**AMELİYATHANELERİN ÇİZELGELENMESİ, BİR KARIŞIK TAMSAYILI PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI[[1]](#footnote-1)**

**Bülent ÇEKİÇ [[2]](#footnote-2)**

**ÖZET**

*Bu çalışma ameliyathane faaliyetlerinin, bunları kullanan cerrahi servisler arasında nasıl dengeli dağıtılabileceğine ilişkin en uygun (optimal) çözümler bulmayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda, karışık tamsayılı programlama yöntemi kullanılarak bir sayısal model geliştirilmiştir. Bu modelin amaç fonksiyonu hazırlık maliyetlerini minimize ederek, model verisinde yer alan ameliyathanelerin, cerrahi servislere haftalık olarak dengeli dağıtımını yapmaktadır. Modelin senaryolar geliştirilerek varılan sonuçları, mevcut kullanım şartlarına göre, ameliyathanelerin kullanımının daha dengeli dağılımını yapmakta, daha az hazırlık maliyetli ve daha esnek kullanım olanaklarını ortaya koymaktadır.*

***Anahtar Kelimeler:*** *Çizelgeleme, Ameliyathanelerin Çizelgelenmesi, Karışık Tamsayılı Programlama.*

***JEL Kodları:*** *C44, D24, I11.*

**A MIXED INTEGER PROGRAMMING APPROACH FOR SCHEDULING OF OPERATING ROOMS**

***ABSTRACT***

*This study aims to find an optimal solution to the balanced distribution of surgical services to operating rooms. For that matter, a mixed integer programming model is developed. The objective function of the model aims to minimize setup costs and provides a weekly balanced distribution of operating rooms to surgical services. Operating-room-allocation is expected to create bottlenecks in cases of emergencies. In order to exhibit the effects of emergencies and the changes in operating room assignments, some scenarios have been developed and the model is solved for all these cases. The results have revealed that the current allocation of the operating rooms to the surgeries takes time and brings about setup costs to overcome the emergencies. When some of the surgical services are allowed to use at least one of the operating rooms freely, it is observed that the costs are reduced. The usage of all operating rooms without any constraining allocations by the surgical services, makes the total setup cost zero. However, in this case, there occur operating-room-renewing costs which are not explicitly included into the model. The actual data about the allocation of the operating rooms are obtained from a public hospital. The results show that the alternative scenarios exhibit more balanced operation distributions and a flexible operating room usage with less time and setup costs.*

***Keywords:*** *Scheduling, Operating Room Scheduling, Mixed Integer Programming (MIP).*

***JEL Codes:*** *C44, D24, I11.*

**1. GİRİŞ**

Sağlıklı bir yaşam sürmek, sağlık problemlerine çözüm aramak her çağda insanoğlunun önceliklerinden biridir. Bu arayış, tıp biliminin her zaman ön planda olmasına neden olmuştur. Sağlık bilimlerinin gelişimi çevresel etkilerin de gelişimiyle mümkün olmaktadır. Her ne kadar tıp bilimi kendi içinde bir bütünmüş gibi algılansa da, konuya detaylı bakıldığında aslında birçok disiplinden faydalandığını görmek mümkündür. Bunların başını fizik, kimya, biyoloji gibi temel bilimler çekmekle beraber, geçen yüzyılın ortalarından itibaren hızlı bir gelişim gösteren yönetim ve bilgi sistemlerinin ortaya koydukları çözüm önerileri bu sistemlerin de sağlık bilimlerine entegrasyonunu sağlamıştır. Sağlık sistemlerinin gelişmesi, ortaya daha karmaşık ve büyük boyutlu problemlerin çıkmasını da beraberinde getirmiştir. Bu problemlere çözüm arama ve daha hızlı karar verme istekleri, daha doğrusunu bulma zorunluluğu, disiplinler arası bir yaklaşımın gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Birer hizmet üretim birimleri olan hastaneleri birer şirket gibi düşünerek, çeşitli birimlerin birbirleriyle uyumlu ve verimli olarak çalışmasını gerçekleştirmek gerekmektedir. Yönetim bilimlerinin ilgilendiği konulardan biri olan matematiksel programlama da tam olarak bu noktada sağlık bilimlerinin yardımına koşmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada hastane yönetimine, verimsiz kullanıldıklarında büyük maliyetler çıkaran ameliyathanelerin iş yüklerinin dengeli olarak programlanmasına ilişkin bir öneri sunulmaktadır. Çalışma, belli sayıda ameliyathaneyi, ilgili bir cerrahi bölüme, gün ve saat gözetmeksizin tümüyle tahsis eden bir hastaneye uygulanmıştır. Amaç bu tip bir atamayı ortadan kaldırarak, ameliyathane kullanımını daha verimli hale getirebilecek alternatifler sunmaktır. Bu alternatifler oluşturulurken, ameliyathanelerin tümünün aynı çalışma şartlarına sahip oldukları varsayılacaktır. Bunun dışında, sağlık personelinin ve hastaların istek ve öncelikleri, ameliyat sürelerinin uzunluğu, talep belirsizlikleri gibi her biri farklı varsayımlar ve kısıtlarla modellenebilecek problemler bu modelin çözümünde yer almayacaktır.

**2. HASTANELER VE AMELİYATHANELER**

Dünya Sağlık Örgütü (WHO), hastaneleri; "*hastaları kontrol altında tutan, tanı ve tedavilerinin yanı sıra rehabilitasyon hizmetleri veren sağlık kuruluşları*" olarak tanımlarken, Sağlık Bakanlığı Yataklı Tedavi Kurumları İşletme Yönetmeliği ise hastaneleri, "*hasta ve yaralıların, hastalıktan şüphe edenlerin, ayakta veya yatarak müşahede, muayene, teşhis, tedavi ve rehabilite edildikleri, aynı zamanda doğum yapılan kurumlar*" olarak nitelemektedir. Böylesine karmaşık bir yapı olan hastaneler düzgün yönetilemedikleri takdirde birçok birimin birbirleriyle çatışma halinde olması kaçınılmazdır. Hastaneler, tedavi ve tıbbi bakım fonksiyonlarının yanı sıra doktorların ve yardımcı sağlık personelinin eğitimi, tıbbi araştırma ve toplum sağlığı gibi hizmetleri de yerine getirmektedirler. Bu nedenle hastaneleri tıbbi bir kuruluş, ekonomik bir işletme, doktor ve diğer personeline eğitim veren bir eğitim kurumu, bir araştırma ünitesi, birçok meslek gruplarından kişilerin çalıştığı sosyal bir örgüt olarak tanımlamak mümkündür (Özcan, 1997).

