



Journal of Turkish Operations Management

Evde sağlık hizmetlerinin planlanması: Araç rotalama ve ekip çizelgeleme

Kevser Yurdakul¹, Hacı Mehmet Alakaş², Tamer Eren^{3*}

¹Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale
e-mail: yurdakulkevser@gmail.com, ORCID No: <http://orcid.org/0000-0002-8942-7187>

²Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale
e-mail: hmalagas@kku.edu.tr, ORCID No: <http://orcid.org/0000-0002-9874-7588>

³Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale
e-mail: teren@kku.edu.tr, ORCID No: <http://orcid.org/0000-0001-5282-3138>

*Sorumlu yazar

Makale Bilgisi

Makale Geçmişi:

Geliş: 14.03.2021
Revize: 30.04.2021
Kabul: 02.05.2021

Anahtar Kelimeler:

Evde Sağlık Hizmetleri,
Ekip Çizelgeleme,
Rotalama,
Tam Sayılı Doğrusal Programlama

Özet

Değişen ve gelişen dünyada, artan nüfus ve ortalama yaşam süresinin uzaması sebebiyle nüfus yaşlanmaktadır. Yaşlanan nüfus da hastalığı, bakım ihtiyacını beraberinde getirmekte ve sağlık sistemi üzerindeki yükü artırmaktadır. Bu nedenle yaşlı/hasta, bakıma muhtaç bireyler için Evde Sağlık Hizmetleri (ESH) sunulmaktadır. ESH, sağlık personellerinin hastaları evlerinde ziyaret ederek sundukları çeşitli sağlık hizmetlerini kapsamaktadır. Bu hizmetler, hasta taleplerinin artması ve kaynakların sınırlı olmasından dolayı etkin ve verimli bir şekilde planlanmalıdır. Bu bağlamda iki temel problem ile karşılaşılmaktadır: Atama ve rotalama. Yapılan çalışmada Ankara Eğitim Araştırma Hastanesi ESH Birimi'nden alınan gerçek verilerle 11 personel ve farklı konumlarda bulunan, 138 hastanın ziyaret planı oluşturulmuştur. İlk olarak Model-1'de iş yükünün minimize edilmesi amacıyla, farklı niteliklere sahip personelden ekipler oluşturulmuştur. Daha sonra Model-2'de, oluşturulan her ekibin toplam kat ettiği mesafenin minimize etmesi amacıyla, rotalar belirlenmiştir. Oluşturulan bu tam sayılı doğrusal modeller, IBM Ilog Cplex Optimization Studio programı ile çözülmüştür. Sonuç olarak, elde edilen uygun çözüm ile mevcut durum karşılaştırıldığında ekstra personel sağlanmadan rotalarda %18 iyileştirme sağlanmıştır.

Planning home health care services: Vehicle routing and crew scheduling

Article Info

Article History:

Received: 14.03.2021
Revised: 30.04.2021
Accepted: 02.05.2021

Keywords:

Home Health Care,
Crew Scheduling,
Routing,
Integer Linear Programming

Abstract

In the changing and developing world, the population is aging due to increasing population and prolonging average life expectancy. The ageing population also brings disease, the need for care and increases the burden on the health system. For this reason, Home Health Care (HHC) are offered for elderly/sick, needy of care individuals. HHC cover a variety of healthcare services offered by healthcare professionals by visiting patients at their homes. These services should be planned effectively and efficiently due to the increase patient demand and limited resources. In this context, two main problems are encountered: Assignment and routing. In the study, a visit plan for 11 personnel and 138 patients from different locations was created with the real data obtained from Ankara Eğitim Araştırma Hospital HHC Unit. First, teams were created from personnel with different qualifications in order to minimize the workload in Model-1. Later, in the Model-2, routes were determined in order to minimize the total distance traveled by each created team. These integer linear models created were solved with IBM Ilog Cplex Optimization Studio program. As a result, when comparing the current situation with the appropriate solution obtained, 18% improvement was achieved in the routes without providing extra personnel.

1. Giriş

Evde Sağlık Hizmetleri (ESH) yaşlı, bakıma muhtaç hastalara rahat, güvenilir ve konforlu bir şekilde, ev ortamlarında verilen sağlık hizmetlerinin tümüdür. Hastalara evlerinde verilen bu hizmetler, hastane doluluk oranlarının ve hastanede yatış sürelerinin azalmasına katkı sağlaması nedeniyle avantajlıdır.

Dünyada artan yaşlı nüfusu nedeniyle sağlık hizmetlerine olan talep artmakta ve sağlık sistemi üzerinde oluşan yükte buna bağlı olarak artmaktadır. Oluşan bu yük ile hastaneler hizmetlerinde yetersiz kalmakta ve birçok sorun ile karşı karşıya kalmaktadır. Karşılaşılan bu sorunlar ile mücadelede, karar verici konumunda olan yöneticiler için en önemli nokta, bütçe ve insan kaynağının etkin bir şekilde kullanılmasıdır. Bu noktada sağlık sistemlerinde ortaya çıkan karar problemleri için optimizasyona dayanan birçok çözüm yöntemi içeren, yöneylem araştırması uygun bir yaklaşımdır (Batur ve Erol, 2018).

ESH'nin planlama sürecinin uzunluğu ve etkisi ile ilişkili olarak çeşitli karar seviyelerinde (stratejik, taktiksel, operasyonel) problemler ortaya çıkmaktadır. Operasyonel düzeyde sıkça ilgililenen problemler, personel, hasta ataması ve araç rotalama problemleridir. Birden fazla paydaşı bulunan bu problemler, her bir paydaşa özel kısıtlamaları nedeniyle çeşitlenmekte ve karmaşık hale gelebilmektedir (Cissé ve diğ., 2017). Bu operasyonel karar problemlerinin çözümünde yöneylem araştırması teknikleri, mevcut durumda kullanılan manuel planlama yöntemlerine kıyasla daha iyi sonuçlar elde edilmektedir (Grieco ve diğ., 2021; Yurdakul ve diğ., 2020; Taş ve diğ., 2019).

Bu çalışmada, atama ve rotalama problemlerinin çözümünde daha az dikkate alınan ekip büyüklüğü ve niteliği konusu dikkate alınarak insan kaynağının etkin kullanımına dikkat çekilmiştir. Ayrıca güçlü yerel çözümler üretebilmek için iki farklı tamsayı model oluşturulmuştur. İlk modelde farklı niteliklere sahip olan personeller ekipler içerisine dengeli dağıtılarak en iyi şekilde taleplerin karşılanması sağlanmıştır ve ikinci model ile oluşturulan ekiplerin ziyaret edeceği hasta kümesi için minimum mesafe kat eden rotalar oluşturulmuştur. Bu sayede en uygun ziyaret planı oluşturulmuş ve sonuçla mevcut durum ile mukayese edilerek elde edilen sonucun uygunluğu vurgulanmıştır.

Çalışma bu bölümün ardından şu şekilde ilerlemiştir. İkinci bölümde evde sağlık hizmetleri süreci anlatılmıştır. Üçüncü bölümde optimal çözüm yöntemlerinden tam sayılı doğrusal yöntemi açıklanmıştır. Dördüncü bölümde ESH'nde atama ve rotalama problemleri ile ilgili yapılan ulusal ve uluslararası çalışmalar incelenmiştir. Beşinci bölümde yapılan uygulama ve elde edilen çözümler anlatılmıştır. Altıncı bölüm olan son bölümde ise sonuçlar değerlendirilmiş ve ileride yapılacak çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

