

## EVDE SAĞLIK HİZMETLERİNDE ARAÇ ROTALAMA İLE GÜZERGAHLARIN BELİRLENMESİ: DEVLET HASTANESİNDE BİR UYGULAMA

## DETERMINING ROUTES BY VEHICLE ROTATION AT HOME HEALTHCARE SERVICES: A CASE STUDY IN STATE HOSPITAL

### Cemre TAŞ

Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

[cemreetas@gmail.com](mailto:cemreetas@gmail.com)

[orcid.org/0000-0001-9482-3726](https://orcid.org/0000-0001-9482-3726)

### Neşet BEDİR

Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

[nstbdr@gmail.com](mailto:nstbdr@gmail.com)

[orcid.org/0000-0002-8906-9164](https://orcid.org/0000-0002-8906-9164)

### Tamer EREN

Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

[tamereren@gmail.com](mailto:tamereren@gmail.com)

[orcid.org/0000-0001-5282-3138](https://orcid.org/0000-0001-5282-3138)

### Hacı Mehmet ALAKAŞ

Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

[hmalagas@gmail.com](mailto:hmalagas@gmail.com)

[orcid.org/0000-0002-9874-7588](https://orcid.org/0000-0002-9874-7588)

### Suna ÇETİN

Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

[sunacetin@kku.edu.tr](mailto:sunacetin@kku.edu.tr)

[orcid.org/0000-0003-1016-6680](https://orcid.org/0000-0003-1016-6680)

Makale gönderim-kabul tarihi (15.07.2018-11.09.2018)

### Özet

Ülke nüfusumuzun giderek yaşlanması ve sağlık alanındaki gelişmelerle birlikte evde sağlık hizmetleri ülkenin her yerinde faaliyet göstermektedir. Evde sağlık bakımı yönlendirme ve zamanlama problemi, aynı coğrafi bölgede yaşayan ve evde tedavi edilmesi gereken hastaların bakımını gerçekleştirmektedir. Personeller ekipler halinde evde bakım hizmeti vermek üzere hastaların adreslerine giderek gerekli bakım ve tedavi hizmetini sunmaktadırlar. Bu çalışmada evde bakım ve tedavi hizmeti yapan araçların rotalama yapılmıştır. Çalışmada bakım ve tedavi hizmetleri için 155 hastası bulunan bir il ele alınmıştır. Bu ilin 94 hasta bulunan bir bölgesinde 4 araçlı rotalama problemi için matematiksel programlama modeli kurulmuştur. Model sonucunda hizmet için hangi aracın hangi sırayla, hangi hastaları ziyaret edeceği belirlenmiştir. Uygulama sonucunda araçların optimal rotalama belirlendiği için mevcut duruma göre daha az mesafe kat etmiş ve dolayısıyla maliyet azalmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Evde sağlık hizmetleri, Matematiksel programlama modeli, Araç rotalama problemi

### Abstract

With the increasing aging of our country's population and improvements in the field of health, the home healthcare service operates all over the country. Home health care orientation and scheduling problem is taking care of patients who live in the same geographical area and need to be treated at home. Personnel provide care and treatment services by going to the addresses of the patients to provide home care services in teams. In this study, the tools of home care and treatment services were routed. In the study, a province with 155 patients for

care and treatment services was dealt with. A mathematical programming model for the 4-vehicle locus problem was established in a region with 94 patients in this province. As a result of the model, it was determined which tool to visit and which patients to visit for the service. As a result of the application, the optimal route of the vehicles has been determined, so that it takes less distance than the current situation and therefore the cost is reduced.

**Keywords:** Home health care, mathematical programming model, vehicle locating problem

## GİRİŞ

Ülkemiz son çeyrek asırda sağlık alanında büyük ilerlemeler kaydetmiştir. Bu alanda yapılan iyileştirmelerden evde sağlık hizmetleri, hastalar ve hasta yakınlarına çok büyük kolaylıklar sağlamıştır. İnsanların sağlığını korumak ve hastaların hastaneden ayrıldıktan sonra tedavilerine ev ortamında devam etmelerini sağlamak çok önemlidir.

Evde bakım hizmeti veya başka bir ifade ile; hastaya ev ortamında sağlık hizmetinin sunumu 19. yüzyıldan itibaren gerçek anlamda uygulanmaya başlanmıştır. Evde sağlık hizmeti kavramının gelişimi nüfusun yaşlanmasına, ailelerde sosyal değişmelere, kronik hastalıklara sahip insan sayısındaki artışa, tıbbi teknolojilerdeki gelişmelere, yeni ilaçların ortaya çıkmasına ve sağlık bakımını içeren hükümet baskısına dayandırılabilir. Amaç, insanlara, özellikle yaşlılara, fiziksel veya öğrenme engeli bulunan insanlara ve hastalıktan dolayı yardıma ihtiyacı olan kişilere kendi evlerinde mümkün olduğunca bağımsız yaşama yardımcı olmak için gereken bakım ve desteği sağlamaktır.

Evde sağlık hizmeti verilen hastaların ziyaretlerinin rotaları manuel olarak çıkartılmaktadır. Ancak her bir hasta için ne zaman, hangi aracın ziyaret edileceğini belirlerken uygun rotaların bulunması oldukça güçtür. Bu sebeple evde sağlık hizmetlerinde araç rotalama problemi büyük önem teşkil etmektedir. Evde sağlık hizmetlerinde araç rotalama problemi hem personelin mesaisini verimli kullanmasını hem de maliyetlerin en aza indirilmesini sağlamaktadır.

Çalışmada bir devlet hastanesinin kapsamında evde bakım hizmeti verilen bireylere ulaşımda personellerin hangi rotayı takip edeceği belirlenmiştir. Ele alınan uygulama kapsamında 94 hastanın bulunduğu bir bölgede ekiplerin rotalaması yapılmıştır. Hastane bünyesinde bulunan 4 aracın iki gün boyunca hangi sırayla kimleri ziyaret edeceği belirlenmiştir.