Hastaneler, dinamik bir yapıdadırlar ve aldıkları girdileri dönüştürme sürecinden geçirerek, çıktılarının önemli bir kısmını yine aynı çevreye veren, geribildirim mekanizmasına sahip sistemlerdir. Hastanenin girdileri, maddi, mali ve insani kaynaklardan oluşmaktadır. Hastanelerin amacı, belli düzeydeki sağlık hizmetlerini en düşük maliyette ve en yüksek kalitede sunmak olmalıdır. Hastane yöneticisi, bu amacı gerçekleştirmek için hastane kaynaklarını optimum düzeyde planlayan ve kullanan kimse olarak tanımlanabilir. Hastane yönetimi, hastane amacına yönelik olarak hizmet unsurlarını verimli, ekonomik ve uyumlu bir biçimde harekete geçiren, bu iş yapılırken bilimsel yönetim tekniklerini kullanan, yeni bilgi ve beceriler gerektiren, işin yapılmasına yönelik olarak çeşitli fonksiyonları kapsayan bir bilim, sanat ve özelleşmiş bir yönetim alanıdır. Hastaneler, hizmetlerini eksiksiz yerine getirebilmek için etkili bir yönetime sahip olmak zorundadırlar. Hastane yönetimi, genel yönetimin bir çeşididir ve planlama, programlama, bütçeleme, kadrolama, yürütme, kontrol gibi fonksiyonları kapsar (Özgülbaş, 1995).

Türkiye'deki yataklı tedavi kurumları kamu ve özel sektör hastanelerinden oluşmaktadır. Türkiye sağlık sisteminin önemli ölçüde yükü devlet hastaneleri üzerindedir. Bunlar gerçek anlamda sektörün hâkimidir ve toplam kapasitenin en büyük kısmını oluşturmaktadır. Hastanelerde çalışan hekim sayıları değerlendirildiğinde ise en yüksek istihdam devlet hastanelerinde bulunmaktadır. Buradan yola çıkarak devlet hastanelerinde yapılacak iyileştirme çalışmalarının, Türkiye'de sağlık sistemine büyük katkıda bulunacağı öne sürülebilir. Ayrıca bu kurumlarda iyi bir yönetim modelinin, ilgili hastanelerde etkili ve verimli bir şekilde işletilmesi neticesinde, sağlık sisteminde gözle görülür iyileşmelerin olması mümkün görülmektedir (Asunakutlu, 2004).

Ülkemiz gerek makine-teçhizat gerekse hekimlik uygulamalarında son gelişmeleri yakından takip eden ve buna katkıda bulunan bir seviyeye ulaşmıştır. Özellikle üniversite hastanelerinde gözlenen bu gelişmeler ve kalite algısı, hasta akışının da buralara yönelmesiyle sonuçlanmaktadır. Bu durum bir yığılmayı, dolayısıyla hasta kabulünde bir problemi ortaya çıkarmaktadır. Bir randevu sisteminin oluşturulup hasta-doktor buluşmasının gerçekleştirilmesi maalesef tüm sorunları çözememektedir. Bir tetkik-tedavi sürecinin başlangıcı olan bu buluşma hastanın başka sistemlere de dâhil olmasıyla sonuçlanacak, en basit laboratuvar sonuçları için bile bir bekleme sürecine girilecektir.

Bazı hastalıklar cerrahi müdahaleleri gerektirmektedir. Basit bir operasyon için bile özel bir birime yani ameliyathaneye ihtiyaç vardır. Kısıtlı kapasiteye sahip olan bu birimlerde zaman zaman darboğaza (knapsnack) veya yığılmalara rastlanmaktadır. Ameliyathaneler her ne kadar 24 saat çalışma prensibine göre tasarımlanmış olsalar bile bu sürecin önemli bir kısmında atıl durumdadırlar. Çalışanların sosyal ihtiyaçları göz önünde bulundurulduğunda bu normal bir sonuçtur. Acil birimlerin kullanımı dışarıda tutulursa, buraların çalışma saatleri dışında faaliyette olmadıkları söylenebilir. Ameliyathanelerdeki çalışmalar bir ekip çalışmasıdır ve her ameliyatta bir şef ve ekibinden söz edilebilir. Zaman zaman bu ekip elemanlarının bir kısmının paylaşılması gerekebilir. Bu nedenle her ekibin birbirini takip eden zamanlarda çalışması, ameliyatın hassas ve dikkat isteyen bir iş olması nedeniyle ekip elemanlarının aşırı yükle çalışmasının vahim sonuçlar doğurabileceği de dikkate alındığında çizelgelemenin çok dikkatli ve iyi yapılmasının şart olduğu görülmektedir. Buna makine-teçhizatın kullanımından doğabilecek kısıtlamalar da eklenirse, problemin ana hatları çizilmiş olur.