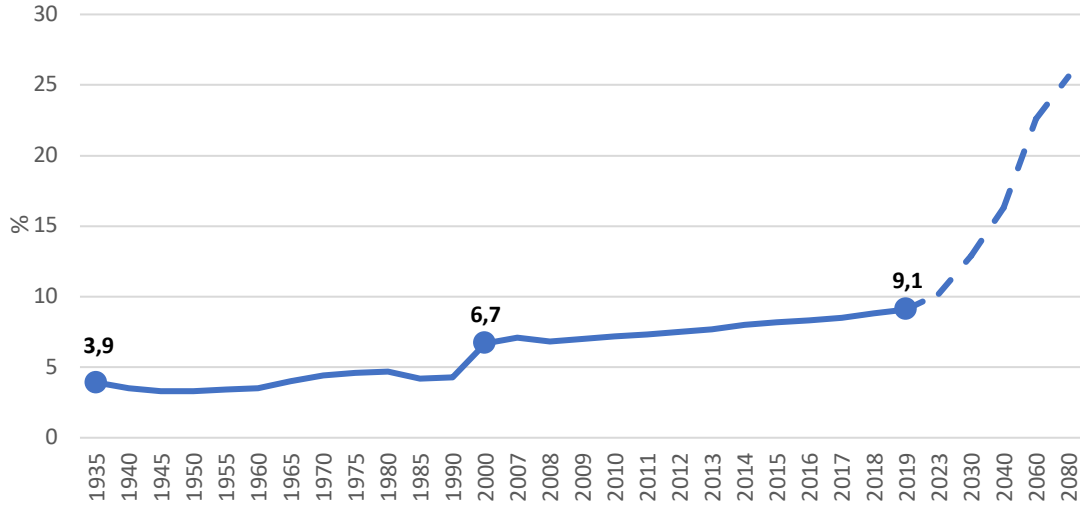
2. Evde sağlık hizmetleri

ESH engelli, süregelen bir rahatsızlığı olan, yaşam aktivitelerinde tam veya kısmi olarak bağımlı olan, hastalık sonrası iyileşme sürecinde olan yani belirli öncelikli gruplara dahil olan bireylerin sağlığını korumak, geliştirmek ve yaşam kalitesini artırabilmek için ev ortamlarında sunulan sağlık hizmetleridir (Emiliano ve diğ., 2017). Bu hizmetler için uluslararası anlaşılmış bir liste bulunmamasına karşın her ülke kendi sosyoekonomik ve kültürel yapısına göre belirli hizmetler sunmaktadır (Yılmaz ve diğ., 2010; Cayir, 2020). Ülkemizde ise ESH sosyal ve psikolojik danışmanlık hizmetlerini de kapsayacak şekilde verilen muayene, tetkik, tahlil, tedavi, tıbbi bakım, takip ve rehabilitasyon hizmetleridir (Sağlık Bakanlığı Ve Bağlı Kuruluşları Tarafından Evde Sağlık Hizmetlerinin Sunulmasına Dair Yönetmelik, 2015).

Farklı kavramlar ile tanımlanan ve tarihi dünyada 1800'lü yıllara kadar dayanan ESH, yoksul toplumlar, hastanelerin kapasite yetersizliği ve bulaşıcı hastalıkların azaltılması amacıyla farklı evrelerden geçmiştir (Yılmaz ve diğ., 2010; Türk Tabipler Birliği, 2015). Ülkemizde ilk kez çocukların gelişimi ve dispansere bağlı çocuklarının takibinin evde yapılması amacıyla "ev ziyareti" kavramı kullanılmıştır. (Umumi Hıfzıssıhha Kanununun Tatbikatına Dair Tamim, 1931). Daha sonra bulaşıcı hastalıklar nedeniyle kadınlar ve çocuklar ev ziyareti ve evde muayene kapsamında ziyaret edilmiştir (Çoban ve diğ., 2014). Ülkemizde bu ziyaretler 1930'larda başlamasına rağmen profesyonel anlamda ilk kez 2005 yılında yayınlanan "Evde Bakım Hizmetleri Sunumu Hakkında Yönetmelik" ile uygulamaya girmiş ve zaman içerisinde bu hizmetleri sunmada görevli birimler ve hizmetlerin kapsamı değişmiştir (Evde Bakım Hizmetleri Sunumu Hakkında Yönetmelik, 2005; Doğusan, 2019). Nihayetinde 2017 ve sonrası için yönetmeliğe oturtulmasa bile, muayene, tetkik, tahlil, tedavi, tıbbi bakım, takip ve rehabilitasyon hizmetlerinin sunumu hastaneler bünyesinde bulunan ESH birimlerine devredilmiştir (Doğusan, 2019).

2019 yılına bakıldığında dünya nüfusunun yaklaşık %10'unu 65 yaş ve üzeri bireyler oluşturmaktadır (Population Reference Bureau, 2019; United Nations, 2019). Dünya nüfusunun 2050 yılına kadar daha da artacağı göz önüne alındığında, bu oranın %20'yi bulması öngörülmektedir (United Nations, 2019). Türkiye'de de bu durumun çok

farklı olmadığı Şekil 1’de görülmektedir. Bu grafikte gösterilen artış ile birlikte ESH’ne olan talebin artacağı ve bu hizmetlerin önem kazanacağını söylemek mümkündür.



Şekil 1. Türkiye’de yaşlı nüfusun toplam nüfus içindeki oranının yıllara göre değişimi (T.C. Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, 2020a; T.C. Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, 2020b)

ESH dünyada yeni ve gelişmekte olan bir süreç olması nedeniyle hastane yönetimi, hasta ve personel açısından birçok avantajının yanı sıra dezavantajları da bulunmaktadır. Bu noktada ilk karşılaşılan sorunlar hedef kitlenin (gerçekten bu hizmete ihtiyaç duyan grup) çok iyi bir şekilde belirlenememesi, sınırlı kaynak olması sebebiyle profesyonel ekip oluşturulamaması, hasta açısından özel yaşamın gizliliğinin zedelenmesi ve personel güvenliğinin zedelenmesidir. Bu sorunların aksine konforlu ve güvenli, sosyal izolasyonu kaldırması, ekonomikliği, enfeksiyon riskinin azalması, hastane kapasitesinin korunması, birebir iletişim imkanı gibi birçok avantajı olması nedeniyle ESH tercih edilen hizmetlerdir.

ESH daha önce de belirtildiği gibi yaşlı nüfusunun artması, aile yapısında demografik faktörlerin değişimi gibi nedenlerle oldukça popüler ve talep edilen bir hizmet haline gelmiştir. Taleplerin artması, ESH sunucuları tarafından hizmet kalitesinin sürdürülmesini ve artırılmasını zor bir problem haline getirmiştir. Bu bağlamda ESH’nde tüm paydaşları içinde bulunduran, planlama sürecinin en iyi şekilde yapılması gerekmektedir. ESH’nde planlama sürecinin daha iyi yapılabilmesi için, bu çalışmada hizmeti dağıtan araçların rotalanması ve ekiplerin çizelgelenmesi problemleri ele alınmıştır ve bu araçların toplam katettiği mesafenin minimize edilmesi ve ekiplerin dengeli ve adaletli bir şekilde oluşturulması amaçlanmıştır.

3. Tam sayılı doğrusal programlama

Karar verme süreci hayatımızda hemen her alanda karşı karşıya kaldığımız bir süreçtir. Bu süreçte karar verici/vericiler, amaçları doğrultusunda, birçok alternatif arasından, belirli kısıtlar dahilinde karar problemlerine çözüm aramaktadır. Bu noktada karar vericiler problemlerine özgü birçok bilimsel yöntem ile problemlerine çözüm arayabilmektedir. Matematiksel modelleme de bu yöntemlerden birisidir. Doğrusal programlama matematiksel modellemede sıkça kullanılan yöntemlerdendir. Birçok karmaşık endüstriyel problem için geliştirilen doğrusal programlama modeli, amaç fonksiyonunun doğrusal ve kısıtların doğrusal eşitlik ve eşitsizliklerden oluştuğu bir optimizasyon yöntemidir (Luenberger ve Ye, 2016). Doğrusal programlama askeri problemlerden, endüstri, tarım, ekonomi, sağlık ve hatta davranış bilimleri alanlarında geniş bir yelpazede uygulanmaktadır (Taha, 2000). Bu yöntemin birçok alanda ve birçok problemde kullanılmasının yanı sıra rotalama ve çizelgeleme problemlerinde de sıkça tercih edildiği görülmüştür (Alakaş ve diğ., 2018; Güvez ve diğ., 2012; Uzumer ve Eren, 2012).

