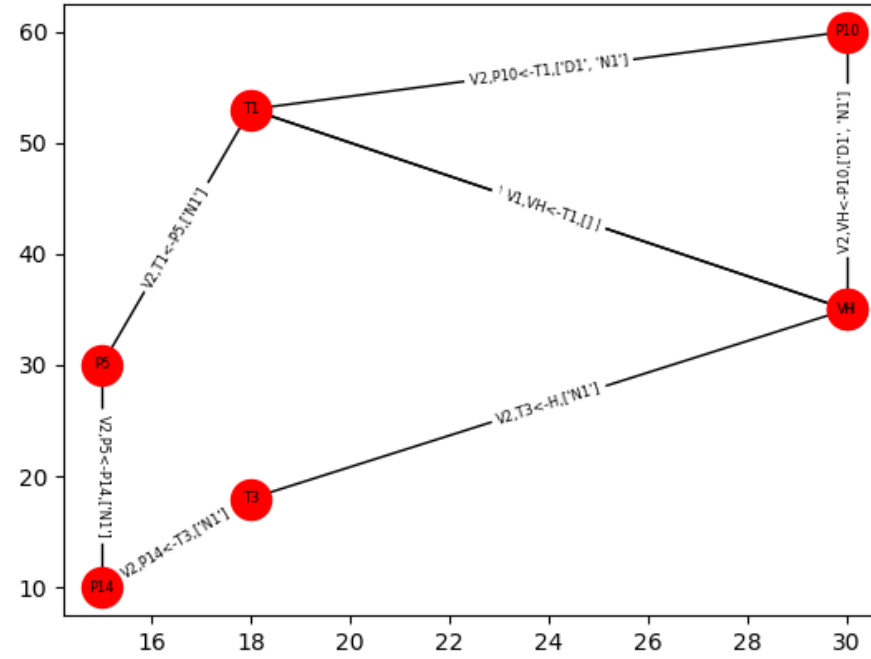
Hareket Noktası : P4 Hareket Saati : 14:52 Yolculuk Süresi : 0:58

Variş Noktası : VH Variş Saati : 15:50 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Gün 17

Rota #1 ['H', 'T1', 'VH']

Rota #2 ['H', 'T3', 'P14', 'P5', 'T1', 'P10', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 12:12 Yolculuk Süresi : 0:44

Variş Noktası : T1 Variş Saati : 12:56 Araçta Taşınan Personel → ['D1']

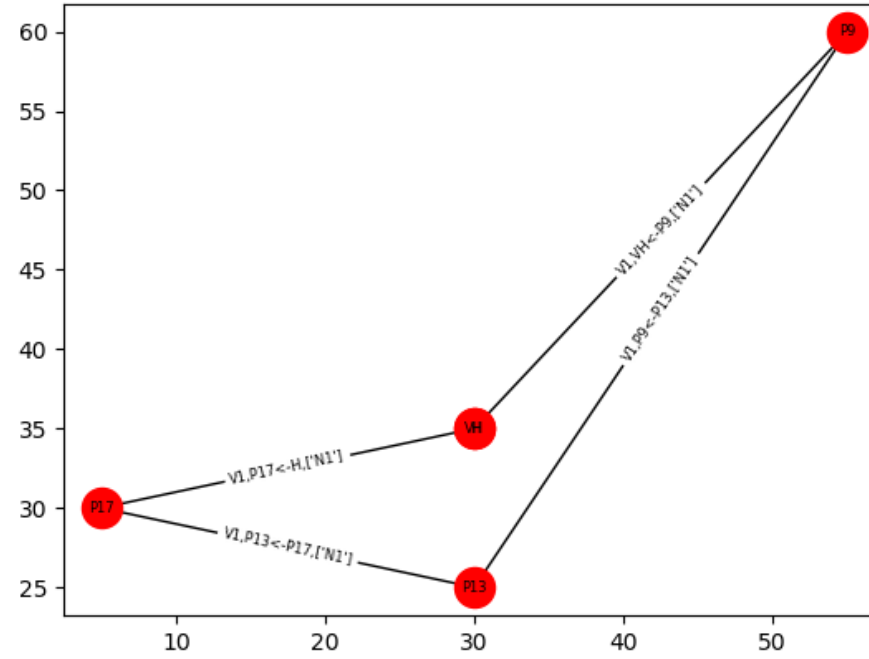
Hareket Noktası : T1 Hareket Saati : 13:06 Yolculuk Süresi : 0:44

Variş Noktası : VH Variş Saati : 13:50 Araçta Taşınan Personel → []

Araç : 2

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 9:20 Yolculuk Süresi : 0:42
Varış Noktası : T3 Varış Saati : 10:02 Araçta Taşınan Personel → ['N1']
Hareket Noktası : T3 Hareket Saati : 10:12 Yolculuk Süresi : 0:18
Varış Noktası : P14 Varış Saati : 10:30 Araçta Taşınan Personel → ['N1']
Hareket Noktası : P14 Hareket Saati : 11:00 Yolculuk Süresi : 0:40
Varış Noktası : P5 Varış Saati : 11:40 Araçta Taşınan Personel → ['N1']
Hareket Noktası : P5 Hareket Saati : 12:10 Yolculuk Süresi : 0:46
Varış Noktası : T1 Varış Saati : 12:56 Araçta Taşınan Personel → ['N1']
Hareket Noktası : T1 Hareket Saati : 13:06 Yolculuk Süresi : 0:28
Varış Noktası : P10 Varış Saati : 13:34 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']
Hareket Noktası : P10 Hareket Saati : 14:19 Yolculuk Süresi : 0:50
Varış Noktası : VH Varış Saati : 15:09 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']