Hastanelerin yataklı servislerinin büyük bir çoğunluğu cerrahi servis hastalarına hizmet vermektedir. Gelişen teknoloji zamanla ameliyat sürelerini kısaltsa, hatta bazı tiplerde hemen hemen hasta yatışına hiç gerek kalmasa da, servislerdeki hasta sirkülasyonu bundan etkilenmemektedir. Bu yoğun talep hastane yerleşim planlamasında da bazı kısıtlar getirmektedir. Ameliyathanelerle, yatan hasta servislerinin aynı kapalı birimde olması bu kısıtlardan bir tanesidir. Bu durumda bu servisleri kullanan ekiplerin de aynı yapı içinde bulunması zorunluluğu doğacaktır. Bu durum acil servis yerleşiminde de aynı mantıkla işleyecektir. Ameliyathanelerin gerekli fiziki ve hijyenik koşulları sağlamaları için bir kompleks halinde bulunmaları şartı da söz konusudur. Bu şart aynı zamanda ekiplerin ortak çalışma gerekliliğini de karşılamış olur. Bazı hastaların birden çok ekip gerektirecek ameliyatlara girebilecekleri düşünülürse, ameliyathanelerin bir bütün halinde bulunması bu tür durumlarda bir zorlukla karşılaşılmasını engelleyecektir. Aynı şekilde ortaklaşa kullanılabilecek ekipmanların yakın mekânlarda bulunması da işleyiş açısından bir tasarım zorunluluğu olarak karşımıza çıkar.

**3. ÇİZELGELEME**

Çizelgeleme, hem üretim hem de hizmet sektörlerinde faaliyet gösteren işletmeler için önemli karar problemlerinden biridir. Genel bir tanımla çizelgeleme, bir işletmenin teslim zamanları belirli olan işleri, hangi kaynakları kullanarak ve hangi sırayla tamamlayacağına yönelik vereceği kararlar bütünüdür. Çizelgeleme problemlerinin problem içeriği ve/veya eldeki bilgiye bağlı birçok değişik türü bulunur. Problem yapısını oluşturan bu özelliklere bağlı olarak da farklı çözüm yöntemleri geliştirilmiştir. Çözüm yöntemleri işletmenin olası amaçlarına yönelik olarak sonuç verdiklerinden, her biri her amaca yönelik en iyi sonuçları vermeyebilir. Çizelgeleme problemlerinin yapısında farklılık oluşturacak bir diğer etken belirlilik faktörüdür. Yani teslim tarihleri ve üretim süreleri problemi çözme aşamasından önce bilinmektedir. Bazı durumlarda üretim süreleri bilinemeyebilir. Böylesi durumlarda problem stokastik (olasılığa bağlı) bir yapı kazanır. Bu tip problemlerin çözüm yöntemleri hem daha farklı hem de daha zordur. Sonuçları da sadece bir beklentiyi yansıtır ve kesinlik arz etmez. Çizelgeleme problemlerini farklılaştıran bir diğer faktör ise durağanlık yapısıdır. Çoğu çizelgeleme problemi durağandır. Tamamlanması beklenen bir grup iş için sipariş gelmiş kabul edilir ve bu işler çizelgelenir. Gerçekte ise, siparişler zaman içinde sürekli bir şekilde gelir ve problem durağan olamayan (dinamik) bir yapı kazanır. Bu tip durumlarda bir önceki çizelgeden kalan işleri ve yeni gelen işleri bir araya getirerek ve yeniden çizelgeleme yaparak problem durağanlaştırılabilir (Nahmias,2001; Silver ve diğerleri, 1998).

Çizelgeleme, faaliyetlerin hangi sırada gerçekleştirilecekleri bilgisi dışında, bu faaliyetlerin ne zaman başlayıp ne zaman biteceği bilgisini de içerir. Çizelgelenen faaliyetlerinin kullandığı kaynaklar kısıtlı olabildiği gibi faaliyetler arasında öncelik ilişkileri de olabilir. Öncelik ilişkileri teknolojik bir gereksinimi yansıttığı gibi, tamamen yönetimsel bir kararın sonucu da olabilirler. Öncelik ilişkileri, zaman bazında faaliyetler arasındaki başlangıç-bitiş ilişkilerini belirler. Bir faaliyet, öncül faaliyetlerinin hepsi bitmeden başlayamaz. Genellikle kabul edilen, bir faaliyetin bütün öncülleri tamamlanınca hemen başlayabileceğidir.

Çizelgeleme probleminde iki tür olurluluk kısıtından bahsedilebilir; tezgah kapasitesi kısıtları ve teknolojik kısıtlar. Çizelgeleme probleminin çözümü bu iki tip kısıtın olurlu bir çözümüdür (Baker, 1994). Bununla beraber, prensipte herhangi bir atölye tipi çizelgeleme problemi için olurlu çizelgelerin sayısı, ardışık işlemler arasına keyfi miktarda boş zaman girilebileceği için sonsuzdur. Hiç boş zaman bırakılmasa bile, belli hacimdeki atölye tipi bir problem için mümkün yarı-aktif çizelgelerin sayısı çok fazla olacağından, bunlar arasında en iyisinin tespiti için harcanacak süre aynı oranda fazla olacak, hatta bazen imkansız hale gelecektir. Sonuç olarak, eğer bir çizelgeleme problemini optimum çözecek etkin, yani polinomsal bir zaman algoritması yoksa bu problem NP-zor (Non-deterministic Polynomial hard) olarak sınıflandırılır ve etkin yaklaşık algoritmalarla çözüm aranması gerekir (Pinedo, 1995).

Genel atölye tipi çizelgeleme problemi sonlu sayıda iş kümesi Ji’nin *(i=1,2,..,n)* sonlu sayıda tezgah kümesi Mk *(k=1,2,..,m)* üzerinde önceden belirlenen bir sıra ve kapasite kısıtlarını yerine getirerek, belirli bir başarı ölçütünü en iyileyecek şekilde her işlem için bir başlama zamanı (*tik ≥ 0 olacak şekilde*) belirlemektir. Söz konusu değişkenleri ameliyathanelere uyarlayacak olursak, Ji ameliyat sayılarını, Mk ameliyathane sayılarını, tik ise ameliyatların başlangıç zamanlarını ifade ederse, problemin matematiksel ifadesi şu şekilde yazılabilir:

|  |  |
| --- | --- |
| Min Cmax ; | |
|  | til – tik ≥ pik , | ∀ *i* ∈ J ; burada [*k,l*] *i* işinin ardışık iki | (1) |
|  |  | işlemidir ve *k→l* (*k* işlemi l’den önce gelir). |  |
|  | tiz - tjy ≥ pjy V tjy - tiz ≥ piz , | ∀ *i, j* ∈ J; burada *i≠j*’dir ve [*y,z*] aynı tezgahta | (2) |
|  |  | yapılması gereken iki ayrı işin işlemleridir. |  |
|  | tik ≥ 0 , | ∀ i ∈ J ve ∀ k ∈ M . | (3) |