Doğrusal programlama modellerinde bölünebilirlik varsayımından dolayı karar değişkenleri optimum çözümde reel sayılar kümesinden herhangi bir değer alabilmektedir. Fakat gerçek hayat problemleri insan, araç, makine vb. bölünemeyen unsurları içerdiği için değişkenler tam sayılı değerlere ihtiyaç duymaktadır. Bu ihtiyaç doğrultusunda geliştirilen tam sayılı doğrusal programlama modelleri, değişkenlerinin bazıları ya da tümünün tam sayılı (kesikli) değerler aldığı modellerdir (Taha, 2000). Yöntemin genel formülasyonu eşitlik 1-5’de gösterilmektedir (Taha, 2014).

$$\max (\min) Z = g_0(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1)$$

$$\text{subject to} \quad (2)$$

$$g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \begin{cases} \leq \\ = \\ \geq \end{cases} b_i; i \in M \equiv \{1, 2, \dots, m\} \quad (3)$$

$$x_j \geq 0; j \in N \equiv \{1, 2, \dots, n\} \quad (4)$$

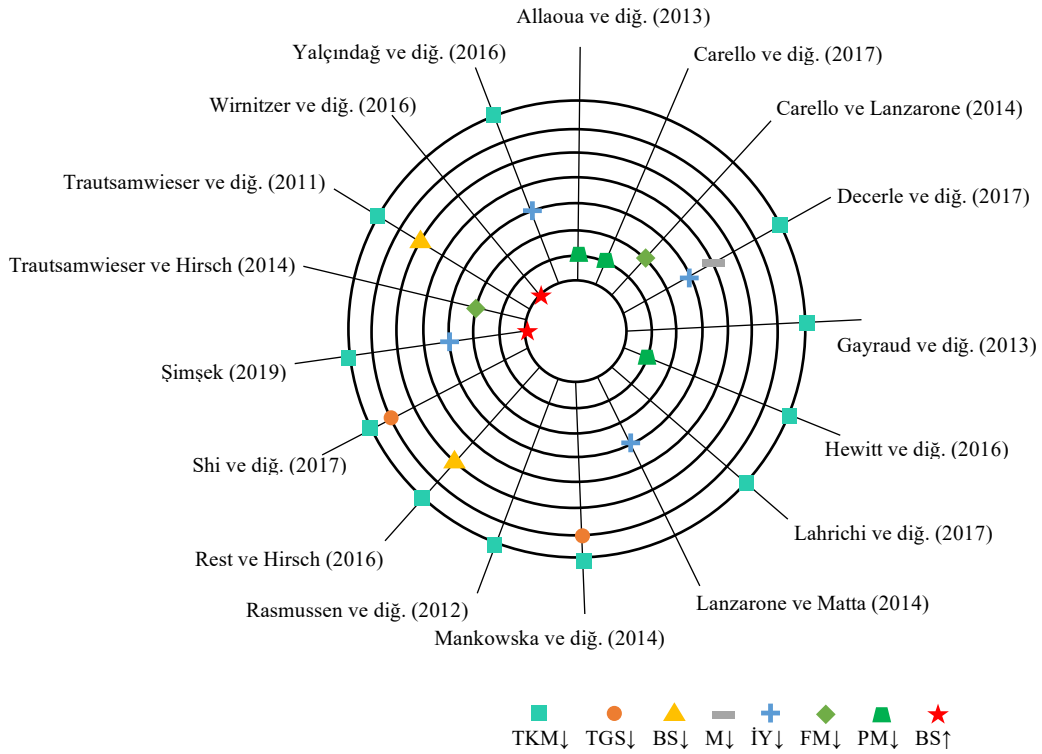
$$x_j = \text{tamsayı}; j \in I \subseteq N \quad (5)$$

4. Literatür taraması

Türkiye’de nispeten yeni olmakla birlikte dünyada ESH’nde atama ve rotalama problemlerine yönelik birçok çalışma yapılmaktadır. Son on yılda giderek artan ESH literatürüne bakıldığında ulusal ve uluslararası alanda araştırmacılar, klasik atama ve rotalama ile ESH’nin özel kısıtlamalarını birleştirerek yeni çalışmalar ortaya koymakta ve bu alana olan ilgiyi artırmaktadır.

Holm ve Angelsen (2014) yaptıkları çalışmada ESH’nde çalışanların çalışma sürelerinin %18 ila %26’nını seyahat süreleri oluşturduğunu vurgulamıştır. Dolayısıyla çalışmaların birçoğunda seyahat konusu ana odak noktası olmuş ve toplam kat edilen mesafenin/sürenin minimize edilmesi (TKM↓) hedeflenmiştir. Ayrıca yapılan çalışmalarda personeller ile ilgili olarak, aynı pozisyonda çalışan personeller arasında iş yükünün minimize edilmesi (İY↓) ve dengelenmesi, personellerin çalışma/fazla mesai sürelerinin minimize edilmesi (FM↓) ve personel sayısının/maliyetinin minimize edilmesi (PM↓) dikkate alınmıştır. Hastalar ile ilgili olarak, toplam gecikme süresinin minimize edilmesi (TGS↓), bekleme sürelerinin minimize edilmesi (BS↓), memnuniyetsizliklerin ve bunlardan dolayı oluşan cezaların minimize edilmesi (M↓) dikkate alınan hedefler arasındadır. Dahası iyi bir hizmet kalitesi için, hastaya planlama periyodu boyunca minimum farklı personel atanması, bir başka deyişle bakım sürekliliğinin maksimize edilmesi (BS↑) ise ilgilenilen diğer amaçlar arasındadır. Bu amaçlar ile ilgili yapılan çalışmalar ilişkin bilgiler Şekil 2’de verilmiştir.

Çok sayıda ve çeşitli çalışmalar bulunmasından dolayı literatürde ESH üzerine literatür incelemeleri bulunmaktadır. Fikar ve Hirsch (2017) ESH’nde rotalama ve çizelgeleme çalışmalarını kullandıkları yöntem, amaçlar ve kısıtlar bakımından incelemişlerdir ve ilerde hizmetlere olan talebin artmasıyla maliyetleri düşürmenin ve hizmet kalitesinin artırılmasının gelecekteki çalışmalar için önemi vurgulamışlardır. Grieco ve diğ. (2021) ESH’nde yönelem araştırması çalışmalarına ilişkin çalışmaları incelemişlerdir. Çalışma sonucunda takım büyüklüğü ve niteliğiyle ilgili taktiksel seviyedeki karar süreçlerine ilişkin çalışmaların az olduğunu vurgulamışlardır.



Şekil 2. ESH rotalama ve çizelgeleme problemlerinde amaç fonksiyonları

Eveborn ve diğ. (2006) bazı kısıtlamalar ve yumuşak hedefler içeren ve İsviçre'de kullanılan LAPS CARE karar destek sistemlerinde bakım sağlayıcıları için ziyaret programları geliştirmişlerdir. Bu sayede günlük planlamayı bir çizelge olarak oluşturulmuştur. Emiliano ve diğ. (2017) ESH'nin planlanmasına yönelik kümeleme, rotalama ve envanter yönetimi problemlerinde entegre yaklaşımların belirlenmesi için bir inceleme sunmaktadır. Çalışmada Portokuzi ve Brezilya'daki ESH incelenerek entegre yaklaşımlarla ilişkili bazı zorlukların üstesinden gelmek için optimizasyon modellerine ve simülasyon yaklaşımlarına dayanan bir karar destek sisteminin kullanılmasını önerilmektedir. Shi ve diğ. (2017) çalışmada stokastik seyahat ve hizmet süresi ile ESH rotalama sorununu ele almaktadırlar. Stokastik programlama modeli önerilmiş ve önerilen modeli çözmek için hibrit genetik algoritma ve stokastik simülasyon yöntemi entegre edilmiştir. Sonuç olarak stokastik model çok pahalı bulunmasına karşın etkili sonuçlar verdiği görülmüştür. Verjan ve diğ. (2018) ESH ağının tasarımı ve yönetimi için kapsamlı iki matematiksel model önermişlerdir. İlk optimizasyon modeliyle, bir bölge genelinde ev sağlığı merkezleri, talep ataması ve kaynak boyutlandırması için stratejik bir konum planı sağlanmaktadır ve evde sağlık merkezleri konumunu belirlenmektedir. İkinci olarak hasta bakımı için kritik süreçlerin dış kaynak kullanımına karar vererek ESH merkezlerinin faaliyetlerini en uygun şekilde yönetmeyi amaçlamaktadır.

ESH atama ve rotalama problemlerinde kararların planlama dönemleri uzadıkça veri yoğunluğu artar dolayısıyla problem karmaşık hale geldiği için, bazı çalışmalarda aylık (Hewitt ve diğ., 2016; Wirnitzer ve diğ., 2016), bazılarında haftalık (Lahrichi, 2017) ve birçoğunda günlük (Eveborn vd, 2006; Mankowska ve diğ., 2014; Rest ve Hirsch, 2016) olarak dikkate alınmaktadır.