## EVDE SAĞLIK HİZMETLERİNDE STOKASTİK TALEPLİ ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ

Evde sağlık hizmeti; koruyucu, tedavi ve rehabilite edici sağlık bakımı sürekliliğinin etkili biçimde sürdürülmesi amacıyla güden, birey ve aileye yaşadığı ortamda sunulan sağlık bakım hizmetleri yaklaşımıdır. Evde bakım hizmetlerinin tercih edilmesinin nedeni, gereksinim olduğu anda profesyonel sağlık ekibi üyelerinin hasta ve ailesine kendi ev ortamlarında sağlık hizmetini sunabilmesidir. Böylece hasta ve aile kendi ortamlarında takip edilecek ve ekip üyeleri onların gereksinimi olduğu sürece yanlarında olacaktır. Evde bakım hizmetleri, özelliği gereği üç açıdan sınıflandırılabilir. Birincisi; evde bakım, yalnızca tıbbi hizmetlerin verilmesi değil, aynı zamanda bireyin gereksinim duyabileceği sosyal hizmetleri de içine almaktadır. İkincisi; evde bakım, kısa süreli veya uzun süreli olarak sunulmaktadır ve hizmet kapsamları birbirinden farklı olabilmektedir. Kısa süreli sunulan evde bakım hizmetleri, tıbbi hizmet ağırlıklıdır ve çoğunlukla hastalıktan sonra iyileşme dönemi içinde verilmektedir. Bu süre, genel olarak 30 gün ile sınırlandırılmıştır. Uzun süreli evde bakım hizmetleri ise hem tıbbi hem de sosyal bakım hizmetlerini kapsamakla birlikte, sosyal bakım

ağırlıklıdır ve altı aydan daha fazla bakım gereksinim duyulması durumunda verilen hizmetleri kapsamaktadır. Üçüncüsü ise; farklı meslek alanlarındaki uzman ya da yarı uzman kişilerin verdikleri evde bakım ile aile bireylerinin verdikleri evde bakımdır. (Yılmaz vd., 2010;Özer ve Şantaş, 2012).

Evde sağlık bakımı yönlendirme ve zamanlama problemi aynı coğrafi bölgede yaşayan ve evde tedavi edilmesi gereken hastaların bakımını sağlayan bakım işçilerinin planlı ziyareti için rota tasarlamaktır. Burada amaçseyahat masrafları gibi giderleri en aza indirmek ve hastalara verilen hizmetin kalitesini en üst düzeye çıkartmaktır.

Stokastik seyahat zamanlı araç rotalama problemi ise belirsiz çevre şartlarında servis süreleri ve dolaşım sürelerinin rassal değişken olduğu problemidir. Ziyaret edilme durumu belirli olan müşterilerin taleplerini karşılayacak, toplam süreyi en küçükleyecek araç filosunun optimal rotalarını oluşturmak amaçlanır. Talebin belirsiz olduğu rotalama problemleri stokastik talepli araç rotalama problemi olarak modellenerek çözüme ulaşılabilir. Her  $i$  müşterisinin talebi  $t_i$  rastsal değişkendir. Talep değerlerinin hangi dağılıma uyduğu belirlenerek talep belirsizliği ortadan kaldırılabilir.

## TAMSAYILI PROGRAMLAMA YÖNTEMİ

Tamsayı programlama (TP), değişkenlerden bazılarının ya da tümünün tamsayı değerler aldığı bir programlama problemidir. Matematiksel programlama modellerinde kısıtlara bağlı olarak amaç fonksiyonunu en iyileyen çözümler aranır. Tamsayı programlamanın matematiksel modeli, doğrusal programlama modeline, değişkenlerin tamsayı olma kısıtının eklendiği model olarak tanımlanabilir. Tamsayı programlama problemlerinin çoğunda değişkenler bir veya sıfır olarak seçilir. Bunun sebebi değişkenlerin bir işin yapılması veya yapılmaması olarak tanımlanmasıdır (Patır, 2009).

Doğrusal programlama problemlerinde sonuçlar genellikle tam sayı olmayan rastgele pozitif sayılardır. Ancak gerçek hayat problemlerinde sonuçların tam sayı olmasını gerektiren durumlar mevcuttur. Örneğin; masa sandalye gibi üretilecek ürünlerin üretim miktarı tam sayı olarak ifade edilmelidir.

Tüm değişkenlerin tamsayı olduğu bir problemler tamsayı programlama olarak isimlendirilir. Eğer değişkenlerin bazıları tamsayı, bazıları kesirli ise söz konusu sorun karma tamsayı programlama adını alır. Bazı durumlarda tamsayı değişkenler sadece 0 veya 1 değerlerini alabilir. Bu tip sorunlar da karma 0-1 programlama veya karma ikili tamsayı programlama olarak isimlendirilir (Durmuş, 2018). Literatürde tam sayılı programlamanın kullanıldığı çeşitli uygulama alanları bulunmaktadır. Yorgancı ve Eren (2013) tek makineli çizelgelemede, Al ve Eren (2012); Altunay ve Eren (2016) ders programı çizelgelemede, Santos vd. (2016) hemşire basamak probleminde, Lara vd. (2018) elektrik güç altyapı planlamasında, De Bruecker vd. (2018) uçak bakım planlamasında, Pour vd. (2018) bakım ekibi çizelgelemede, de Kruijff vd. (2018) üretim planlamasında tamsayı programlama kullanılmıştır.

Doğrusal programlamanın genel ifadesi (Schrijver,1998);

Amaç fonksiyonu,

$$z_{enb/enk} = \sum_{j=1}^n c_j X_j$$

Kısıtlar,

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_{ij} (\leq; =; \geq) b_i \quad i = (1,2, \dots, m)$$

$$X_{ij} = 0 - 1$$



## ULUSLARARASI SAĞLIK YÖNETİMİ VE STRATEJİLERİ ARAŞTIRMA DERGİSİ

INTERNATIONAL JOURNAL OF HEALTH MANAGEMENT AND STRATEGIES RESEARCH

Cilt/Volume : 4 Sayı/Issue : 3 Yıl/Year : 2018 ISSN -2149-6161

### LİTERATÜRDE YER ALAN ÇALIŞMALAR

Hareket kısıtlılığı olan, yatağa bağımlı ya da ağır hastalığı olan hastalar için sağlık çalışanları ile sağlık hizmetimin ev şartlarında buluşturulması olarak tanımlanan evde sağlık hizmeti, literatürde son yıllarda önem kazanmaya başlamıştır. Araştırmacılar ele aldıkları problemin boyutu, yapısı ya da kısıtlarına göre çeşitli çözüm yaklaşımları geliştirmişlerdir. Tablo 1 incelendiğinde bu çözüm yaklaşımları sezgisel ve optimal yöntemler olarak çeşitlendiği görülmektedir. En iyi sonucun elde edildiği optimal yöntemlerin yanı sıra problemin boyutundan kaynaklı kısıtlamalar ile geliştirilen en iyiye yakın çözüm elde edilen sezgisel yöntemlerinde kullanıldığı görülmektedir. Hiermann vd. (2015) çalışması incelendiğinde evde sağlık hizmet için optimal bir yaklaşım geliştirildiği görülmektedir. Hastalara evde bakım personeli atamak ve hem hasta hem de personel memnuniyetini sağlamayı amaçlamışlardır. Ele aldıkları gerçek hayat problemi ile bu problem tipine çözüm sağlayan genel bir çerçeve geliştirmişlerdir. Böylece devam eden çalışmalar boyunca kurdukları modeli sürekli geliştirmeyi amaçlamışlardır. Aynı şekilde evde sağlık hizmetlerine olan talebi karşılayabilmek için faaliyetleri optimize etmeye odaklanan Braekers vd. (2016), evde bakım hizmetlerini yönlendirme ve çizelgeleme olarak iki boyutta ele almışlardır. Bu bağlamda operasyonel maliyetleri en aza indirgeyip personel ve hasta tercihlerini dikkate almaya çalışmışlardır. Çözüm sürecinde ise birbirleri ile çelişen çok sayıda hedefle karşı karşıya kalmışlardır.