Burada, birinci kısıt (1) her bir işin ardışık işlemlerinin başlama zamanları arasındaki farkın en az bir önceki işlemin süresi kadar olmasını garantiler. Bu bir işin bir anda sadece bir tezgâh tarafından işlenebileceği varsayımını yerine getirir. Ameliyathaneler açısından değerlendirirsek bu kısıt, bir ameliyat tamamlanmadan bir diğerinin aynı ameliyathanede başlamasını engelleyecektir. İkinci kısıt (2) bir tezgâhın aynı anda sadece bir işlemi yapabilmesini sağlar. Bu kısıt ise bir ameliyathaneye belirlenmiş bir süre için bir ameliyathaneye yalnızca bir ameliyat atanması kısıtıyla aynı özelliktedir. Üçüncü kısıt (3) negatif olmama şartını yerine getirir; böylelikle bütün işlerin tamamlanacağını garanti eder. Çizelgelemede amaç fonksiyonu işlerin tamamlanma zamanının bir fonksiyonudur. Bu bazen maksimum tamamlanma zamanı, ortalama tamamlanma zamanı ve ortalama tezgâh boş bekleme oranı gibi doğrudan, bazen de tamamlanma zamanıyla beraber maksimum pozitif gecikme ve ortalama pozitif gecikme gibi teslim tarihinin bir fonksiyonudur (Baker, 1994).

**3.1. Ameliyathanelerin Çizelgelenmesine İlişkin Yapılmış Çalışmalar**

Toplumların gelişmesi ve yaşlı nüfusunun artması ile birlikte sağlık sistemlerine olan talebin artması, buna karşılık sağlık hizmeti kaynaklarının bu talebi karşılayacak düzeyde gelişememesi ortaya birçok problemin çıkmasına neden olmuştur. Bu problemlerin çözümü için bilgisayar katkısı sağlanarak birçok matematik model ve teknik geliştirilmeye çalışılmıştır. Hizmet veren organizasyonların karşılaştığı genel problem, hizmet talebiyle, hizmet zamanının hayli değişken olmasıdır. Hizmet talebiyle hizmet zamanının rastgele gerçekleştiği durumlarda düzgün programlama yapılması olanaksızlaşmaktadır. Böyle durumlarda bekleme sürelerini kabul edilebilir seviyelerde tutarak hizmet kapasitesini buna göre ayarlamak gerekmektedir. Bazı durumlarda ilk gelen hizmet alır (FCFS) kuralını uygulayan bir sistemden ziyade öncelik sıralı bir sistem kullanarak genel performans arttırılabilir. Uygun bir örnek model oluşturulduğunda ise verimliliği arttırıcı daha etkili çizelgeler oluşturulabilir.

Literatürde sağlık sistemleri için yapılan yöneylem araştırma çalışmaları şu başlıklar altında toplanmıştır: Genel sağlık, sağlık planlaması, talep tahmini, hastane yeri seçimi, ambulans gereksinimi ve tahsisi, özel servis ünitelerinin (ameliyathane, laboratuvar vb.) kapasitesi ve programlanması, kadroların atanması, randevu sistemleri, hastanelerde stok kontrolü, kan bankası, radyoloji departmanının programlanması, yardımcı tıbbi personel, hastane yönetimi ve organizasyonu (Fries, 1976; Fries, 1979). Hastanelerde polikliniklerin, laboratuvarların, ameliyathanelerin, hasta yataklarının, hastane yerleşiminin (idare, kan bankası, yemekhane, çamaşırhane gibi birimlerin yerlerinin saptanması), çeşitli amaçlar için kullanılan makine, teçhizat ve araçların planlanması gereklidir. Bu konuda yapılan çalışmalarda servislerdeki hasta yatağı ve ekipman sayısı, ameliyathane ve uyanma odalarının sayısı, yoğun bakım ünitesinin kapasitesi, doğumhanenin kapasitesi, ambulansların sayısı gibi problemler incelenmiştir.

Hastalar, hastalığın özelliklerine göre çeşitli teşhis ve tedavi birimlerinden yararlanmaktadır. Bu bakımdan, bir hastanenin bütünündeki teşhis ve tedavi birimlerinin kapasiteleri arasında bir denge olmalıdır. Çünkü hastanelerdeki kaynak tahsisi, kaynakların birbirlerine olan bağımlılığı nedeni ile karmaşık bir yapıdadır. Ayrıca hastanelerde kaynakların kısa sürede değiştirilmesi veya artırılması oldukça güç olabilir. Hastane içi işler için yapılan çizelgelemelerin amacı, hastane kaynaklarının en verimli biçimde kullanılmasını sağlamaktır. Bu çizelgelemelerde, birbirleriyle çelişen birçok amaç ortaya çıkmaktadır. Literatüre baktığımızda, bu nedenden dolayı, çizelgeleme modellerinde en çok karşılaşılan yaklaşım amaç programlama olmaktadır. Hastanelerde, kısıtlı kaynakların kullanımından doğan çeşitli problemler ortaya çıkabilir. Bunlar genellikle hastane yönetimi ile personel ve hastane yönetimi ile hasta arasında yaşanmaktadır. Hastanelerde yapılacak çizelgelemelerle bu tür belirsizliklerin ve anlaşmazlıkların da önüne geçilebilir.