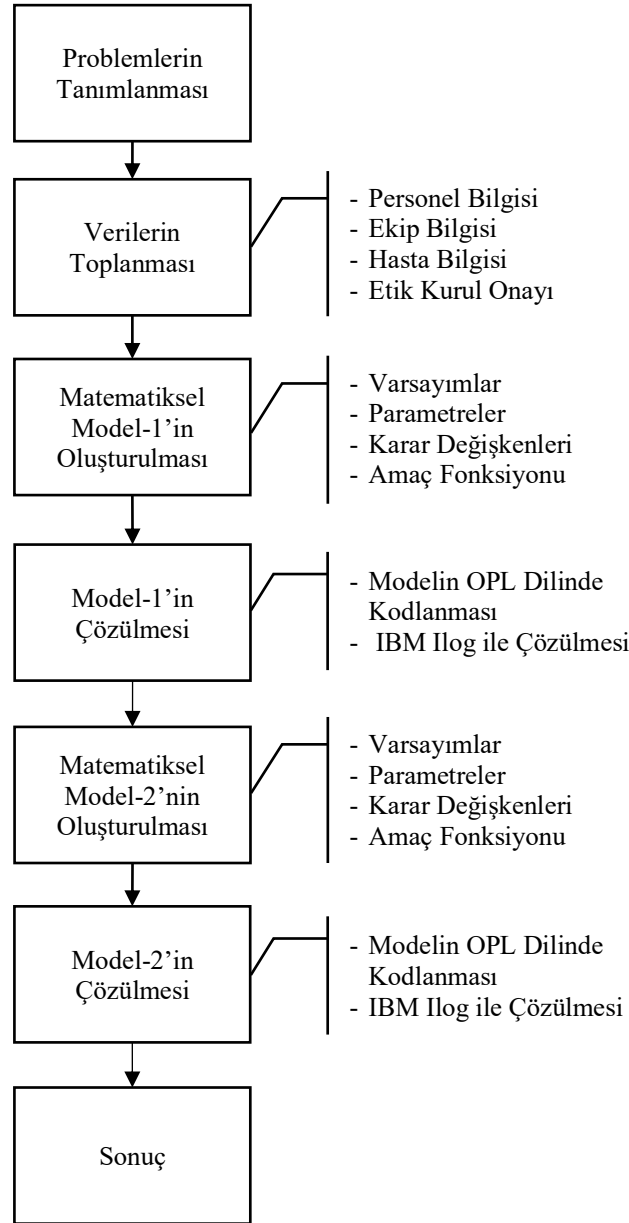
Allaoua ve diğ. (2013) her personel tipinin sayısını minimize etmeye çalışarak, küçük boyutlu problemler için tam sayılı bir model, büyük boyutlu problemler için ise matheuristik bir yaklaşım kullanmışlardır. Carello ve diğ. (2017) literatürde ilk kez, bakım sürekliliği ve belirsiz talepler altında, hemşireyi hastaya atama problemi, zamana bağlı talepler göz önünde bulundurularak Implementor-Adversarial yaklaşımı ile modellenmiştir. Carello ve Lanzarone (2014) bakım sürekliliği altında atama problemini ele almışlardır. Bakım sürekliliği kısıtının hizmetlerin esnekliği kısıtladığı ancak hasta memnuniyetini sağlayarak hizmet kalitesini artırdığı düşünülmektedir. Bu bağlamda hastalar sınıflandırılarak özellikle kritik hastalıklar için bakım sürekliliğinin sağlanması tartışılmaktadır. Decerle ve diğ. (2017) çalışmalarında araçlar arasında rota dengeleme konusunu ele almışlardır. Ayrıca önerilen modelde memnuniyetsizliklerden dolayı oluşan ceza maliyetlerinin minimize edilmesi ve rotalar arası maksimum mesafenin minimize edilmesi amaçlanmıştır. Gayraud ve diğ. (2013) yaptıkları çalışmada hizmet süresini, personel ve hastaya bağlı olarak hesaplayarak ve personel yetkinlikleri ve hastanın bağımlılık düzeyini dikkate alarak rota planı oluşturmuşlardır. Hewitt ve diğ. (2016) ESH atama ve rotalama problemlerinde planlama

dönemi uzunlukları karşılaştırmışlar ve sonuç olarak uzun planlama periyodunun ulaşım maliyetleri ve personel seviyesinde tasarruf potansiyeli olduğunu düşünmüşlerdir. Lahrichi ve diğ. (2017) çalışmalarında literatürde sıklıkla önce atama sonra rotalamanın aksine önce rotalama daha sonra atama problemini ele almışlardır. Sonuçlarda ise ilerde büyük veriler ile çalışılmasının avantajlı olacağı vurgulanmıştır. Lanzarone ve Matta (2014) çalışmalarında stokastik hasta gelişleri ve bakım sürekliliğini dikkate alarak atama problemine çözüm getirmişlerdir. Mankowska ve diğ. (2014) hastaların gereksinimleri, personellerin nitelikleri ve hizmetler arasındaki bağımlılığı dikkate almaktadırlar. Rasmussen ve diğ. (2012) zaman pencereci araç rotalama probleminde tercihler ve ziyaretlerin kümelenmesini dikkate almışlardır. Problemin çözümü gerçek veri setleri kullanılarak branch and price algoritması önerilmiştir. Rest ve Hirsch (2016) ESH'nin bir günlük planlaması için personellerin zaman bağlı seyahat süreleriyle toplu taşımayı (otobüs, tren vb.) kullandığı bir model sunmuşlardır. Makul sürede sonuç alınamaması nedeniyle sezgisel bir yöntemle başvurmuşlardır. Trautsamwieser ve Hirsch (2014) günlük molalar, çalışma süresi ve haftalık dinlenme sürelerini planlamaya dahil ederek çizelgeleri oluşturmuşlardır. Trautsamwieser vd (2011) sel felaketi durumunda hizmetlerin sunumunda oluşan gecikmeleri ve hasta ile personel memnuniyetsizliklerini minimize etmeyi hedeflemişlerdir. Wurnitzer ve diğ. (2016) bakım sürekliliğini dikkate alarak her hastaya atanan farklı hemşire sayısını en aza indirmeyi amaçlamışlardır. Yalçındağ ve diğ. (2016) hemşire atama problemlerinde iş yükü dengesinin sağlanması amacıyla geçmiş verilere dayalı Kernel regresyon analizi yöntemini kullanmışlardır. Marcon ve diğ. (2016) yöneylem araştırması ve multi-agent sistemlerin ESH'ndeki yerlerini incelemişler ve bu yöntemlerin avantajlı yönlerinin birleştirilerek kullanılmasını vurgulamışlardır. Ayrıca çalışmada rotalama ve atama problemlerinin ayrı ayrı çözümlenmesinin güçlü sonuçlar elde edilmesinde başarılı olduğu söylenmiştir.

Bu çalışmada ise bir haftalık (beş gün) planlama döneminde personellerin iş yükü dengelenmesi ve araçların toplam kat ettiği mesafenin minimize edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda ilk olarak personel sayısı ve niteliği kısıtları dikkate alınarak ekip çizelgesi oluşturulmuş ardından ise ziyaret sıklığı, talep edilen hizmet tipi ve öğle arası molası kısıtları dikkate alınarak rotalar oluşturulmuştur. Ele alınan amaçlar ve kısıtlar bağlamında bu çalışma gerçek veriler kullanılması, literatürde daha az dikkate alınan ekip büyüklüğü ve niteliği konusunun ele alınması ve hem araç rotalama hem de ekip çizelgeleme problemlerinin bir arada modellenmesi ile literatüre katkı sağlanmıştır.

5. Uygulama

Yapılan çalışmada ele alınan problemin modellenmesi ve çözümüne ilişkin takip edilen adımlar Şekil 3'de verilen akış şemasında belirtilmiştir.



Şekil 3. Uygulama akış şeması

5.1. Problemlerin tanımlanması

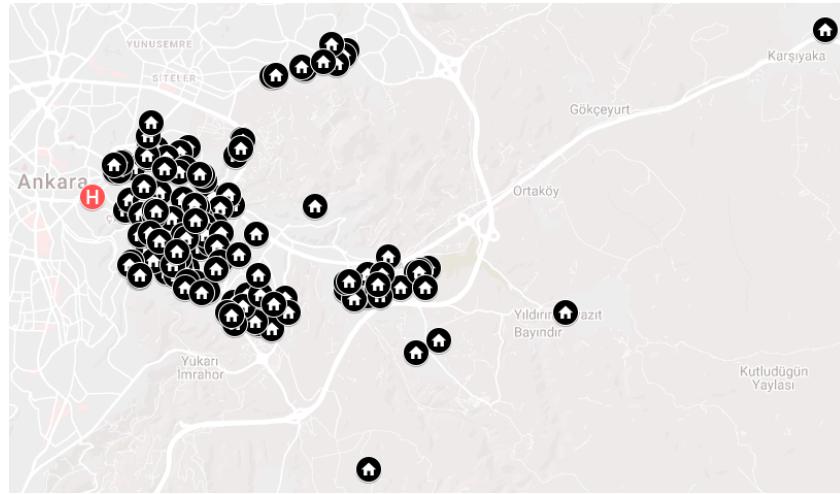
Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ankara'nın Altındağ ilçesinde bulunan bir eğitim araştırma hastanesidir ve 2010 yılından bu yana Evde Sağlık Hizmetleri Birimi bünyesinde, Mamak bölgesinde ikamet eden hastalara ESH'ni sunmaktadır. Çalışmada bu birimde bulunan 9 sağlık personeli ve 2 şoför ile bir hafta boyunca farklı konumlarda bulunan ve farklı talepleri olan 138 hastanın planlaması yapılmıştır.