Gün 18
Rota #1 ['H', 'P17', 'P13', 'P9', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 8:40 Yolculuk Süresi : 0:50

Variş Noktası : P17 Variş Saati : 9:30 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası : P17 Hareket Saati : 10:00 Yolculuk Süresi : 0:50

Variş Noktası : P13 Variş Saati : 10:50 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası : P13 Hareket Saati : 11:20 Yolculuk Süresi : 1:26

Variş Noktası : P9 Variş Saati : 12:46 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

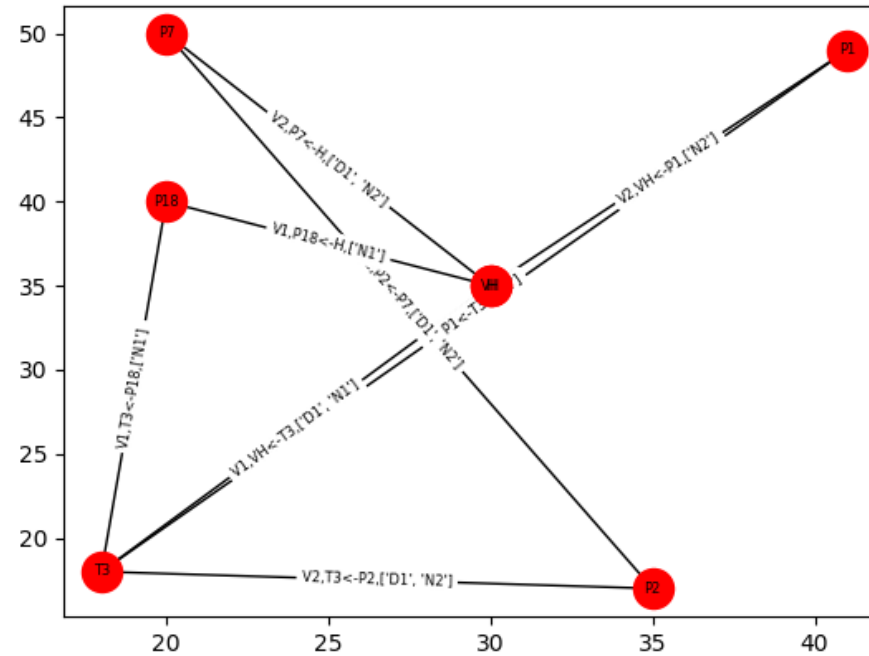
Hareket Noktası : P9 Hareket Saati : 13:16 Yolculuk Süresi : 1:10

Variş Noktası : VH Variş Saati : 14:26 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Gün 19

Rota #1 ['H', 'P18', 'T3', 'VH']

Rota #2 ['H', 'P7', 'P2', 'T3', 'P1', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 10:43 Yolculuk Süresi : 0:22

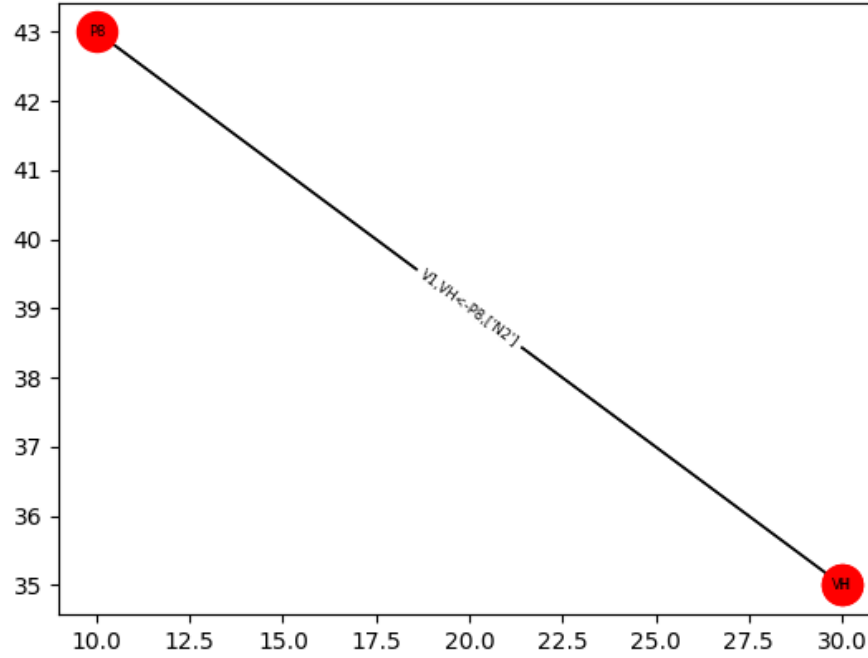
Varış Noktası : P18 Varış Saati : 11:05 Araçta Taşınan Personel → ['N1']
 Hareket Noktası : P18 Hareket Saati : 11:35 Yolculuk Süresi : 0:44
 Varış Noktası : T3 Varış Saati : 12:19 Araçta Taşınan Personel → ['N1']
 Hareket Noktası : T3 Hareket Saati : 12:29 Yolculuk Süresi : 0:42
 Varış Noktası : VH Varış Saati : 13:11 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']