Hastanelerde yapılan çizelgelemelerin çoğunluğunun elle yapılmakta olduğu gözlenmiştir. Elle yapılan çizelgeler hem çok zaman almakta hem de esnek olamamaktadır. Aynı zamanda bu tür bir yaklaşımın en iyi çözümü üretmesi de söz konusu değildir. Bu anlamda, literatüre geçen çalışmaların genellikle insan gücü planlaması veya çizelgelemesi şeklinde olduğu görülmüştür. Bunlar nöbet çizelgelemesi, cerrahların ameliyatlara atanması, hemşire vardiya çizelgelemesi ve buna benzer çalışmalardır.

Ameliyathaneler birer hizmet ünitesidir. Bu üniteler, hem pahalı hem de hassas makine ve teçhizata sahip özel mekânlardır. Bunun yanı sıra bu ünitelerde konusunda uzman doktor, hemşire ve teknik personel çalışmaktadır. Bu büyük altyapı gerektiren karmaşık yapıların çizelgelendirilmesi oldukça önemli bir problemdir. Ameliyathanelerin hizmet verdikleri servislerin hastalarına doğrudan bağlı olduğu düşünülmelidir. Böylece hastanın hastaneye kabulünden taburcu olmasına kadar olan süreç, ameliyathanelerin çizelgelenmesinde önemli bir etkiye sahip olmaktadır. Bu da olayın ne kadar karmaşık bir hal alabileceğinin göstergesidir (Oğulata ve diğerleri, 2003).

Bundan dolayı ameliyathaneler gerek yatırım ve gerekse işletmecilik açısından oldukça pahalı hizmet üniteleridir. Ancak bu üniteler çeşitli nedenlerden dolayı verimli çalıştırılamamaktadır. Bu sebeplerden bazıları şöyle sıralanabilir:

* Kliniklere tahsis edilen ameliyathanelerin etkin ve dengeli dağıtılamaması.
* Cerrahi grupların çalışma sürelerinin farklılığı ameliyathanelerin servisler arası dağılımında dengesizlik yaratmaktadır. Öngörülen sürelerin aşıldığı durumlarda ameliyathanelerin kullanımında darboğazlar meydana gelmektedir.
* Anestezi ekibi ve diğer yardımcı personelin çalışma sistemleri ile ameliyathanenin fiziki koşullarından kaynaklanan sorunlar olabilir.
* Ameliyatlarda kullanılan makine-teçhizatın işletme ve bakım-onarım odaklı sorunlarından kaynaklanan birçok problem yaşanmaktadır.

Ameliyathaneler, yukarıda belirtilen faktörlerin karmaşıklığından ve karşılıklı etkileşimlerinden dolayı hastane yöneticileri için birer sorun kaynağıdır. Hastane yöneticileri ameliyathanelerin verimli ve etkin kullanımının arayışı içerisindedir. Bunun için en uygun ameliyathane çizelgeleme politikalarını saptamak istemektedirler. İnsan gücü, kapasite, finansal ve teknolojik planlamalar açısından bu çizelgeler yöneticiler için büyük önem taşımaktadır (Oğulata ve diğerleri, 2003).

Ameliyathanelerin çizelgelendirilmesi konusundaki çalışmalar için de şunlar gösterilebilir:

* Operasyonların birden fazla ameliyat odasına atanması problemi için bir hedef programlama modeli (Özkarahan, 2000).
* Acil operasyonlar için talebin belirsiz olduğu ortamlarda toplam ameliyathane kapasitesinin acil ve randevulu hastalara dağıtımı problemi stokastik dinamik programlama ile çözülmüştür (Gerchak ve diğerleri, 1996).
* Stokastik koşullarda kaynakların (yatak, doktor, hemşire vb.) mevcut düzeyini belirleyen denklemler geliştirilmiştir (Kusters ve Grott, 1996).

Görüldüğü gibi literatürdeki çalışmalarda problem stokastik özelliklere sahiptir. Bu çalışmada, acil durumlar, hasta sayısı, doktorun olup olmadığı gibi belirsizlikler göz ardı edilmiştir. Bu veriler deterministik bir yapıya dönüştürülmüş ve modelde bu şekilde kullanılmıştır. Daha sonra yapılacak çalışmalarda bu değişkenler üzerinde geliştirilecek simülatif varyasyonlarla değişik problemler için çözüm aranabilir. Model bu esnekliğe sahip olabilecek yapıda dizayn edilmiştir.

Bununla beraber, Cardoen ve diğerleri (2010) ve Guerriero ve Guido (2011) yazmış oldukları literatür taraması makaleleriyle alana güçlü bir ışık tutmaktadırlar. Bunun yanı sıra, Blake ve diğerleri (2002), Zhang ve diğerleri (2009) ve Belien ve diğerleri (2009); Blake ve Donald (2002)’ın modelinden yola çıkarak oluşturdukları makalelerinde ilgili modelin etkinliğini göstermişlerdir.

**4. MODEL**

Bu çalışmanın amacı ameliyathanelerin en verimli şekilde kullanılabilmesi için bir alternatif geliştirmektir. Hastanın operasyon öncesi sağlık durumu, ameliyathanenin fiziki şartlarında oluşabilecek olumsuzluklar, önceki ameliyatın süresinin uzaması veya sağlık ekibinin acil başka bir ameliyata girme zorunluluğu gibi sebepler, ataması yapılmış ameliyatın ertelenmesini gerektirebilir. Bir diğer deyişle, gerçekte, ameliyathanelere ataması yapılan ameliyatların yapılıp yapılmayacağı belli değildir. Ancak bu ve benzeri belirsizliklere rağmen, tüm planlanan ameliyatlar için haftalık program dahilinde bir yer ayrılması zorunluluğu söz konusudur. Model oluşturulurken bu varsayım doğrultusunda hareket edilmiştir. Modelde amaçlanan, bu ayrılan yerleri haftalık olarak en iyi nasıl dağıtabiliriz sorusuna cevap vermektir. Bunu gerçekleştirirken, her gün her ameliyattan en az bir tane yapılabilmesinin en uygun karar olduğu düşünülmüştür. Burada amaç, var olmayan ancak her an gerçekleşmesi olası bir acil durumu karşılayabilecek bir ortamın hazırlanmasıdır. Böylece her servise gelebilecek her tür acil ameliyat için bir boş yer bulunabilecektir. Yalnız bu durum modelde bir kısıt sonucu sağlanmamakta, belirlenen servis düzeyi doğrultusunda oluşturulan olasılık yoğunluk fonksiyonun çıktıları veri olarak modele sokulmaktadır. Bu oluşturulan boşlukların her güne olabilecek en yaygın şekilde dağıtılması da amaç fonksiyonu vasıtasıyla yapılmaktadır. Modeli oluşturan değişkenler ve kısıtlar aşağıda detaylandırılmıştır. Modelin çözümü esnasında, hastane yönetiminin karar almasında alternatif oluşturabilecek senaryolar da oluşturulmuştur. Burada oluşturulan matematiksel model, Blake ve Donald’ın (2002) önerdiği model kısmen temel alınarak geliştirilmiştir.