Başlangıç olarak Model 1'de personellerin nitelikleri ve verebileceği hizmetler dikkate alınarak iş yükü dengesi sağlanması amacıyla ekiplerin oluşturulması problemi ele alınmıştır. Daha sonra Model 2'de belirlenen bu ekiplerin, minimum mesafeyi kat etmesi amaçlanarak hangi hastayı, hangi sıra ile ziyaret edeceği problemi ele alınmıştır.

5.2. Verilerin toplanması

Çalışmada modelin çözümü için 3 Şubat 2020 ile 7 Şubat 2020 tarihleri arasında ziyaret edilen hastalara, hizmeti veren ekiplere ve personellere ait bilgiler toplanmıştır. Bu toplanan bilgiler aşağıda listelenmiştir.

- Hasta ve hastanenin (rota başlangıç noktası) konum bilgileri (Şekil 4)
- Hastane ile hasta adreslerinin birbiri arasındaki mesafelerin km matrisi
- Hastanın talep ettiği hizmet türü, hizmet süresi, hizmetin tanımı ve doktor ihtiyacı (Tablo 1)
- Hastanın ziyaret edilmesi gereken gün/günler (Ek-1)
- Personel niteliğine göre personel sayısı (Tablo 2)



Şekil 4. Hastane ve hastaların harita görünümü

Tablo 1. Hastaların talep ettiği hizmetlere ilişkin bilgiler

Hasta No	Talep	Hizmet Süresi (dk)	Açıklama	Doktora ihtiyaç var mı?
2-24	Rutin Kan Alımı	10	Genel sağlık durumunun gözden geçirilmesi ve hastalığın seyrini incelemek amacıyla yapılan kan testidir.	✓
25-33	Enjeksiyon	5	Vücutta damar, kanal gibi boşluklardan enjektör yardımı ile gerekli sıvı veya ilacın verilmesi işlemidir.	✓
34-59	Muayene	10	Hasta bir kişinin sağlık yönünden incelenmesi işlemidir.	✓
60-139	Inr	5	Kandaki pıhtılaşma süresini ölçen bir testtir.	✗

Tablo 2. Personel niteliğine göre personel sayısı ve kodu

Personel Niteliği	Hemşire			Doktor				Sağlık Memuru		Şoför	
Personel Sayısı	3			4				2		2	
Personel Kodu	H1	H2	H3	D1	D2	D3	D4	SM1	SM2	Ş1	Ş2

5.3. Matematiksel model-1'in oluşturulması

Bu bölümde bir hafta boyunca farklı niteliklere sahip 11 personelin günlere ve ekiplere atanması için kurulan matematiksel modele yer verilmiştir ve "Hangi personel hangi gün hangi ekipte yer alacaktır?" sorusuna yanıt aranmaktadır.

5.3.1. Varsayımlar

1. Ek personel ya da ek araç olmaksızın her gün sadece 2 ekip oluşturulabileceği varsayılmıştır.
2. Her hasta tek hizmet talep etmektedir.
3. Her hastanın talep ettiği hizmet gerçekleşmiştir yani hastanın evde olmadığı ya da hastaneye kaldırıldığı gibi durumlar dikkate alınmamıştır.
4. Rutin kan alımı, enjeksiyon, muayene hizmetlerini 1. ekibin, inr hizmetini ise 2. ekibin verdiği varsayılmıştır.

5.3.2. Parametreler

i: personel indeksi	i=1,2,...,11
j: ekip indeksi	j=1,2
d: gün indeksi	d=1,2,...,5

5.3.3. Karar değişkenleri

$X_{ija} = \begin{cases} 1; & i \text{ personeli } j. \text{ ekibe } d. \text{ günde atanırsa} \\ 0; & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$	i=1,2,...,11
	j=1,2
	d=1,2,...,5

$WL_1 = \text{hemşireler için iş yükünün üst sınır değeri (gün)}$

$WL_2 = \text{doktorlar için iş yükünün üst sınır değeri (gün)}$

$WL_3 = \text{sağlık memuru için iş yükünün üst sınır değeri (gün)}$

$WL_4 = \text{şöforler için iş yükünün üst sınır değeri (gün)}$

5.3.4. Model-1'in amaç fonksiyonu ve kısıtları

Modelde her personel tipinin kendi içerisinde dengeli olarak günlere ve ekiplere atanması amaçlanmaktadır. Her gün 2 ekip oluşturulması varsayımı altında, oluşturulacak 1. Ekip doktor gerektiren hizmetlere, 2. Ekip ise doktor gerektirmeyen hemşire ya da sağlık memuru ile verilebilen hizmetlere göre oluşturulmaktadır. Bu sayede Model-2'de de hastaların talep ettiği hizmetlere göre ekipler ziyaret edecektir.

Amaç Fonksiyonu: Her personel tipinin (doktor, hemşire, sağlık memuru, şoför) iş yükünün 10, 11, 12, 13 kısıtları ile birlikte minimize edilmesi amaçlanmıştır.

$$\min Z = WL_1 + WL_2 + WL_3 + WL_4 \quad (6)$$

Kısıt 1: Her gün her ekibe mutlaka bir şoför atanmasını sağlamaktadır.

$$\sum_{i=10}^{11} X_{ija} = 1; \forall j, d \quad (7)$$

Kısıt 2: Her gün her personelin en fazla bir ekibe atanmasını sağlamaktadır.

$$\sum_{j=1}^2 X_{ija} \leq 1; \forall i, d \quad (8)$$

Kısıt 3-4: Her gün sadece birinci ekipte bir doktor bulunmasını sağlamaktadır.

$$\sum_{i=4}^7 X_{i1d} = 1; \forall d \quad (9)$$

$$\sum_{i=4}^7 X_{i2d} = 0; \forall d \quad (10)$$

Kısıt 5-6: Her gün her ekipte en az bir en fazla iki hemşire bulunmasını sağlamaktadır.

$$\sum_{i=1}^3 X_{ijd} \leq 2; \forall d, j \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^3 X_{ijd} \geq 1; \forall d, j \quad (12)$$

Kısıt 7: Her gün her ekipte en fazla bir sağlık memuru bulunmasını sağlamaktadır.

$$\sum_{i=8}^9 X_{ijd} \leq 1; \forall d, j \quad (13)$$

Kısıt 8-9: Birinci ekibi 4 personel, ikinci ekibi 3 personel ile sınırlandırmaktadır.

$$\sum_{i=1}^{11} X_{i1d} = 4; \forall d \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^{11} X_{i2d} = 3; \forall d \quad (15)$$

Kısıt 10-11-12-13: Her personel tipinin (hemşire, doktor, sağlık memuru ve şoför) iş yükünün üst sınırını belirlemektedir.

$$\sum_{d=1}^5 \sum_{j=1}^2 X_{ijd} \leq WL_1; \forall i = 1, 2, 3 \quad (16)$$

$$\sum_{d=1}^5 \sum_{j=1}^2 X_{ijd} \leq WL_2; \forall i = 4, 5, 6, 7 \quad (17)$$

$$\sum_{d=1}^5 \sum_{j=1}^2 X_{ijd} \leq WL_3; \forall i = 8, 9 \quad (18)$$

$$\sum_{d=1}^5 \sum_{j=1}^2 X_{ijd} \leq WL_4; \forall i = 10, 11 \quad (19)$$

Kısıt 14-15: İşaret kısıtlarıdır.

$$X_{ijd} \text{ 0 veya 1; } \forall i, j, d \quad (20)$$

$$WL_1, WL_2, WL_3, WL_4, \geq 0 \text{ ve tamsayı} \quad (21)$$

5.4. Matematiksel model-1'in çözümü

Model-1 IBM Ilog Cplex Optimization Studio programı ile çözülmüştür. Modelde 114 karar değişkeni ve 15 kısıt kullanılmıştır. Yapılan çözüm sonucunda her bir personel tipinin iş yükünü minimize etme amacıyla üst sınırlar hesaplanmış Tablo 3'de verilmiştir. Tablo 4'de ise hafta boyunca personellerin çalışacağı ekipler verilmiştir.