Araç : 2

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 8:27 Yolculuk Süresi : 0:36
 Varış Noktası : P7 Varış Saati : 9:03 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']
 Hareket Noktası : P7 Hareket Saati : 9:48 Yolculuk Süresi : 1:12
 Varış Noktası : P2 Varış Saati : 11:00 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']
 Hareket Noktası : P2 Hareket Saati : 11:45 Yolculuk Süresi : 0:34
 Varış Noktası : T3 Varış Saati : 12:19 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']
 Hareket Noktası : T3 Hareket Saati : 12:29 Yolculuk Süresi : 1:18
 Varış Noktası : P1 Varış Saati : 13:47 Araçta Taşınan Personel → ['N2']
 Hareket Noktası : P1 Hareket Saati : 14:17 Yolculuk Süresi : 0:36
 Varış Noktası : VH Varış Saati : 14:53 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

Gün 20

Rota #1 ['H', 'P8', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 9:06 Yolculuk Süresi : 0:44

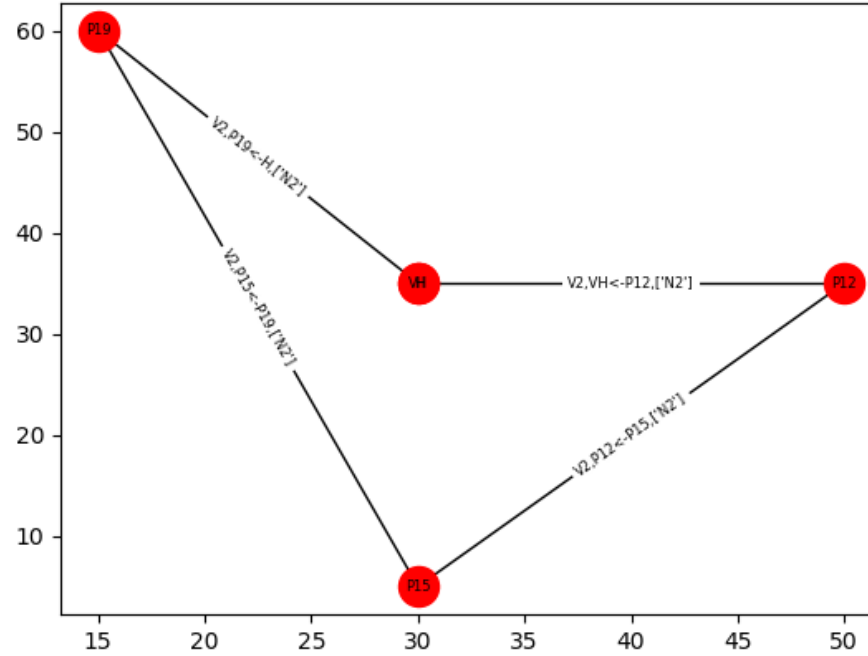
Variş Noktası : P8 Variş Saati : 9:50 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

Hareket Noktası : P8 Hareket Saati : 10:20 Yolculuk Süresi : 0:44

Variş Noktası : VH Variş Saati : 11:04 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

Gün 21

Rota #1 ['H', 'P19', 'P15', 'P12', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 8:00 Yolculuk Süresi : 0:58

Variş Noktası : P19 Variş Saati : 8:58 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

Hareket Noktası : P19 Hareket Saati : 9:28 Yolculuk Süresi : 1:54

Variş Noktası : P15 Variş Saati : 11:22 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

Hareket Noktası : P15 Hareket Saati : 11:52 Yolculuk Süresi : 1:12

Variş Noktası : P12 Variş Saati : 13:04 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

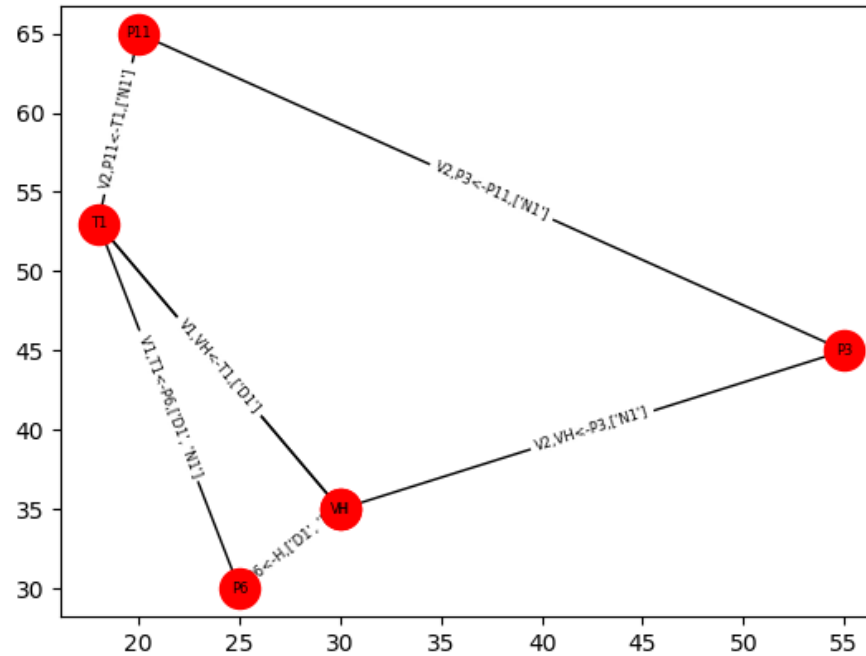
Hareket Noktası : P12 Hareket Saati : 13:34 Yolculuk Süresi : 0:40