**4.1. Modeli Oluşturan İfadelerin Notasyonu**

Modeli oluşturan değişkenler ve faktörlerin ne ifade ettikleri modelin daha iyi anlaşılabilmesi ve daha sonraki çalışmalarda yapılabilecek değişikliklerin hangileri üzerinde yapılabileceğinin daha net görülmesi açısından aşağıda açıklanmıştır. Burada sözü edilen ”servis” kavramı hastaneye ait cerrahi klinikleri, ”küme” kavramı ise gün içi vardiya sistemini temsil etmektedir.

1. *a :* ameliyathane indisi,
2. *s :* servis indisi,
3. *g :* gün indisi,
4. *p :* küme indisi,
5. *Ta,g,p : a* ameliyathanesinde, *g* gününde, *p* kümesindeki çalışma süresi,
6. *N(μ,σ2) : s* servisinin yaptığı haftalık ameliyat sayısının normal dağılıma  
   sahip olasılık yoğunluk fonksiyonu (*fs,μ,*),
7. *πs : s* servisi için kullanılacak servis düzeyi,
8. *xs : πs* servis düzeyini sağlayan en küçük ameliyat sayısı,
9. *χs,a : s* servisinin *a* ameliyathanesinde ameliyat yapıp yapamadığını  
   gösteren ikili değişken,
10. *λs : s* servisinin yaptığı ameliyatların ortalama süresi,
11. *υ* : iki değişik servisin aynı ameliyathanede arka arkaya ameliyat yapma  
    durumunda karşılaşılacak kurulum süresi,
12. *ks,a,g,p : s* servisinin, *a* ameliyathanesinde, *g* gününde, *p* kümesinde yaptığı  
    ameliyat sayısı,
13. *δs,a,g,p : s* servisinin, *a* ameliyathanesinde, *g* gününde, *p* kümesinde,  
    ameliyat yapıp yapmadığını gösteren ikili değişken,
14. *ds,g,p : g* gününde, *p* kümesinde, *s* servisinden ameliyat yapabilecek durumda olan doktor sayısı,
15. *js,g : s* servisinin, *g* günündeki ortalama ameliyat sayısı,
16. *fs,g : s* servisinin, *g* gününde yaptığı ameliyat sayısının, gün başına düşen  
    ortalama ameliyat sayısından farkı,
17. *fs,g+ : s* servisinin, *g* gününde yaptığı ameliyat sayısının, gün başına düşen  
    ortalama ameliyat sayısından pozitif farkı,
18. *f s,g- : s* servisinin, *g* gününde yaptığı ameliyat sayısının, gün başına düşen  
    ortalama ameliyat sayısından negatif farkı.

**4.2. Modelin Kısıtları ve Amaç Fonksiyonu**

*s* servisinin, *a* ameliyathanesinde, *g* gününde, *p* kümesinde yaptığı ameliyat sayısı, ancak *δs,a,g,p* sıfırdan farklı değeri aldığında sıfırdan farklı olacaktır.



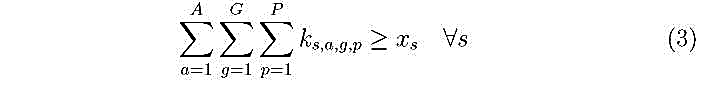
Modelin çözümünde ameliyat sayıları hesaplanırken, ancak hesaplanan noktada atanan bir ameliyat varsa bu ameliyat o klinik için toplam ameliyat süresine dâhil edilecektir.

*δs,a,g,p* ancak *s* servisinin *a* ameliyathanesinde ameliyat yapabildiği du­rumda sıfırdan farklı değer alacaktır.



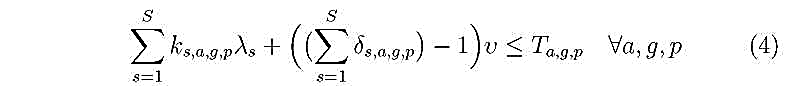
Her klinik her ameliyathanede ameliyat yapamayabilmektedir. Özellikle mevcut uygulamada her bir kliniğe tahsis edilmiş belli sayıda ameliyathane bulunmaktadır. Modelin alternatif çözümünde bu durum daha esnek hale getirilmiştir. Yalnızca bazı kliniklerin çok özel araç gerece ihityaç duydukları ve bu cihazların mobilizasyonunun zor olmasından veya her bir ameliyathanede bulunmasının ciddi mali yükler getirecek olmasından dolayı böyle bir varsayıma gidilmiştir. Kısıtın oluşma mantığı da buna dayanmaktadır.

Her servis için *ks,a,g,p* toplamı, ameliyat sayısı olasılık yoğunluk fonksiy­onu (*fs,μ,*) ve servis düzeyi ile belirlenen ameliyat sayısından fazla olacaktır.