Tablo 3. Her personel tipinin iş yükü üst sınırı

	Hemşire	Doktor	Sağlık Memuru	Şoför
İş Yüğü Üst Sınırı	5(gün)	2(gün)	3(gün)	5(gün)

Tablo 4. Günlere göre oluşturulan ekip listesi

	3.Şub	4.Şub	5.Şub	6.Şub	7.Şub
Ekip 1	H3	H2	H2	H1	H3
	D4	H3	H3	H2	D1
	SM1	D3	D2	D2	SM2
	Ş2	Ş2	Ş2	Ş1	Ş2
Ekip 2	H1	H1	H1	H3	H1
	H2	SM2	SM1	SM2	H2
	Ş1	Ş1	Ş1	Ş2	Ş1

5.5. Matematiksel model-2'nin oluşturulması

Bu bölümde belirlenmiş ekiplere hastaları atayarak, ekiplerin günlük rotalarının oluşturulması ve planlamanın yapılması için kurulan matematiksel modele yer verilmiştir ve "Ekipler hangi hastaları hangi sıra ile ziyaret edecektir?" sorusuna yanıt aranmaktadır.

5.5.1. Varsayımlar

1. Hastane ile hasta adreslerinin birbiri arasındaki mesafeler bilinmekte ve gidiş-dönüş mesafeleri eşittir.
2. Her hasta hafta boyunca birden fazla kez ziyaret edilebilmektedir.
3. Aynı evde yaşayan hastalar (karı-koca) tek bir düğüm olarak kabul edilmiş ve o düğümdeki hizmet süresi iki hastaya göre belirlenmiştir.
4. Günlük mesai saati 360 dakikadır.
5. Araçlar saatte 60 km hızla hareket etmektedir.

5.5.2. Parametreler

i: terkedilen hasta indeksi i=1,2,...,139

j: ulaşılan hasta indeksi j=1,2,...,139

p: adres indeksi p=1,2,...,139

k: ekip indeksi k=1,2

d: gün indeksi d=1,2,...,5

$D_{ij} = t.$ hasta ile $j.$ hasta arasındaki uzaklık (km) i=,1,2,...,139

$T_i = i.$ hastanın hizmet süresi (dk) j=,1,2,...,139

$V_{jd} = \begin{cases} 1; j. hasta d. günde ziyaret edilmiş ise \\ 0; diğer durumlarda \end{cases}$ i=,1,2,...,139

S_1 : birinci gün ziyaret edilecek hasta kümesi j=,1,2,...,139

S_2 : ikinci gün ziyaret edilecek hasta kümesi d=1,2,...,5

S_1 : birinci gün ziyaret edilecek hasta kümesi

S_2 : ikinci gün ziyaret edilecek hasta kümesi

S_3 : üçüncü gün ziyaret edilecek hasta kümesi

S_4 : dördüncü gün ziyaret edilecek hasta kümesi

S_5 : beşinci gün ziyaret edilecek hasta kümesi

5.5.3. Karar değişkenleri

$$X_{ijkd} = \begin{cases} 1; & d. \text{ günde } k. \text{ ekip } i. \text{ hastadan } j. \text{ hastaya ziyaret gerçekleştirirse} \\ 0; & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

u_i = alt tur oluşmasını engelleyen değişken

5.5.4. Model-2'nin amaç fonksiyonu ve kısıtları

139 farklı konumdaki 141 hastaya bir hafta boyunca 187 kez verilecek hizmetler ekiplere atanmış ve günlük rotaları en kısa olacak şekilde hesaplanmıştır. Bu sayede gün içindeki planlamalar önceden belirlenmiştir.

Amaç fonksiyonu: Bir hafta boyunca tüm ekiplerin gerçekleştirdiği ziyaretlerdeki toplam kat edilen mesafeyi minimize etmek amaçlanmıştır.

$$\min Z = \sum_{i=1}^{139} \sum_{j=1}^{139} \sum_{k=1}^2 \sum_{d=1}^5 X_{ijkd} * D_{ij} \quad (22)$$

Kısıt 1-2: Her rotanın 1 nolu adresten (Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi Evde Sağlık Hizmetleri Birimi) başlamasını ve yine 1 nolu adreste tamamlanmasını sağlamaktadır.

$$\sum_{j=1}^{139} X_{1jkd} = 1; \forall k, d \quad (23)$$

$$\sum_{i=1}^{139} X_{i1kd} = 1; \forall k, d \quad (24)$$

Kısıt 3-4: Her gün her hastaya bir ekibin girmesi ve çıkmasını sağlamaktadır.

$$\sum_{j=1}^{139} \sum_{k=1}^2 X_{ijkd} \leq 1; \forall i, i \neq 1, d \quad (25)$$

$$\sum_{i=1}^{139} \sum_{k=1}^2 X_{ijkd} \leq 1; \forall j, j \neq 1, d \quad (26)$$

Kısıt 5-6: Her hasta ziyaretin planlandığı günlerde bakılmasını garanti eder (Trautsamwieser ve Hirsch, 2014).

$$\sum_{i=1}^{139} \sum_{k=1}^2 X_{ijkd} = V_{jd}; \forall j, j \neq 1, d \quad (27)$$

$$\sum_{i=1}^{59} \sum_{d=1}^5 X_{ijkd} - \sum_{d=1}^5 V_{jd} = 0; \forall j = 1, 2, \dots, 59 \quad (28)$$

Kısıt 7: Rutin kan alımı, enjeksiyon ve muayene hizmetlerini alan hastaların (2-59 numaralı hastalar) 2. Ekibe (doktor bulunmayan) atanmasını engellemektedir.

$$\sum_{j=2}^{59} \sum_{d=1}^5 X_{ij2d} = 0; \forall i = 2, 3, \dots, 59 \quad (29)$$

Kısıt 8: Inr hizmeti alan hastaların 1. Ekibe (doktor bulunan) atanmasını engeller.

$$\sum_{j=60}^{139} \sum_{d=1}^5 X_{ij1d} = 0; \forall i = 60,61, \dots, 139 \quad (30)$$

Kısıt 9: Her ekibin her gün hizmetlerini mesai saatleri içerisinde (09:00-16:00) hizmet vermesini garanti etmektedir.

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq 1}}^{139} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{139} T_i * X_{ijkd} + \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq 1}}^{139} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{139} 1 * D_{ij} * X_{ijkd} \leq 360; \forall k, d \quad (31)$$

Kısıt 10: Her düğümde akışın korunmasını sağlamaktadır.

$$\sum_{i=1}^{139} X_{ipkd} - \sum_{j=1}^{139} X_{pjkd} = 0; \forall p, p \neq 1, k, d \quad (32)$$

Kısıt 11-12-13-14-15: Her gün oluşturulacak rotalarda alt tur oluşmasını engellemektedir.

$$u_i - u_j + 41 * \sum_{k=1}^2 X_{ijk1} \leq 40; \forall i \in S_1, i \neq 1, j \in S_1, j \neq 1, j \neq i \quad (33)$$

$$u_i - u_j + 58 * \sum_{k=1}^2 X_{ijk2} \leq 57; \forall i \in S_2, i \neq 1, j \in S_2, j \neq 1, j \neq i \quad (34)$$

$$u_i - u_j + 18 * \sum_{k=1}^2 X_{ijk3} \leq 17; \forall i \in S_3, i \neq 1, j \in S_3, j \neq 1, j \neq i \quad (35)$$

$$u_i - u_j + 38 * \sum_{k=1}^2 X_{ijk4} \leq 37; \forall i \in S_4, i \neq 1, j \in S_4, j \neq 1, j \neq i \quad (36)$$

$$u_i - u_j + 32 * \sum_{k=1}^2 X_{ijk5} \leq 31; \forall i \in S_5, i \neq 1, j \in S_5, j \neq 1, j \neq i \quad (37)$$

Kısıt 16-17: İşaret kısıtlarıdır.

$$X_{ijkd}, 0 \text{ veya } 1; \forall i, j, k, d \quad (38)$$

$$u_i \text{ tamsayı}, \forall i \quad (39)$$

5.6. Matematiksel model-2'nin çözümü

Model-2 IBM Ilog Cplex Optimization Studio programı 5 saat çalıştırılarak çözülmüştür. Modelde 201.640 karar değişkeni ve 17 kısıt kullanılmıştır. Yapılan çözüm sonucunda her gün her ekip tarafından kat edilen toplam mesafenin minimize edilmesi amacıyla rotalar oluşturulmuş ve Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Günlük olarak ekip rotaları