Variş Noktası : VH Variş Saati : 14:14 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

Gün 22

Rota #1 ['H', 'P6', 'T1', 'VH']

Rota #2 ['H', 'T1', 'P11', 'P3', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 10:16 Yolculuk Süresi : 0:14

Variş Noktası : P6 Variş Saati : 10:30 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']

Hareket Noktası : P6 Hareket Saati : 11:15 Yolculuk Süresi : 0:48

Variş Noktası : T1 Variş Saati : 12:03 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']

Hareket Noktası : T1 Hareket Saati : 12:13 Yolculuk Süresi : 0:44

Variş Noktası : VH Variş Saati : 12:57 Araçta Taşınan Personel → ['D1']

Araç : 2

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 11:19 Yolculuk Süresi : 0:44

Variş Noktası : T1 Variş Saati : 12:03 Araçta Taşınan Personel → []

Hareket Noktası : T1 Hareket Saati : 12:13 Yolculuk Süresi : 0:24

Variş Noktası : P11 Variş Saati : 12:37 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası : P11 Hareket Saati : 13:07 Yolculuk Süresi : 1:20

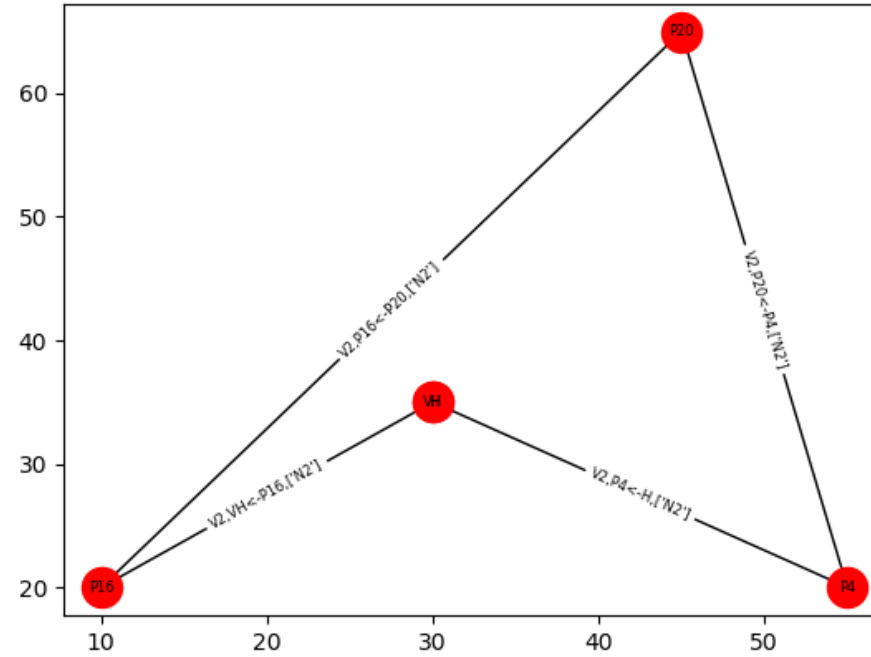
Variş Noktası : P3 Variş Saati : 14:27 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası : P3 Hareket Saati : 14:57 Yolculuk Süresi : 0:54

Variş Noktası : VH Variş Saati : 15:51 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Gün 23

Rota #1 ['H', 'P4', 'P20', 'P16', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 8:32 Yolculuk Süresi : 0:58

Varış Noktası : P4 Varış Saati : 9:30 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

Hareket Noktası : P4 Hareket Saati : 10:00 Yolculuk Süresi : 1:32

Varış Noktası : P20 Varış Saati : 11:32 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

Hareket Noktası : P20 Hareket Saati : 12:02 Yolculuk Süresi : 1:54

Varış Noktası : P16 Varış Saati : 13:56 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