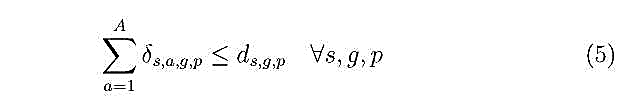
Her bir klinik için veri toplandıktan sonra ortaya çıkan belli bir ameliyat sayısı vardır. Doğal olarak gerçekleşecek toplam ameliyat sayısı da bu sayıdan fazla olamaz. Az olması durumunda zaten model sonucu olursuz çıkacaktır. Belirlenen servis düzeyine göre ameliyat sayılarında artışa gidildiğinde de bu durum aynı şekilde özelliğini muhafaza edecektir. Bu kısıt da bunun yerine gelmesini sağlamaktadır.

Her ameliyathane, her gün ve her küme için, yapılan ameliyatların ve kurulumların toplam süresi, o kümenin çalışma süresini geçemez.



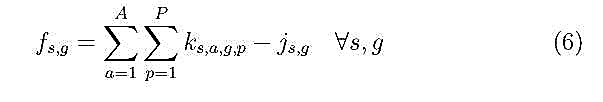
Her bir vardiya için belirlenen bir çalışma süresi vardır. Örneğin, 8’er saatlik 3 vardiyadan toplam 24 saatlik bir çalışma süresi oluşturulabilir. Ameliyat süreleri belli olduğundan her bir vardiyaya atanacak ameliyatların ve bu ameliyatlar arası kurulum sürelerinin toplamı o vardiyadaki toplam çalışma süresini aşamaz. Bu çözümde veriler deterministik olarak çözüme dâhil edildiği için bu noktada bir çözümsüzlük söz konusu değildir. Ancak gerçek hayatta, ameliyatlar her zaman belirlenen süreler içinde bitmeyebilir. Bu durumda eğer bir vardiya sistemi varsa bu durum vardiyalar arasında bir sarkmaya neden olabilir. Eğer bu şekilde bir model oluşturulmak istenirse bu kısıtın yeniden yorumlanması gerekecektir.

*s* servisinin, *g* gününde ve *p* kümesinde kullandığı ameliyathane sayısı en çok *s* servisinde, *g* gününde ve *p* kümesinde çalışabilecek doktor sayısı kadar olabilir.



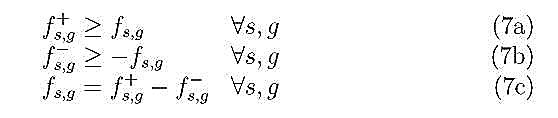
Bu problemin çözümünde asıl kısıtlama doktor varlığının olup olmamasına dayanmaktadır. Gerçekte de durum böyledir. Eğer bir ameliyatı yapacak doktor varsa o ameliyat yapılabilir. Bu kısıtta doktorun o an için varlığını sorgulamaktadır. Doktorun olduğu durumlarda ameliyat ataması da yapılacaktır.

*fs,g , s* servisinin, *g* gününde yaptığı toplam ameliyat sayısının, gün başına düşen ortalama ameliyat sayısından farkıdır.



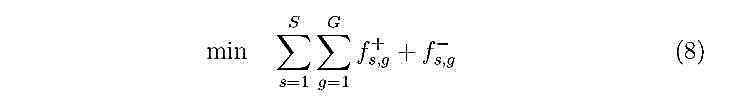
Bu kısıt, her bir kliniğin haftalık yaptığı toplam ameliyat sayısının gün bazında dağılımını hesaplamaktadır. Her bir klinik için haftanın her bir gününde ayrı ayrı hesaplanır.

*fs,g+ , fs,g* pozitif olduğunda *fs,g‘ye,* aksi durumda sıfıra eşit olacaktır. Benzer şekilde *fs,g-*  , *fs,g* negatif olduğunda *- fs,g‘ye,* aksi halde sıfıra eşit olacaktır.



Bu kısıt amaç fonksiyonun hesaplanmasında gerekli sapmaları hesaplamak için kurulmuştur. Burada sapmalar hesaplanmaktadır ve sıfırdan bir sapma söz konusudur. Bu sapmanın sıfırdan farkı ya negatif olacaktır ya da pozitif. İkisinin bir arada olma olasılığından söz edilemez.

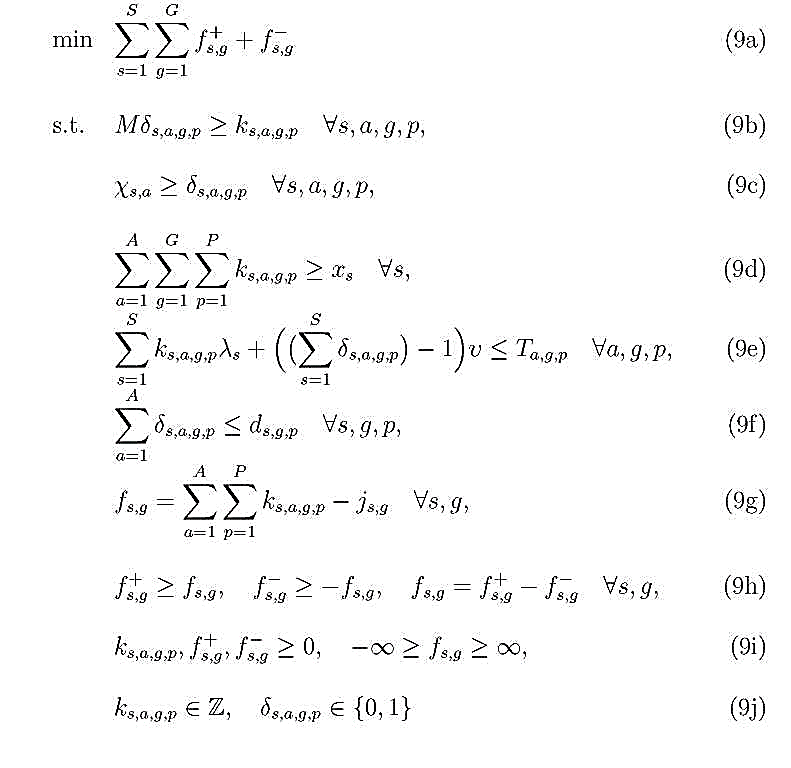
Amaç fonksiyonu her servis için yapılan günlük toplam ameliyat sayısının, gün başına düşen ameliyat sayısından mutlak farkını minimize edecektir.