Gün	Ekip	Rota	Süre	Amaç
3.Şub	Ekip1	1→38→5→6→37→7→36→35→28→26→25→2→4→34→3→27→1	5 saat	514,308 km
	Ekip2	1→74→60→75→64→63→81→77→83→69→79→66→67→61→65→84→80→73→70→71→68→82→62→72→78→76→1		
4.Şub	Ekip1	1→13→14→8→39→40→29→30→9→28→43→42→41→44→11→10→25→31→12→1		
	Ekip2	1→74→60→75→100→81→77→102→89→99→93→85→69→79→91→95→90→66→67→101→65→94→84→80→73→70→87→71→68→82→97→92→88→62→72→78→76→96→98→86→1		
5.Şub	Ekip1	1→20→17→30→47→46→15→45→28→32→48→16→19→18→25→49→31→50→1		
	Ekip2	-		
6.Şub	Ekip1	1→22→55→54→21→51→30→56→28→25→52→53→1		
	Ekip2	1→115→89→99→93→85→116→113→91→95→90→112→104→108→111→114→106→105→103→107→109→92→88→110→98→117→86→1		
7.Şub	Ekip1	1→59→24→23→30→28→58→57→33→25→1		
	Ekip2	1→137→122→126→128→134→119→120→127→130→124→123→121→138→132→118→136→133→129→131→139→135→125→1		

5.7. Sonuçların mevcut durum ile karşılaştırılması

Matematiksel model sonucunda elde edilen çözüm ile mevcut durumda oluşturulan çözüm Tablo 6'daki gibi karşılaştırılmıştır. Hafta boyunca aynı sayıda hasta, optimal çözümde sadece kadrolu çalışan personeller ile yapılabilirken, mevcut durumda hastaneden ekstra personel istemi yapılmıştır. Buna ek olarak toplam kat edilen mesafenin minimize edilmesi amacıyla oluşturulan rotalar ile birlikte yaklaşık 95 km'lik kazanç elde edilmiştir.

Tablo 6. Mevcut ve optimal çözümün karşılaştırılması

	MEVCUT	OPTİMAL
Hasta Sayısı	138	138
Personel Sayısı	11+4	11
Toplam Mesafe (km)	609,6	514,308

6. Sonuç ve tartışma

ESH bireylere evlerinde verilen sağlık hizmetleridir. Bu hizmetler kapsamında muayene, tetkik, tahlil, tedavi, tıbbi bakım, takip ve rehabilitasyon hizmetleri sunulmaktadır. Bu uygulama hastane yönetimi açısından hastane yatış sürelerini azaltarak hastane doluluk oranlarını azaltma avantajı sağlarken, hasta açısından bakıldığında rahat ve konforlu bir şekilde hastalığının takip ve tedavisinin yapılmasını sağlayan pratik bir uygulamadır. Özellikle artan

nüfus içerisindeki yaşlı nüfus oranının artmasıyla, bu hizmetlere olan talep de artmıştır. Dolayısıyla bu hizmetlerin iyi planlanarak hizmet kalitesinin artırılması önem kazanmaktadır.

Yapılan bu çalışmada Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi bağlı Evde Sağlık Hizmeti Birimi uygulama yeri olarak seçilmiştir. Çalışmada toplanan veriler ile iki ayrı tam sayılı programlama modeli kurularak haftalık ziyaret planı oluşturulmuştur. İlk olarak Model-1 ile farklı niteliklere sahip kadrolu sağlık personellerinden, her gün iki ekip olması şartıyla ekipler oluşturulmuştur. Oluşturulan bu ekiplerde her personel tipi için iş yükü minimizasyonu hedeflenmiş ve bu sayede dengeli ve adaletli bir ekip listesi oluşturulmuştur. Daha sonra Model-2’de önceki aşamada oluşturulan her ekip için, gün içerisinde ziyaret edeceği hastalara göre rotaları oluşturulmuştur. Oluşturulan rotalarda ana amaç olarak toplam kat edilen mesafe minimizasyonu dikkate alınırken, yan amaç olarak yol, süre ve maliyet minimizasyonu sağlanmıştır.

Kurulan iki model sonucunda elde edilen uygun çözüm ile mevcut durum karşılaştırıldığında ek personele ihtiyaç duymadan, sadece kadrolu personeller ile rotalarda %18 ((609,6-514,308)-1) iyileştirme sağlanmıştır.

Bu çalışmaya personel tercihleri, bakım sürekliliği vb. konular dahil edilerek daha farklı kriterlerden oluşan ziyaret planları oluşturulabilir. Planlama periyotları daha küçük (günlük) ya da daha büyük (aylık) ele alınarak ziyaret planları üzerindeki etkisi tartışılabilir. Büyük boyutlu veri setleri ile çalışılarak metasezgisel yöntemler kullanılabilir. İleride yapılacak çalışmalarda farklı uygulama yerleri seçilerek farklı kısıtlamalar ve farklı veriler içeren matematiksel modeller oluşturulabilir.

Bu çalışmada ele alınan problem, hedeflenen amaç, kısıtlar ve problemin boyutu ile düşünüldüğünde kullanılan yöntem ile uyumludur. Ancak planlama periyodunun uzaması ya da veri yoğunluğu artmasıyla birlikte bu yöntem makul çözüm süresinde uygun sonuç veremeyebilir. Bu nedenle büyük boyutlu problemler için sezgisel yöntemlerin kullanılması avantajlı olacaktır.

Araştırmacıların katkısı

Kevser YURDAKUL: Bilimsel yayın araştırması, verilerin toplanması ve düzenlenmesi, yöntemin uygulanması ve makalenin oluşturulması işlemlerini gerçekleştirmiştir. Hacı Mehmet ALAKAŞ: Kullanılan yöntemin belirlenmesi, çözümün oluşturulması ve sonuçların yorumlanmasına katkı sağlamıştır. Tamer EREN: Bilimsel araştırma yeterliliğinin, yöntem uygunluğunun, sonuçların yorumlanmasının ve makalenin genel inlemesini gerçekleştirmiştir.

Çıkar çatışması

Bu çalışmada yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Kaynaklar

Alakaş, H.M., Kızıldaş, Ş., Eren, T. & Özcan, E. (2018) Sıfır Atık Projesi Kapsamında Atıkların Toplanması: Kırıkkale İlinde Homojen Çok Araçlı Araç Rotalama Uygulaması. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 3(3), 190-196. Erişim adresi: <http://dergipark.gov.tr/humder/archive>

Allaoua, H., Borne, S., Letocart, L. & Calvo, R. W. (2013). A matheuristic approach for solving a home health care problem. *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, 41, 471–478. doi: <https://doi.org/10.1016/j.endm.2013.05.127>

Batur, G.D. & Erol, S. (2018). Sağlık sistemlerinde yöneylem araştırması teknikleri: 2007-2017 yılları arası literatür taraması. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(1), 153–166. doi: <https://doi.org/10.5505/pajes.2017.44389>

Carello, G. & Lanzarone, E. (2014). A cardinality-constrained robust model for the assignment problem in Home Care services. *European Journal of Operational Research*, 236, 748–762. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.01.009>

Carello, G., Lanzarone, E., Servilio, M. & Laricini, D. (2017). Handling Time-Related Demands in the Home Care Nurse-to-Patient Assignment Problem with the Implementor-Adversarial Approach. *International Conference on Health Care Systems Engineering*, 210, 87–97. Erişim adresi: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-66146-9_8