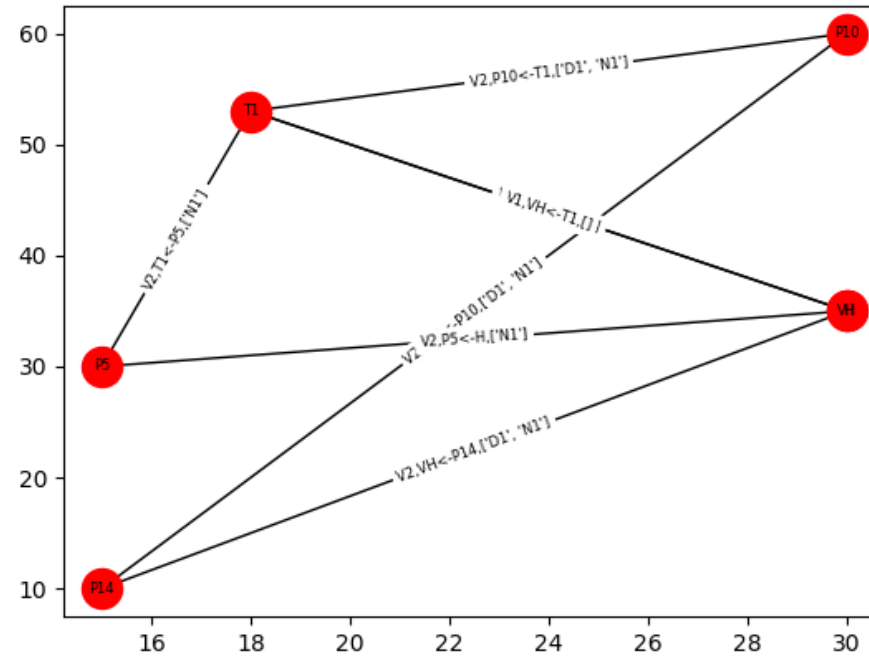
Hareket Noktası : P16 Hareket Saati : 14:26 Yolculuk Süresi : 0:50

Variş Noktası : VH Variş Saati : 15:16 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

Gün 24

Rota #1 ['H', 'T1', 'VH']

Rota #2 ['H', 'P5', 'T1', 'P10', 'P14', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 9:04 Yolculuk Süresi : 0:44

Variş Noktası : T1 Variş Saati : 9:48 Araçta Taşınan Personel → ['D1']

Hareket Noktası : T1 Hareket Saati : 9:58 Yolculuk Süresi : 0:44

Variş Noktası : VH Variş Saati : 10:42 Araçta Taşınan Personel → []

Araç : 2

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 8:00 Yolculuk Süresi : 0:32

Variş Noktası : P5 Variş Saati : 8:32 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası : P5 Hareket Saati : 9:02 Yolculuk Süresi : 0:46

Variş Noktası : T1 Variş Saati : 9:48 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası : T1 Hareket Saati : 9:58 Yolculuk Süresi : 0:28

Variş Noktası : P10 Variş Saati : 10:26 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']

Hareket Noktası : P10 Hareket Saati : 11:11 Yolculuk Süresi : 1:44

Variş Noktası : P14 Variş Saati : 12:55 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']

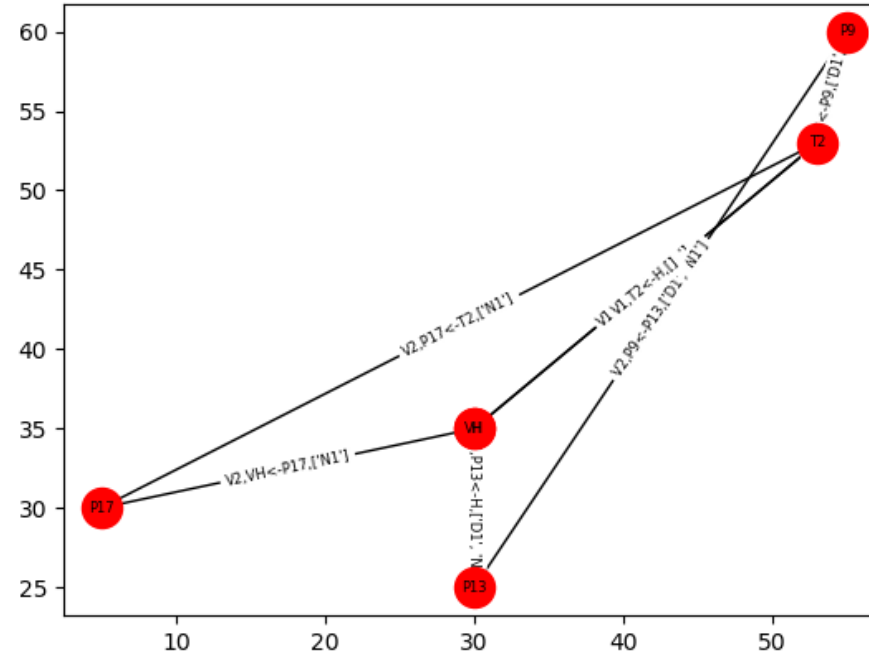
Hareket Noktası : P14 Hareket Saati : 13:40 Yolculuk Süresi : 0:58

Variş Noktası : VH Variş Saati : 14:38 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']

Gün 25

Rota #1 ['H', 'T2', 'VH']

Rota #2 ['H', 'P13', 'P9', 'T2', 'P17', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 13:16 Yolculuk Süresi : 0:58

Varış Noktası : T2 Varış Saati : 14:14 Araçta Taşınan Personel → []

Hareket Noktası : T2 Hareket Saati : 14:24 Yolculuk Süresi : 0:58

Varış Noktası : VH Varış Saati : 15:22 Araçta Taşınan Personel → ['D1']