Öte yandan problemin içerdiği belirsizlikleri ve birbirleri ile çelişen bu hedefleri çözüm sürecine yansıtmaya yardımcı olan sezgisel algoritmalar ise araştırmacılar tarafından son yıllarda tercih edilmeye başlanmıştır. Tablo 2 ve Tablo 3 birlikte incelendiğinde problem içerisinde bazı kısıtlara özellikle odaklanıldığı görülmektedir. Hastanın zaman penceresi, bakım görevlisinin zaman penceresi, çalışma zamanı ve yeterlilik kısıtlarına yoğunlaşmıştır. Her biri çözümü zorlaştıran kısıtlar olmak üzere çalışmalarda eş zamanlı olarak gerçekleştirilmek istenmiştir. Probleme makul zamanda optimal sonuca yakın sonuçlar elde edilmesini sağlayan sezgisel yöntemler çelişkilerin arttığı noktada tercih edilmektedir. Redjem ve Marcon (2016) problemlerinde bu çözüm zorluklarına dikkat çekmişler ve ele aldıkları problem için sezgisel algoritma önermişlerdir. Modelde hasta bakıcı başına düşen bakım faaliyetlerinin sayısı ile geçici bağımlılık oranları arasındaki bağlantıyı kanıtlamışlardır. Literatürde evde sağlık hizmeti ile ilgili yer alan çalışmalar çözüm yöntemlerine göre Tablo 1’de tasnif edilmiştir.

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde çoğunlukta optimal yöntemlerin kullanıldığı gözlemlenmiştir. Sonrasında sezgisel, metasezgisel, optimal-metasezgisel çalışmalar sırasıyla yer almaktadır. Literatürde sıklıkla kullanılan kısıtlar Tablo 2’de gösterildiği gibidir. Kısıtların hangi çalışmalarda kullanıldığı ise Tablo 3’te detaylı bir şekilde verilmiştir.



**Tablo 1** Literatürdeki çalışmaların çözüm yöntemleri

Yazar(lar)	Yıl	Çözüm Yöntemi	Yazar(lar)	Yıl	Çözüm Yöntemi
Fernandez vd.	1974	Tahmin	Liu vd.	2013	Sezgisel
Begur vd.	1997	Sezgisel	Mutingi Mbohwa &	2014	Metasezgisel
De Angelis	1998	Optimal	Bard vd.	2014	Optimal
Hindle vd.	2000	Sezgisel	Carello & Lanzarone	2014	Optimal
Bertels ve Fahle	2006	Metasezgisel	Mankowska vd.	2014	Optimal / Metasezgisel
Eveborn vd.	2006	Sezgisel	Mutingi Mbohwa &	2014	Metasezgisel
Akçiratıkarl vd.	2007	Metasezgisel (PSO)	Liu vd.	2014	Optimal
Ikegami & Uno	2007	Optimal	Trautsmawieser ve Hirsch	2014	Optimal
Bredström & Rönqvist	2008	Optimal / Metasezgisel	Lanzarone & Matta	2014	Optimal
Bachouch vd.	2009	Optimal	Hiermann vd.	2015	Optimal
Bräysy vd.	2009	Optimal	Duque vd.	2015	Optimal
Dohn vd.	2009	Optimal	Wirnitzer vd.	2015	Optimal
Hertz & Lahrichi	2009	Optimal / Metasezgisel (Tabu Arama)	Fikar & Hirsch	2015	Metasezgisel
Bennett & Erera	2011	Sezgisel	Bowers vd.	2015	Sezgisel / Benzetim
Trautsmawieser & Hirsch	2011	Optimal / Metasezgisel	Cappanera & Scutellá	2015	Optimal
Trautsmawieser vd.	2011	Optimal	Maya Duque vd.	2015	Metasezgisel
Rasmussen vd.	2012	Optimal	Rodriguez vd.	2015	Optimal
Koeleman vd.	2012	Metasezgisel	Mısır vd.	2015	Sezgisel
Barrera vd.	2012	Optimal / Metasezgisel	Yuan vd.	2015	Optimal
Rendl vd.	2012	Optimal	Issaoui vd.	2015	Optimal
Nickel vd.	2012	Metasezgisel	Braekers vd.	2016	Optimal
Shao vd.	2012	Optimal / Metasezgisel (GRASP)	Hewitt vd.	2016	ConRTR algoritması
Allaoua vd.	2013	Metasezgisel	Yalçındag vd.	2016	Optimal / Metasezgisel (GA)
Bard vd.	2013	Optimal	Redjem Marcon &	2016	Sezgisel
Bennett-Milburn & Spicer	2013	Metasezgisel	Rest & Hirsch	2016	Metasezgisel (Tabu Arama)
Cappanera & Scutellá	2013	Optimal	Liu vd.	2017	Optimal

PSO: Parçacık Sürüsü Optimizasyonu; GA: Genetik Algoritma

**Tablo 2 Literatürde en çok kullanılan kısıtlar**

Kısıt	Kısıt No	Kısıt Açıklama	Kısıt	Kısıt No	Kısıt Açıklama
HZP	1	Hastanın zaman penceresi	FM	7	Fazla mesai
BGZP	2	Bakım görevlisinin zaman penceresi	İD	8	İş gücü dengeleme
ÇZ	3	Çalışma zamanı	M	9	Mola
Y/B	4	Yeterlilik/Beceri	T	10	Tatiller
BS	5	Bakımın sürekliliği	B	11	Belirsizlik
Ö	6	Öncelikler	B	11	Belirsizlik