- Cayir, Y. (2020). Home Health Care. *Turkish Journal of Family Medicine and Primary Care*, 14(1), 147–152. doi: <https://doi.org/10.21763/tjfmpe.693164>
- 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, 1–22. doi: <https://doi.org/10.1016/j.orhc.2017.06.001>
- Çoban, M., Esatoğlu, A.E. ve İzgi, M.C. (2014). Türkiye’de evde sağlık ve bakım hizmetleri uygulamalarının mevzuat içindeki tarihsel değişimi. *Türkiye Biyoetik Dergisi*, 1(3), 154–176. doi: <https://doi.org/10.5505/tjob.2014.29392>
- Decerle, J., Grunder, O., Hajjam El Hassani, A. & Barakat, O. (2017). A general model for the home health care routing and scheduling problem with route balancing. *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), 14662–14667. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.1907>
- Doğusan, A.R. (2019). Türkiye’de Evde Sağlık Hizmetleri ile İlgili Mevzuat ve Gelişimi. *Ankara Med J*, 19(3), 684–693. doi: <https://doi.org/10.17098/amj.624563>
- Emiliano, W., Telhada, J. & do Samerio Carvalho, M. (2017). Home health care logistics planning: a review and framework. *Procedia Manufacturing*, 13, 948–955. doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.165>
- Eveborn, P., Flisberg, P. & Ronnqvist, 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>
- Gayraud, F., Deroussi, L., Grangeon, N. & Norre, S. (2013). A new mathematical formulation for the home health care problem. *Procedia Technology*, 9, 1041–1047. doi: <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.116>
- Grieco L., Utley M. & Crowe S. (2021) Operational research applied to decisions in home health care: A systematic literature review, *Journal of the Operational Research Society*, 72:9, 1960-1991 doi: <https://doi.org/10.1080/01605682.2020.1750311>
- Güvez, H., Dege, M. & Eren, T. (2012). Kırıkkale’de araç rotalama problemi ile tıbbi atıkların toplanması. *International Journal of Engineering Research and Development*, 4(1), 41-45. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/umagd/issue/31723/345863>
- Hewitt, M., Nowak, M. & Nataraj, N. (2016). Planning Strategies for Home Health Care Delivery. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 33(5): 1–26. doi: <https://doi.org/10.1142/S021759591650041X>
- Holm, S. & Angelsen, R. (2014). A descriptive retrospective study of time consumption in home care services: how do employees use their working time?. *BMC Health Serv Res*, 14(439), 1-10. Erişim adresi: <http://www.biomedcentral.com/1472-6963/14/439>
- Lahrichi, N., Lanzaron, E. & Yalçındağ, S. (2017). A New Decomposition Approach for the Home Health Care Problem, *International Conference on Health Care Systems Engineering*, 210, 27–36. Erişim adresi: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-66146-9_3
- Lanzarone, E. & Matta, A. (2014). Robust nurse-to-patient assignment in home care services to minimize overtimes under continuity of care. *Operations Research for Health Care*, 3, 48–58. doi: <https://doi.org/10.1016/j.orhc.2014.01.003>
- Luenberger, D.G. & Ye, Y. (2016). *Linear and Nonlinear Programming*. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-18842-3>
- Mankowska, D.S., Meisel, F. & Bierwirth, C. (2014). The home health care routing and scheduling problem with interdependent services. *Health Care Manag Sci*, 17(1), 15–30. doi: <https://doi.org/10.1007/s10729-013-9243-1>
- Marcon, E., Sodes, C., Yves, S. & Bonte, T. (2016). Caregivers Routing Problem in Home Health Care: Literature Review. *Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing*. *Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing*, 694, 319-326. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-51100-9>
- Population Reference Bureau. (2019). Erişim adresi: <https://www.prb.org/2019-world-population-data-sheet/>
- 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. *Flex Serv Manuf J*, 28(3), 495–525. doi: <https://doi.org/10.1007/s10696-015-9227-1>
- Shi, Y., Boudouh, T. & Grunder, O. (2017). A Home Health Care Routing Problem with Stochastic Travel and Service Time. *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), 13987–13992. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.2419>
- Taha, H. (2000). *Yöneylem Araştırması*. Literatür Yayıncılık.
- Taha, H. (2014). *Integer programming: theory, applications, and computations*. Academic Press.
- Taş, C., Bedir, N., Yurdakul, K., Alakaş, H.M., Eren, T. & Çetin, S.Ö. (2019). Yaşlılara Bakım Hizmetinde En Uygun Rotanın Belirlenmesi. *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(2), 391-402.
- T.C. Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı. (2020a). Erişim adresi: <https://www.ailevecalisma.gov.tr/media/37313/istatistik-bulteni-ocak-2020-1.pdf>
- T.C. Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı. (2020b). Erişim adresi: <https://www.ailevecalisma.gov.tr/media/45354/yasli-nufus-demografik-degisimi-2020.pdf>
- Evde Bakım Hizmetleri Sunumu Hakkında Yönetmelik. (2005, 10 Mart). Resmi Gazete (Sayı: 25751). Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/03/20050310-5.htm>
- Sağlık Bakanlığı Ve Bağlı Kuruluşları Tarafından Evde Sağlık Hizmetlerinin Sunulmasına Dair Yönetmelik. (2015, 27 Şubat). Resmi Gazete (Sayı: 29280). Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/02/20150227-14.htm>
- Trautswieser, A. & Hirsch, P. (2014). A Branch-Price-and-Cut Approach for Solving the Medium-Term Home Health Care Planning Problem. *Wiley Online Library*, 64(3), 143–159. doi: <https://doi.org/10.1002/net.21566>
- Trautswieser, 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>
- Türk Tabipler Birliği. (2015). Erişim adresi: <https://www.ttb.org.tr/235yglf>
- Umumi Hıfzıssıhha Kanununun Tatbikatına Dair Tamim. (1931, 19 Temmuz). Resmi Gazete (Sayı: 1852) Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/1852.pdf>
- United Nations, (2019). Erişim adresi: <https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/ageing/WorldPopulationAgeing2019-Report.pdf>
- Uzumer, E. & Eren, T. (2012). Okul Servisi Rotalama Problemi: Bir Uygulama. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 4(2), 26-29. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/umagd/issue/31724/346034>
- Wirnitzer, J., Heckmann, I., Meyer, A. & Nicke, 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>
- 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. *Flex Serv Manuf J*, 28, 304–335. doi: <https://doi.org/10.1007/s10696-015-9222-6>
- Yılmaz, M., Sametoğlu, F., Akmeşe, G., Tak, A., Yağbasan, B., Gökçay, S., Sağlam, M., Doğanılmaz, D. & Erdem, S. (2010). Sağlık Hizmetinin Alternatif Bir Sunum Şekli Olarak Evde Hasta Bakımı. *İstanbul Tıp Dergisi*, 11(3), 125–132.
- Yurdakul, K., Alakaş, H.M., Eren, T. & Gür, Ş. (2020). Yaşlılara Evde Bakım Hizmetinde Bulunan Ekiplerin Rotalanması: Büyükşehir Belediyesinde Bir Uygulama. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4(1), 206-223. doi: <https://doi.org/10.28948/ngumuh.602180>

Ek-1

Hasta No	3.Şub	4.Şub	5.Şub	6.Şub	7.Şub	Hasta No	3.Şub	4.Şub	5.Şub	6.Şub	7.Şub	Hasta No	3.Şub	4.Şub	5.Şub	6.Şub	7.Şub	

1 (Hst.)	-	-	-	-	-	48			✓	95	✓	✓
2	✓					49			✓	96	✓	
3	✓					50			✓	97	✓	
4	✓					51			✓	98	✓	✓
5	✓					52			✓	99	✓	✓
6	✓					53			✓	100	✓	
7	✓					54			✓	101	✓	
8		✓				55			✓	102	✓	
9		✓				56			✓	103		✓
10		✓				57				104	✓	✓
11		✓				58				105	✓	✓
12		✓				59				106	✓	✓
13		✓				60	✓	✓		107	✓	✓
14		✓				61	✓	✓		108	✓	✓
15			✓			62	✓	✓		109	✓	✓
16			✓			63	✓	✓		110	✓	✓
17			✓			64	✓	✓		111	✓	✓
18			✓			65	✓	✓		112	✓	✓
19			✓			66	✓	✓		113	✓	✓
20			✓			67	✓	✓		114	✓	✓
21				✓		68	✓	✓		115	✓	✓
22				✓		69	✓	✓		116	✓	✓
23					✓	70	✓	✓		117	✓	✓
24					✓	71	✓	✓		118		✓
25	✓	✓	✓	✓	✓	72	✓	✓		119		✓
26	✓					73	✓	✓		120		✓
27	✓					74	✓	✓		121		✓
28	✓	✓	✓	✓	✓	75	✓	✓		122		✓
29		✓				76	✓	✓		123		✓
30		✓	✓	✓	✓	77	✓	✓		124		✓
31		✓	✓			78	✓	✓		125		✓
32			✓			79	✓	✓		126		✓
33					✓	80	✓	✓		127		✓
34	✓					81	✓	✓		128		✓
35	✓					82	✓	✓		129		✓
36	✓					83	✓	✓		130		✓
37	✓					84	✓	✓		131		✓
38	✓					85		✓	✓	132		✓
39		✓				86		✓	✓	133		✓
40		✓				87		✓	✓	134		✓
41		✓				88		✓	✓	135		✓
42		✓				89		✓	✓	136		✓
43		✓				90		✓	✓	137		✓
44		✓				91		✓	✓	138		✓
45			✓			92		✓	✓	139		✓
46			✓			93		✓	✓			
47			✓			94		✓	✓			