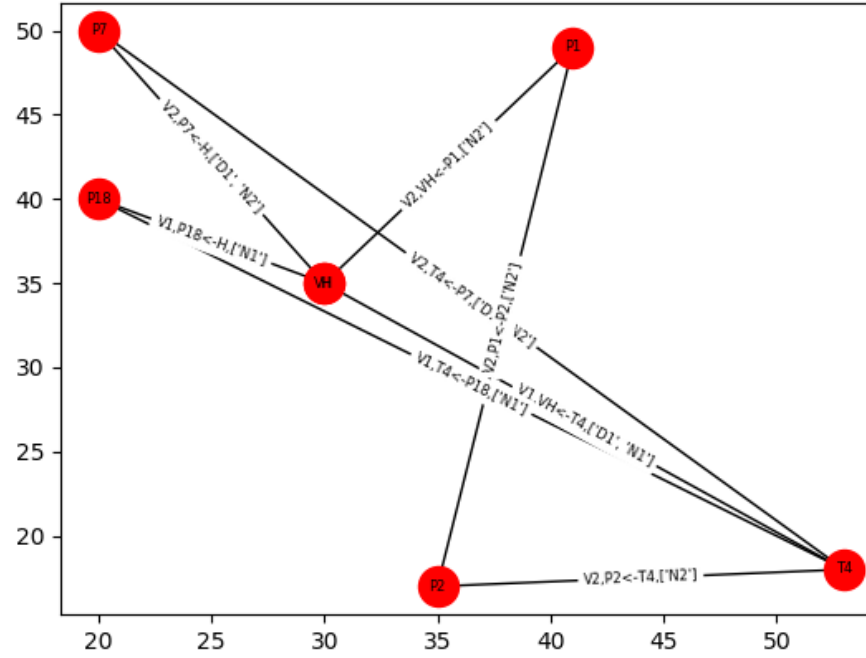
Araç : 2

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 10:44 Yolculuk Süresi : 0:20
Varış Noktası : P13 Varış Saati : 11:04 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']
Hareket Noktası : P13 Hareket Saati : 11:49 Yolculuk Süresi : 1:26
Varış Noktası : P9 Varış Saati : 13:15 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']
Hareket Noktası : P9 Hareket Saati : 14:00 Yolculuk Süresi : 0:14
Varış Noktası : T2 Varış Saati : 14:14 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']
Hareket Noktası : T2 Hareket Saati : 14:24 Yolculuk Süresi : 1:46
Varış Noktası : P17 Varış Saati : 16:10 Araçta Taşınan Personel → ['N1']
Hareket Noktası : P17 Hareket Saati : 16:40 Yolculuk Süresi : 0:50
Varış Noktası : VH Varış Saati : 17:30 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Gün 26

Rota #1 ['H', 'P18', 'T4', 'VH']

Rota #2 ['H', 'P7', 'T4', 'P2', 'P1', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 8:41 Yolculuk Süresi : 0:22

Variş Noktası : P18 Variş Saati : 9:03 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası : P18 Hareket Saati : 9:33 Yolculuk Süresi : 1:20

Variş Noktası : T4 Variş Saati : 10:53 Araçta Taşınan Personel → ['N1']

Hareket Noktası : T4 Hareket Saati : 11:03 Yolculuk Süresi : 0:58

Variş Noktası : VH Variş Saati : 12:01 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N1']

Araç : 2

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 8:00 Yolculuk Süresi : 0:36

Variş Noktası : P7 Variş Saati : 8:36 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Hareket Noktası : P7 Hareket Saati : 9:21 Yolculuk Süresi : 1:32

Variş Noktası : T4 Variş Saati : 10:53 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Hareket Noktası : T4 Hareket Saati : 11:03 Yolculuk Süresi : 0:36

Variş Noktası : P2 Variş Saati : 11:39 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

Hareket Noktası : P2 Hareket Saati : 12:09 Yolculuk Süresi : 1:06

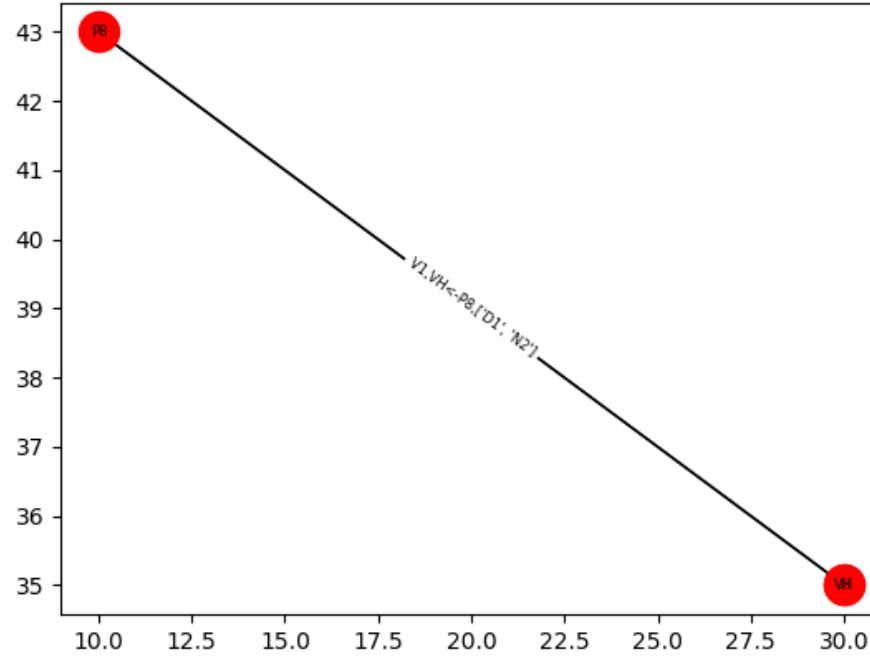
Variş Noktası : P1 Variş Saati : 13:15 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