**Tablo 3 Literatürde çalışmalarda kullanılan kısıtlar**

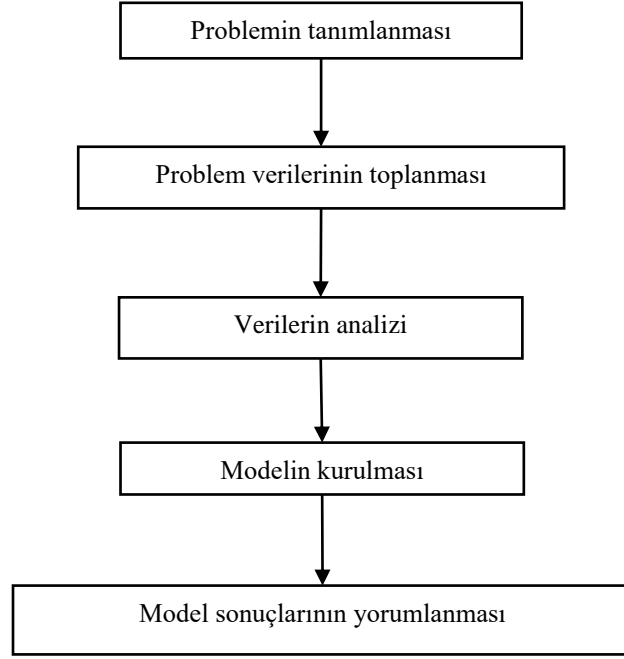
Yazar(lar)	Yıl	Kısıtlar											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Fernandez vd.	1974												X
Begur vd.	1997	X	X	X	X								
De Angelis	1998												
Hindle vd.	2000			X									
Bertels ve Fahle	2006	X	X	X	X								
Eveborn vd.	2006	X			X		X			X			
Akçiratıkarl vd.	2007	X		X									
Ikegami & Uno	2007		X			X							
Bredström & Rönnqvist	2008	X	X	X	X		X						X
Bachouch vd.	2009	X	X	X	X								
Bräysy vd.	2009	X		X									
Dohn vd.	2009	X	X		X								X
Hertz & Lahrachi	2009				X								
Bennett & Erera	2011	X	X	X									
Trautsmawieser & Hirsch	2011	X	X	X	X					X			
Trautsmawieser vd.	2011	X	X	X	X		X	X		X			X
Rasmussen vd.	2012	X	X		X								
Koeleman vd.	2012												
Barrera vd.	2012	X	X										
Rendl vd.	2012	X	X	X	X		X						

**Tablo 3- Literatürde çalışmalarda kullanılan kısıtlar (Devamı)**

Yazar(lar)	Yıl	Kısıtlar										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Nickel vd.	2012											
Shao vd.	2012	X	X		X					X		
Allaoua vd.	2013	X	X		X							
Bard vd.	2013		X	X			X			X	X	
Bennett-Milburn & Spicer	2013			X								
Cappanera & Scutellá	2013			X	X							
Liu vd.	2013	X	X									
Mutingi & Mbohwa	2014	X	X		X				X			
Bard vd.	2014		X	X			X			X	X	X
Carello & Lanzarone	2014			X	X	X						
Mankowska vd.	2014	X	X		X		X					
Mutingi & Mbohwa	2014	X	X		X							X
Liu vd.	2014	X				X						
Trautsmawieser & Hirsch	2014	X	X	X	X					X		
Lanzarone & Matta	2014			X	X							
Hiermann vd.	2015	X	X	X	X							X
Duque vd.	2015	X	X	X	X	X	X					
Wirnitzer vd.	2015											X
Fikar & Hirsch	2015	X	X	X	X					X		X
Bowers vd.	2015			X								
Cappanera & Scutellá	2015	X	X	X	X	X						
Maya Duque vd.	2015	X	X	X	X	X						
Rodriguez vd.	2015			X	X							X
Mısır vd.	2015	X	X	X	X							X
Yuan vd.	2015	X	X	X	X							
Issaoui vd.	2015	X		X	X							
Braekers vd.	2016	X	X	X	X		X	X	X			
Hewitt vd.	2016	X	X			X						
Yalçındag vd.	2016			X					X			
Redjem & Marcon	2016	X	X				X					
Rest & Hirsch	2016	X	X	X	X					X		
Liu vd.	2017	X	X		X					X		

## UYGULAMA

Uygulamada bir devlet hastanesinin evde bakım hizmetlerinde görevli ekiplerin rota planları oluşturulmuştur. Uygulama akış şeması Şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1 Uygulama akış şeması

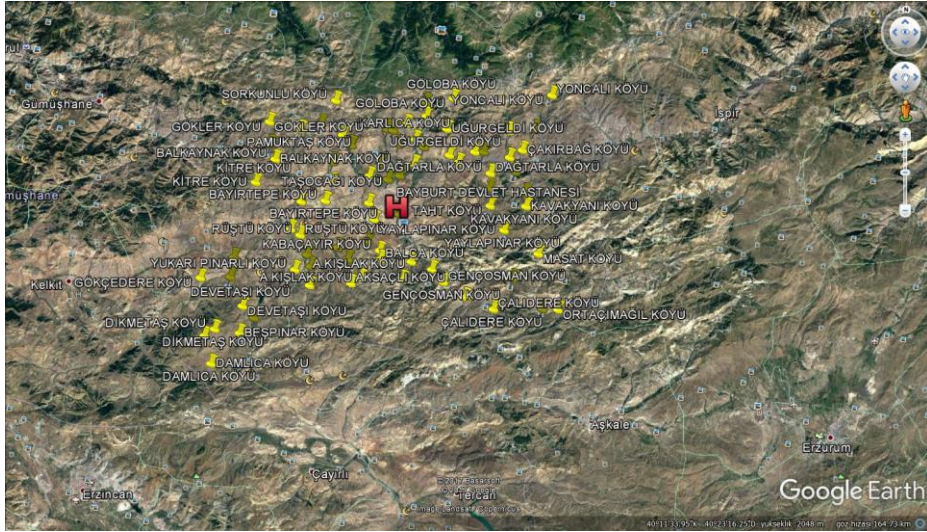
### Problemin Tanımlanması

Evde bakım hizmeti Sağlık Bakanlığı tarafından hayata geçirilen “Sağlıkta Dönüşüm Projesi” kapsamında 2011 yılı ocak ayı itibarıyla ülke genelinde uygulamaya geçirilmiştir. Uygulamada bir devlet hastanesi tarafından yürütülen evde bakım hizmeti veren personellerin izleyeceği rotanın bulunması araç rotalama problemi olarak ele alınmıştır. Birimde görevli 4 şoför, 6 hemşire, 4 sağlık memurunun hangi araçla hangi hastaya ne zaman gideceği belirlenmiştir.

### Verilerin Toplaması

Devlet hastanesinde evde bakım hizmeti için tahsis edilmiş 2 ambulans ve 2 evde bakım hizmeti aracı bulunmaktadır. Her araçta 1 şoför, 1 hemşire ve 1 sağlık memuru bulunmaktadır. İlde evde bakım hizmeti almakta olan 156’sı köy ve beldelerde, 277’si şehir merkezinde olmak üzere toplamda 433 hasta bulunmaktadır. Çalışma kapsamında haftalık ziyaret edilmesi gereken ve köylerde yaşayan 94 hastanın bulunduğu bir bölgede rotalama yapılmıştır. Bölgedeki 94 hasta 40 köyde ikamet etmektedir. Bölgenin haritası Şekil 2’de gösterilmektedir.





Şekil 2. Köyler ve hastanenin haritadaki görünümü

Köylerin bulunduğu konumlar arası mesafeler ve konumlar arası süre Google Earth 7.1.8.3036 sürümü ile belirlenmiştir. Köylerdeki hasta sayıları Tablo 4’te gösterilmektedir. Belirlenen 40 köy 2’den 41’e kadar numaralandırılmıştır. 1 numaralı nokta hastane olarak belirlenmiştir.