Hareket Noktası : P1 Hareket Saati : 13:45 Yolculuk Süresi : 0:36

Variş Noktası : VH Variş Saati : 14:21 Araçta Taşınan Personel → ['N2']

Gün 27

Rota #1 ['H', 'P8', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 14:57 Yolculuk Süresi : 0:44

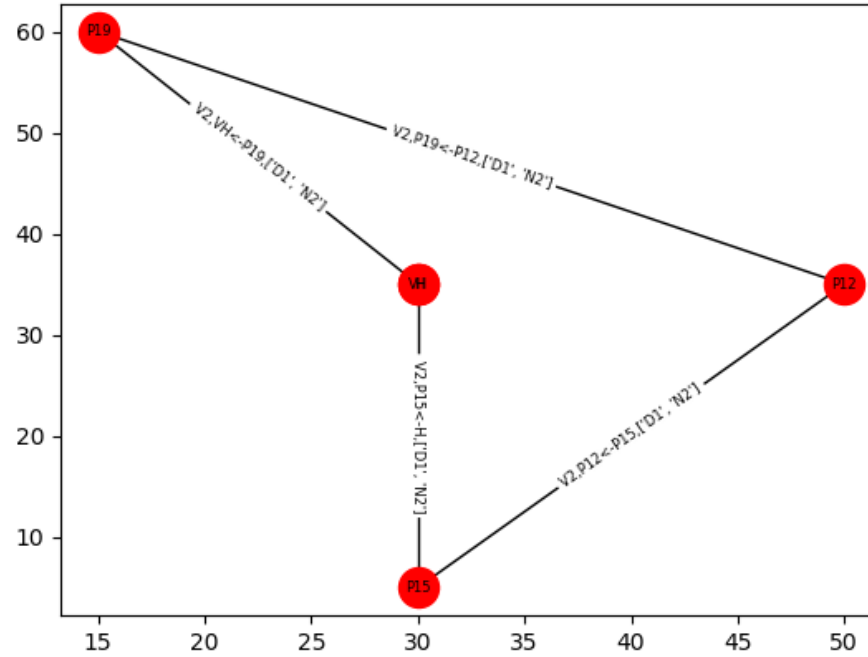
Varış Noktası : P8 Varış Saati : 15:41 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Hareket Noktası : P8 Hareket Saati : 16:26 Yolculuk Süresi : 0:44

Varış Noktası : VH Varış Saati : 17:10 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Gün 28

Rota #1 ['H', 'P15', 'P12', 'P19', 'VH']



Araç : 1

Hareket Noktası : H Hareket Saati : 8:30 Yolculuk Süresi : 1:00

Variş Noktası : P15 Variş Saati : 9:30 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Hareket Noktası : P15 Hareket Saati : 10:15 Yolculuk Süresi : 1:12

Variş Noktası : P12 Variş Saati : 11:27 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Hareket Noktası : P12 Hareket Saati : 12:12 Yolculuk Süresi : 1:26

Variş Noktası : P19 Variş Saati : 13:38 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Hareket Noktası : P19 Hareket Saati : 14:23 Yolculuk Süresi : 0:58

Variş Noktası : VH Variş Saati : 15:21 Araçta Taşınan Personel → ['D1', 'N2']

Ek 4. Personel İş Yükü ve Ortalama Bakımın Süreklilik Değeri

Hasta Sayısı: 1000 Planlama Periyodu: 12 Hafta (84 gün)	Bakımın Sürekliliği Değeri		
	S1	S2	S3
Personeller	1.0	0.5	0.0
D1	286	285	281
D2	283	287	283
D3	292	279	283
D4	295	271	283
D5	302	282	279
D6	261	280	284
D7	263	283	279
D8	259	285	282
D9	282	284	281
D10	295	281	282
D11	270	285	281
D12	287	283	279
D13	286	283	282
D14	273	285	281
D15	270	284	285
D16	268	279	280
D17	293	272	279
D18	293	274	284
D19	284	287	280
D20	295	282	285
D21	279	285	283
N1	588	572	572

N2	588	573	572
N3	588	573	571
N4	552	572	573
N5	600	570	573
N6	576	572	573
N7	540	572	572
N8	540	570	569
N9	552	572	570
N10	612	573	567
N11	588	572	572
N12	576	571	572
N13	552	572	570
N14	612	568	572
N15	540	572	569
N16	564	569	573
N17	540	567	573
N18	540	573	573
N19	576	572	571
N20	588	572	571
N21	588	573	572
Hastaların Ortalama Bakımın Sürekliliği Değeri	1.0	0.57	0.04
En Fazla İş Yükü	612	573	573
En Az İş Yükü	540	567	567
Fark	72	6	6
Değerler personelin ziyaret sayısını göstermektedir.			