Tablo 4. Köylerdeki hasta sayıları

Köy	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Hasta sayısı	2	5	2	1	3	1	3	3	2	2	5	1	3	
Köy	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
Hasta sayısı	3	3	2	2	4	2	4	2	1	2	3	4	1	
Köy	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
Hasta sayısı	3	2	1	1	1	1	2	3	5	2	1	1	4	1

Ekipler bir köye gittiğinde o köydeki bütün hastaların tedavilerini gerçekleştirdiği için köydeki hastaların tedavi süreleri toplamı alınmıştır. Her köy için tedavi ve hazırlık süreleri toplamı Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5. Köylerdeki hastaların toplam tedavi süreleri

Konum	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Tedavi Süresi (dk)	54	155	58	31	81	30	84	93	58	52	145	27	90	
Konum	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
Tedavi Süresi (dk)	93	90	50	60	108	56	96	52	24	46	90	92	29	
Konum	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
Tedavi Süresi (dk)	75	48	30	25	24	26	52	87	125	60	31	31	108	23

## Varsayımların Belirlenmesi

Problemin varsayımları şunlardır;

Hastaların tedavi sürelerinin 18-26 dakika arasında normal dağıldığı varsayılmıştır.

Her hasta için tedavi hazırlık süresinin 5 dakika olduğu varsayılmıştır.

Konumlar arası seyahat süresi Google Maps API geçmiş veri tahmin yöntemine göre belirlenmiştir.

İki konum arası gidiş ve dönüşlerin eşit mesafe olduğu varsayılmıştır.

Her ekibin her hastayı tedavi edebileceği varsayılmıştır.

Her aracın her hastayı ziyaret edebileceği varsayılmıştır.

Her ekibin 480 dakika çalıştığı ve mola vermediği varsayılmıştır.

### Notasyon ve Parametreler

N=bütün düğümlerin kümesi	$N=\{0,1,\dots,N\}$
$N_0$ =hastaların bulunduğu düğümlerin kümesi	$N_0=\{1,\dots,N_0\}$
i,j,p=konum indisi	$i,j,p=1,2,\dots,N$
k=ekip indisi	$k=1,2,\dots,K$
m=gün indisi	$m=1,2,\dots,M$
$d_{ij}$ = i. konum ile j. konum arası uzaklık	
$z_{ij}$ = i. konumdan j. konuma gitmek için gerekli süre	
$h_i$ = i. konumdaki hasta sayısı	
$t_i$ = i. konumdaki hastaların hazırlık ve tedavi sürelerinin toplamı	

### Karar Değişkenleri

$u_i$ = i. konumdan sonra alt tur oluşmasını engelleyecek değer	$\forall i$
$a_{km}$ = k. ekibin m. gün ziyaret ettiği hasta sayısı	$\forall k, m$
$X_{ijkm} = \begin{cases} 1, & \text{i. konumdan j. konuma k. ekip m. gün giderse} \\ 0, & \text{diğer durumda} \end{cases}$	$\forall i, j, k, m$

### Matematiksel Model

#### Kısıtlar

*Kısıt 1-2:* Her bir konumun herhangi bir gün herhangi bir ekip tarafından ziyaret edilmesini sağlayan kısıtlar:

$$\sum_{i \neq j}^N \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M X_{ijkm} = 1 \quad \forall j \quad (1)$$

$$\sum_{j \neq i}^N \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M X_{ijkm} = 1 \quad \forall i \quad (2)$$

*Kısıt 3-4:* Her bir ekibin her gün hastaneden çıkış yapmasını ve tekrar hastaneye dönmesini sağlayan kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^N X_{1jkm} = 1 \quad \forall k, m \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^N X_{i1km} = 1 \quad \forall k, m \quad (4)$$

*Kısıt 5-6:* Her bir ekibin hafta boyunca ziyaret ettiği toplam hasta sayılarını dengeleyen kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \sum_{m=1}^M X_{ijkm} = a_k \quad \forall k \quad (5)$$

$$a_k - a_{k+1} \leq 3 \quad \forall k \quad (6)$$

*Kısıt 7:* Çalışanların mesai kısıtı

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (z_{ij} + t_i) * X_{ijkm} \leq 480 \quad \forall k, m \quad (7)$$

*Kısıt 8:* Turun akış kısıtı:

$$\sum_{i=1}^N X_{ipkm} - \sum_{j=1}^N X_{pjkm} = 0 \quad \forall k, m, p \quad (8)$$

*Kısıt 9:* Alt tur önleme kısıtı:

$$u_i - u_j + N \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^M X_{ijkm} \leq N - 1 \quad i, j \in N_o \quad (9)$$

#### **Amaç fonksiyonu**

Çalışmanın amaç fonksiyonu toplam mesafelerin en azlanmasıdır. Problemin amaç fonksiyonu Eşitlik 10'da gösterilmektedir.

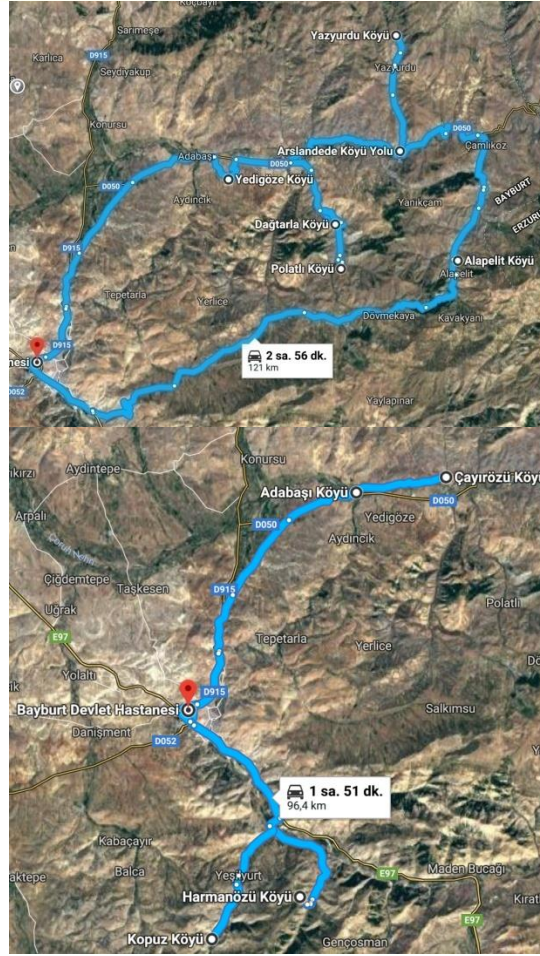
$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M d_{ij} * X_{ijkm} \quad (10)$$

#### **Model Sonucunun Yorumlanması**

Uygulama sonucunda ekip 1'in ziyaret rotası Şekil 3'te gösterilmiştir. Şekilde 1. ve 2. gün için rotalar görülmektedir.