Ek 5. Orta Hizmet Kalitesini Sağlayan Durum Örneği (Tamamı)

Aşama 1		Ziyaretler												Aşama 2		Ziyaretler																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9				10	11	12			1	2	3	4	5	6	7	8	9				10	11	12
Küme 1	P56	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	T1 Hizmeti Alanlar	Küme 1	P41				Küme 1	P56	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	T1 Hizmeti Alanlar	Küme 1	P41				
	P25	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1			P23					P25	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1			P23				
	P97	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1			P92					P97	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1			P92				
	P41	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1			P46					P41	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1			P46				
	P23	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1			P58					P23	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1			P58				
	P92	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1			P99					P92	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1			P99				
Küme 2	P46	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	T2 Hizmeti Alanlar	Küme 2	P64				Küme 2	P46	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	T2 Hizmeti Alanlar	Küme 2	P64				
	P58	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	P87						P58		N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	P87								
	P99	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2			P33					P99	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2			P33				
	P64	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2			P91					P64	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2			P91	N3			
	P87	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2			P72					P87	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2			P72	N3			
Küme 3	P33	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	T2 Hizmeti Alanlar	Küme 1	P38				Küme 3	P33	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	T2 Hizmeti Alanlar	Küme 1	P38				
	P91	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	P56						P91		N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	P56	N3							
	P72	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3			P25					P72	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3			P25	N3			
	P38	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3			P97					P38	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3			P97	N3			
	P91	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3								P91	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3							

N1	N2	N3
54	45	36

N1	N2	N3
54	45	42

(devam)

Ek 6. Bakımın Sürekliliğinin Dikkate Almayan Durum Örneği (Tamamı)

Aşama 1		Ziyaretler												Aşama 2		Ziyaretler												Aşama 3		Ziyaretler																																											
T1 Hizmeti Alanlar	Küme 1	P41															P41	N2																						P41	N2																																
		P23															P23	N2																											P23	N2																											
		P92															P92	N2																													P92	N2																									
		P46															P46	N2																															P46	N2																							
		P58															P58	N2																																	P58	N2																					
	Küme 2	P99															P99																																	P99	N3																						
		P64															P64																																	P64	N3																						
		P87															P87																																	P87	N3																						
		P33															P33																																		P33	N3																					
		T2 Hizmeti Alanlar	Küme 1	P91	N1													P91	N1																													P91	N1																								
P72	N1															P72	N1																																P72	N1																							
P38	N1															P38	N1																																P38	N1																							
P56	N1															P56	N1																																	P56	N1																						
P25	N1															P25	N1																																	P25	N1																						
P97	N1															P97	N1																																	P97	N1																						
		N1	N2	N3												N1	N2	N3																											N1	N2	N3																										
		6	0	0												6	5	0																													6	5	4																								

(devam)



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
TEZ ÇALIŞMASI ETİK KOMİSYON MUAFİYETİ FORMU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 18/02/2019

Tez Başlığı: EVDE SAĞLIK HİZMETLERİ ATAMA VE ROTALAMA PROBLEMİ ÜZERİNE

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmam:

1. İnsan ve hayvan üzerinde deney niteliği taşımamaktadır,
2. Biyolojik materyal (kan, idrar vb. biyolojik sıvılar ve numuneler) kullanılmasını gerektirmemektedir.
3. Beden bütünlüğüne müdahale içermemektedir.
4. Gözlemsel ve betimsel araştırma (anket, mülakat, ölçek/skala çalışmaları, dosya taramaları, veri kaynakları taraması, sistem-model geliştirme çalışmaları) niteliğinde değildir.

Hacettepe Üniversitesi Etik Kurullar ve Komisyonlarının Yönergelerini inceledim ve bunlara göre tez çalışmamın yürütülebilmesi için herhangi bir Etik Kurul/Komisyon'dan izin alınmasına gerek olmadığını; aksi durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

18/02/2019

Adı Soyadı: Ahmet Bahadır ŞİMŞEK

Öğrenci No: N14140860

Anabilim Dalı: İşletme

Programı: İşletme Doktora

Statüsü: Yüksek Lisans Doktora Bütünleşik Doktora

DANIŞMAN GÖRÜŞÜ VE ONAYI

Prof. Dr. Aydın ULUCAN

Detaylı Bilgi: <http://www.sosyalbilimler.hacettepe.edu.tr>

Telefon: 0-312-2976860

Faks: 0-3122992147

E-posta: sosyalbilimler@hacettepe.edu.tr



**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU**

**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA**

Tarih: 18/02/2019

Tez Başlığı : EVDE SAĞLIK HİZMETLERİ ATAMA VE ROTALAMA PROBLEMİ ÜZERİNE

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 105 sayfalık kısmına ilişkin, 15/02/2019 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda işaretlenmiş filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 8 'tür.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç
- 2- Kaynakça hariç
- 3- Alıntılar hariç
- 4- Alıntılar dâhil
- 5- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

18/02/2019

Adı Soyadı: Ahmet Bahadır ŞİMŞEK
Öğrenci No: N14140860
Anabilim Dalı: İşletme
Programı: İşletme Doktora
Statüsü: Doktora Bütünleşik Dr.

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

Prof. Dr. Aydın ULUCAN