Atamalar sonucunda elde edilen genel sonuç Tablo 6'da gösterilmektedir. 1. gün ve 2. gün sırasıyla 11 ve 13 hastaya bakılmaktadır.



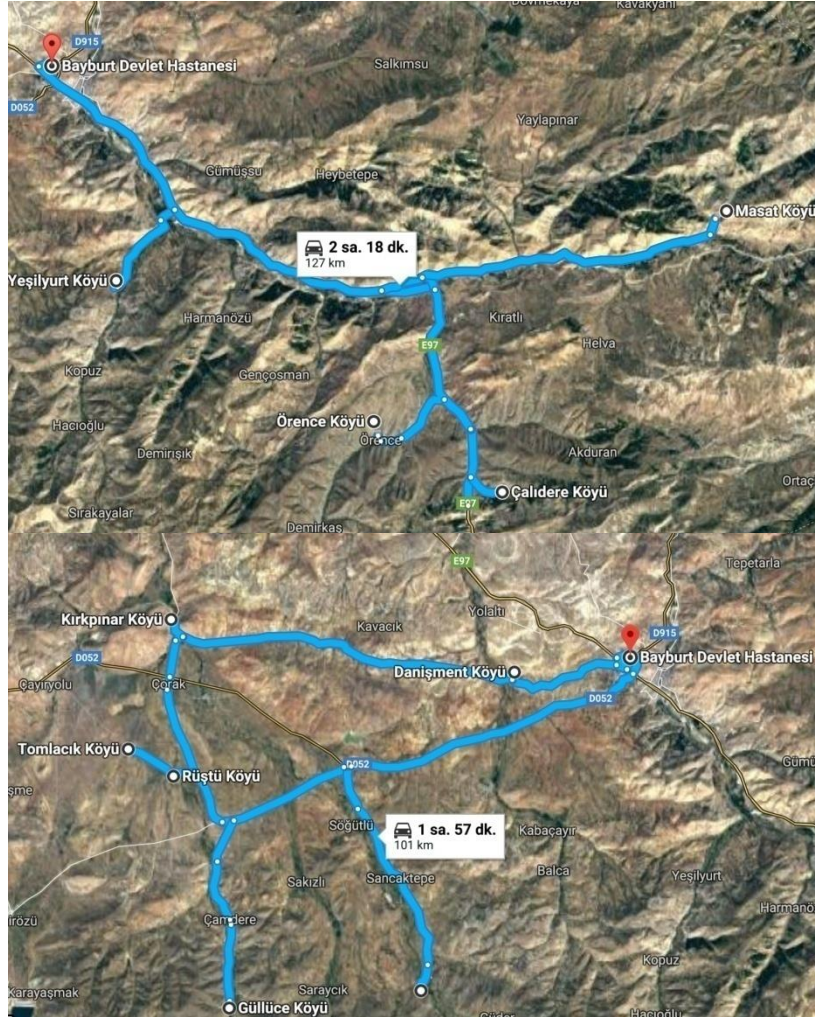


Şekil 3 Ekip 1'in rotası

Tablo 6 Ekip 1 için uygulama sonucu

EKİP-1	Toplam Hasta	Toplam (dk) seyahat süresi	Toplam (dk) tedavi süresi	Toplam Süre (dk)	Toplam Mesafe (km)
1.GÜN	11	174	306	480	121
2.GÜN	13	111	350	461	96,4

Ekip 2 için uygulama sonucunda elde edilen rota Şekil 4'te gösterildiği gibidir.



Şekil 4 Ekip 2'nin rotası

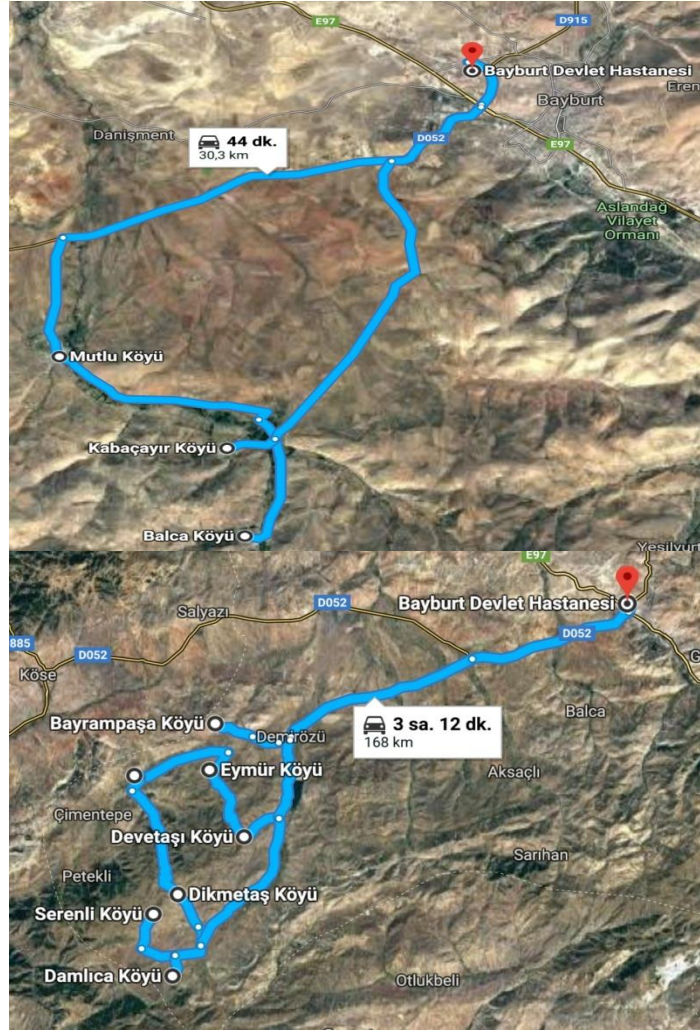
Ekip 2 için 2 günlük periyotta elde edilen veriler Tablo 7'de gösterildiği gibidir.

Tablo 7 Ekip 2'nin uygulama sonucu

EKİP-2	Toplam Hasta	Toplam (dk) seyahat süresi	Toplam (dk) tedavi süresi	Toplam Süre (dk)	Toplam Mesafe (km)
1.GÜN	13	117	362	479	101
2.GÜN	11	138	328	466	127

Ekip 3 için uygulama sonucunda elde edilen rota Şekil 5'te gösterildiği gibidir.





**Şekil 5 Ekip 3 için uygulama sonucunda elde edilen rota**

Uygulama sonucunda ekip 3'ün 1. ve 2. gün için elde edilen veriler Tablo 8'de gösterildiği gibidir. 1. gün 13 hastaya bakılırken 2. gün 9 hastaya bakılmasının sebebi seyahat ve tedavi sürelerindeki değişimdir.

**Tablo 8 Ekip 3'ün uygulama sonucu**

EKİP-3	Toplam Hasta	Toplam (dk) seyahat süresi	Toplam (dk) tedavi süresi	Toplam Süre (dk)	Toplam Mesafe (km)
1.GÜN	13	192	288	480	168
2.GÜN	9	86	243	329	30,3

Ekip 4 için uygulama sonucunda elde edilen rota Şekil 6'da gösterildiği gibidir.



Şekil 6 Ekip 4 için uygulama sonucundaki rota

Uygulama sonucunda elde edilen veriler Tablo 9'da gösterildiği gibidir.

Tablo 9 Ekip 4'ün uygulama sonucu

EKİP-4	Toplam Hasta	Toplam (dk) seyahat süresi	Toplam (dk) tedavi süresi	Toplam Süre (dk)	Toplam Mesafe (km)
1.GÜN	11	62	316	378	53,1
2.GÜN	13	109	329	438	80,4



Ekiplerin 2 günlük periyod için genel sonuçları Tablo 10’da gösterildiği gibidir. Uygulama sonucuna bakıldığında hastaların ekiplere dağılımının eşit olduğu gözlemlenmiştir. Mesai süreleri incelendiğinde 6.7 ve 7.8 arasında değiştiği görülmektedir. Bu durum kısıtlarımızın sağlandığını göstermektedir.

**Tablo 10 Uygulama sonucu**

	EKİP	Toplam hasta	Toplam (dk) seyahat süresi	Toplam (dk) tedavi süresi	Toplam Süre (dk)	Toplam Mesafe (km)
1. VE 2. GÜN	EKİP-1	24	285	656	941	217,4
	EKİP-2	24	255	690	945	228
	EKİP-3	22	278	531	809	198,3
	EKİP-4	24	171	645	816	133,5
	<b>Toplam</b>	<b>94</b>	<b>989</b>	<b>2522</b>	<b>3511</b>	<b>777,2</b>

## SONUÇ

Ülke nüfusumuz giderek yaşlanmaktadır. Bununla birlikte sağlık hizmetinin önemi gün geçtikçe artmıştır. Sağlıkta son yıllarda yaşanan gelişmeler sağlık hizmetlerinde alternatifler oluşturmuştur. Hastalara sunulan hizmet standartları artmıştır. Bu çalışmada bir devlet hastanesi evde sağlık hizmetleri için araç rotalama problemi ele alınmıştır. Problemin çözümünde 0-1 tamsayılı programlama yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda birimde görevli 4 ekibin hangi gün hangi sırayla hangi hastaları ziyaret edeceği belirlenmiştir. Bu sayede hastalara daha kısa sürede ulaşılmış ve personellerin güzergahları daha doğru planlandığı için zaman ve maliyet tasarrufu sağlanmıştır. İleride yapılacak çalışmalarda; Sağlık Bakanlığı evde bakım hizmeti yönergesine göre planlama yapılabilir. Personellerin ücretleri çalışmaya dahil edilebilir. Kullanılacak ekipmanlar planlama kapsamına alınabilir. Personellerin mola ve yemek sürelerini içeren planlama yapılabilir. Personellerin yetkinlikleri dikkate alınarak planlama yapılabilir. Aynı zamanda hastaların durumuna göre ziyarette kullanılacak araç tipi modele eklenebilir.

## KAYNAKÇA

Akçiratikarlı, 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.

Allaoua, H., Borne, S., Létocart, L., & Calvo, R. W. (2013). A matheuristic approach for solving a home health care problem. *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, 41, 471-478.



## ULUSLARARASI SAĞLIK YÖNETİMİ VE STRATEJİLERİ ARAŞTIRMA DERGİSİ

INTERNATIONAL JOURNAL OF HEALTH MANAGEMENT AND STRATEGIES RESEARCH

Cilt/Volume : 4 Sayı/Issue : 3 Yıl/Year : 2018 ISSN -2149-6161

Altunay, H.& Eren, T. (2016). Ders Programı Çizelgeleme Problemi için 0-1 Tamsayı Programlama Modeli ve Bir Örnek Uygulama. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 21 (2), 473-488.

Al A.& Eren T. (2012). Tamsayı programlama modeli ile ders çizelgeleme problemi: Bir örnek uygulama”, *Kırıkkale Üniversitesi Bilimde Gelişmeler Dergisi*, 1 (2), 47-55.

Bachouch, R. B., Guinet, A., & Hajri-Gabouj, S. (2011). A Decision-Making Tool for Home Health Care Nurses' Planning. Paper presented at the Supply Chain Forum: an International Journal.

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.

Bard, J. F., Shao, Y., & Wang, H. (2013). Weekly scheduling models for traveling therapists. *Socio-Economic Planning Sciences*, 47(3), 191-204.

Barrera, D., Velasco, N., & Amaya, C. A. (2012). A network-based approach to the multi-activity combined timetabling and crew scheduling problem: Workforce scheduling for public health policy implementation. *Computers & Industrial Engineering*, 63(4), 802-812.

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.

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.

Bertels, S., & Fahle, T. (2006). A hybrid setup for a hybrid scenario: combining heuristics for the home health care problem. *Computers & Operations Research*, 33(10), 2866-2890.

Bowers, J., Cheyne, H., Mould, G., & Page, M. (2015). Continuity of care in community midwifery. *Health care management science*, 18(2), 195-204.

Braekers, K., Hartl, R. F., Parragh, S. N., & Tricoire, F. (2016). A bi-objective home care scheduling problem: Analyzing the trade-off between costs and client inconvenience. *European Journal of Operational Research*, 248(2), 428-443.

Bräysy, O., Dullaert, W., & Nakari, P. (2009). The potential of optimization in communal routing problems: case studies from Finland. *Journal of transport geography*, 17(6), 484-490.

Bredström, D., & Rönnqvist, M. (2008). Combined vehicle routing and scheduling with temporal precedence and synchronization constraints. *European Journal of Operational Research*, 191(1), 19-31.

Cappanera, P., & Scutellà, M. G. (2013). Home Care optimization: impact of pattern generation policies on scheduling and routing decisions. *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, 41, 53-60.

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.

De Bruecker, P., Beliën, J., Van den Bergh, J., & Demeulemeester, E. (2018). A three-stage mixed integer programming approach for optimizing the skill mix and training schedules for aircraft maintenance. *European Journal of Operational Research*, 267(2), 439-452.



## ULUSLARARASI SAĞLIK YÖNETİMİ VE STRATEJİLERİ ARAŞTIRMA DERGİSİ

INTERNATIONAL JOURNAL OF HEALTH MANAGEMENT AND STRATEGIES RESEARCH

Cilt/Volume : 4 Sayı/Issue : 3 Yıl/Year : 2018 ISSN -2149-6161

De Kruijff, J. T., Hurkens, C. A., & de Kok, T. G. (2018). Integer programming models for mid-term production planning for high-tech low-volume supply chains. *European Journal of Operational Research*, 269(3), 984-997.

De Angelis, V. (1998). Planning home assistance for AIDS patients in the city of Rome, Italy. *Interfaces*, 28(3), 75-83.

Dohn, A., Kolind, E., & Clausen, J. (2009). The manpower allocation problem with time windows and job-teaming constraints: A branch-and-price approach. *Computers & Operations Research*, 36(4), 1145-1157.

Duque, P. M., Castro, M., Sørensen, K., & Goos, P. (2015). Home care service planning. The case of Landelijke Thuiszorg. *European Journal of Operational Research*, 243(1), 292-301.

Durmuş, B. (2018). Tamsayılı Programlamada Klasik Ve Greedy Sezgisel Algoritma Sonuçlarının Karşılaştırılması. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

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.

Fernandez, A., Gregory, G., Hindle, A., & Lee, A. (1974). A model for community nursing in a rural county. *Operational Research Quarterly*, 231-239.

Fikar, C., & Hirsch, P. (2015). A matheuristic for routing real-world home service transport systems facilitating walking. *Journal of Cleaner Production*, 105, 300-310.

Hertz, A., & Lahrichi, N. (2009). A patient assignment algorithm for home care services. *Journal of the Operational Research Society*, 60(4), 481-495.

Hewitt, M., Nowak, M., & Nataraj, N. (2016). Planning Strategies for Home Health Care Delivery. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 33(05), 1650041.

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.

Hindle, T., Hindle, A., & Spollen, M. (2000). Resource allocation modelling for home-based health and social care services in areas having differential population density levels: a case study in Northern Ireland. *Health services management research*, 13(3), 164-169.

Ikegami, A., & Uno, A. (2007). Bounds For Staff Size In Home Help Staff Scheduling (< Special Issue> the 50th Anniversary of the Operations Research Society of Japan). *Journal of the Operations Research Society of Japan*, 50(4), 563-575.

Issaoui, B., Zidi, I., Marcon, E., & Ghedira, K. (2015). New multi-objective approach for the home care service problem based on scheduling algorithms and variable neighborhood descent. *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, 47, 181-188.

Koeleman, P. M., Bhulai, S., & van Meersbergen, M. (2012). Optimal patient and personnel scheduling policies for care-at-home service facilities. *European Journal of Operational Research*, 219(3), 557-563.





## ULUSLARARASI SAĞLIK YÖNETİMİ VE STRATEJİLERİ ARAŞTIRMA DERGİSİ

INTERNATIONAL JOURNAL OF HEALTH MANAGEMENT AND STRATEGIES RESEARCH

Cilt/Volume : 4 Sayı/Issue : 3 Yıl/Year : 2018 ISSN -2149-6161

Lara, C. L., Mallapragada, D. S., Papageorgiou, D. J., Venkatesh, A., & Grossmann, I. E. (2018). Deterministic electric power infrastructure planning: Mixed-integer programming model and nested decomposition algorithm. *European Journal of Operational Research*, 271(3), 1037-1054.

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.

Milburn, A. B., & Spicer, J. (2013). Multi-objective home health nurse routing with remote monitoring devices. *International Journal of Planning and Scheduling*, 1(4), 242-263.

Mısır, M., Smet, P., & Berghe, G. V. (2015). An analysis of generalised heuristics for vehicle routing and personnel rostering problems. *Journal of the Operational Research Society*, 66(5), 858-870.

Mutingi, M., & Mbohwa, C. (2014). Multi-objective homecare worker scheduling: A fuzzy simulated evolution algorithm approach. *IIE Transactions on Healthcare Systems Engineering*, 4(4), 209-216.

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.

Özer, Ö., & Şantaş, F. (2012). Kamunun sunduğu evde bakım hizmetleri ve finansmanı. *Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 3(2), 96-103.

Patir, S. (2009). Tam Sayılı Programlama Ve Malatya Maksan Transformator İşletmesinde Bir Uygulama. *Ataturk University Journal of Economics & Administrative Sciences*, 23(1), 193-206.

Pour, S. M., Drake, J. H., Ejlertsen, L. S., Rasmussen, K. M., & Burke, E. K. (2018). A hybrid Constraint Programming/Mixed Integer Programming framework for the preventive signaling maintenance crew scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, 269(1), 341-352.

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.

Redjem, R., & Marcon, E. (2016). Operations management in the home care services: a heuristic for the caregivers' routing problem. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 28(1-2), 280-303.

Rendl, A., Prandtstetter, M., Hiermann, G., Puchinger, J., & Raidl, G. R. (2012). Hybrid Heuristics for Multimodal Homecare Scheduling. Paper presented at the CPAIOR.

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.

Rodriguez, C., Garaix, T., Xie, X., & Augusto, V. (2015). Staff dimensioning in homecare services with uncertain demands. *International Journal of Production Research*, 53(24), 7396-7410.

Santos, H. G., Toffolo, T. A., Gomes, R. A., & Ribas, S. (2016). Integer programming techniques for the nurse rostering problem. *Annals of Operations Research*, 239(1), 225-251.

Shao, Y., Bard, J. F., & Jarrah, A. I. (2012). The therapist routing and scheduling problem. *Iie Transactions*, 44(10), 868-893.

Schrijver, A. (1998). *Theory of linear and integer programming*. John Wiley & Sons.



## ULUSLARARASI SAĞLIK YÖNETİMİ VE STRATEJİLERİ ARAŞTIRMA DERGİSİ

INTERNATIONAL JOURNAL OF HEALTH MANAGEMENT AND STRATEGIES RESEARCH

Cilt/Volume : 4 Sayı/Issue : 3 Yıl/Year : 2018 ISSN -2149-6161

Trautsamwieser, A., Gronalt, M., & Hirsch, P. (2011). Securing home health care in times of natural disasters. *OR spectrum*, 33(3), 787-813.

Trautsamwieser, A., & Hirsch, P. (2011). Optimization of daily scheduling for home health care services. *Journal of Applied Operational Research*, 3(3), 124-136.

Wirmitzer, J., Heckmann, I., Meyer, A., & Nickel, S. (2016). Patient-based nurse rostering in home care. *Operations Research for Health Care*, 8, 91-102.

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

Yılmaz, M., Sametoğlu, F., Akmeşe, G., Tak, A., Yağbasan, B., Gökçay, S., Erdem, S. (2010). Sağlık hizmetinin alternatif bir sunum şekli olarak evde hasta bakımı. *İstanbul Tıp Dergisi*, 11, 125-132.

Yorgancı C.&Eren T. (2013). Tek makineli çizelgelemede takım değişikliği durumunda maksimum gecikme minimizasyonu: Tamsayı programlama modeli. *International Journal of Engineering Research and Development* 5 (1).

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