Her bir klinik için gün bazında hesaplanan sapmaları minimuma indirmek bu modelin amaç fonksiyonunu oluşturmaktadır. Böylece her bir klinik hafta boyunca her gün mümkün olduğunca eşit sayıda ameliyat yapacaktır. Böylece kukla olarak sisteme dâhil ettiğimiz gerçekte var olmayan ancak bir acil durumla karşılaşılması durumunda ihtiyaç duyulacak doktor ve ameliyathane imkânları da her gün ve her klinik için bu amaç fonksiyonuyla sağlanmış olacaktır.

**4.3. Modelin Matematiksel İfadesi**

Yukarıda sözü edilen değişkenler, kısıtlar ve varsayımlar doğrultusunda, model şu şekilde oluşturulmuştur:



**4.4. Verilerin Toplanması**

Bu çalışmada kullanılan veriler bir üniversite hastanesine ait veri tabanındaki cerrahi klinik sayısı, bu kliniklerde görev yapan cerrah sayısı, ameliyathane sayıları, bu kliniklerin yaptığı yıllık toplam ameliyat sayısı ve bu ameliyatların ortalama sürelerinden oluşmaktadır (Çizelge 1). Çizelgede her kliniğin karşısında o servise tahsis edilmiş ameliyathane sayısı görülmektedir. Bu atama mevcut durumu yansıtmaktadır. Yıllık toplam ameliyat süreleri haftalık düzeye indirilerek çözüme katılmıştır. Ortalama ameliyat süreleri, o kliniğin yaptığı tüm ameliyatların ortalamasını ifade etmektedir. Literatüre baktığımızda, ameliyat sayıları ve süreleri için çeşitli yaklaşımlarda bulunulduğu görülmektedir. Örneğin, ameliyat süreleri üç uzunlukta kısa, orta ve uzun şeklinde de tanımlanabilmektedir.

**Çizelge 1. Toplanan Veriler**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cerrahi Bölüm** | **Ameliyathane**  **No’ları** | **Ameliyathane Sayısı** | **Yıllık Ameliyat Sayısı** | **Haftalık Ameliyat Sayısı** | **Doktor Sayıları** | **Ortalama Ameliyat Süreleri (Saat)** |
| Çocuk Cerrahisi | 1,2 | 2 | 3.000 | 58 | 5 | 2 |
| Genel Cerrahi | 3,4 | 2 | 2.750 | 53 | 15 | 2 |
| Göğüs & Kalp-Damar Cerrahisi | 5,6,7 | 3 | 2.400 | 46 | 17 | 2 |
| Göz | 8,9 | 2 | 2.000 | 39 | 10 | 2 |
| Kadın - Doğum | 10,11,12 | 3 | 3.500 | 67 | 15 | 2 |
| K.B.B. | 13,14 | 2 | 2.250 | 43 | 20 | 2 |
| Beyin Cerrahisi | 15,16 | 2 | 1.200 | 23 | 11 | 4 |
| Ortopedi | 17,18 | 2 | 2.400 | 46 | 12 | 2 |
| Plastik Cerrahi | 19,20 | 2 | 1.250 | 24 | 8 | 3 |
| Üroloji | 21,22 | 2 | 2.000 | 39 | 11 | 2 |
| **TOPLAM** |  | **22** | **22.750** | **438** | **124** |  |

Problemin çözüm aşamasında, oluşabilecek kötü durum senaryosu için, hastanenin ilgili servisi ile görüş alışverişinde bulunularak bir servis düzeyi belirlenmiştir (% 80). Bu servis düzeyi, ameliyat programında olmamasına rağmen, sağlık durum tablosu değişen ve acil olarak ameliyat edilmesi gereken yatan hastalarla, olası gelebilecek acil vakaların hizmet alabilmesine olanak sağlamak için modele yerleştirilmiştir. Bu servis düzeyine göre, verilerin normal dağılım gösterdiği varsayımına dayanarak, bir olasılık yoğunluk fonksiyonu (*fs,μ,*) oluşturulmuştur. Senaryo için gerekli veriler bu şekilde elde edilmiştir.

Verilerin normal dağılıma uygunluğu parametrik olmayan Kolmogorov-Smirnov (K-S) testi yardımı ile doğrulanmıştır. K-S testi hipotezde ileri sürülen dağılımla örnek yığılmalı dağılım fonksiyonunun karşılaştırılması ile yapılır.

Fo(*X* ) = P(*X* ≤ *x* )

Örnek yığılmalı dağılım fonksiyonu S*N*(*x*), seçilen bir x değerine eşit veya daha küçük olan örnek değerinin oranını tanımlar (Massey Jr, 1951). Veriler ilgili istatistik yazılımında K-S testiyle sınanmış, çıkan sonuçta (Çizelge 2), verilerin normal dağılıma uygun olduğunu göstermiştir.

**Çizelge 2. Normallik Testi**



Normal dağılımda, testin anlamlılık değerinin 0,05’den büyük olması beklenir. Çizelge 2’den de görüleceği üzere sonuç 0,05’den büyük çıkmıştır (Sig.(0,200)≥0,05). Bu durumda veri setinin normal dağılım gösterdiği söylenebilir.

Daha sonra bu ameliyatlar rassal olarak haftanın günlerine dağıtılmıştır. Bunun için her bir veri kümesinin (haftalık ameliyat sayıları, doktor sayıları ve ameliyat süreleri) standart sapması bulunmuştur. Bu standart sapmalar ve belirlenen servis düzeyi (% 80), MS Excel programında NORMINV fonksiyonu kullanılarak hesaplanmıştır. Daha sonra, RAND fonksiyonu yardımıyla hesaplanan değerler rastgele günlere dağıtılmıştır. Böylece bu işlemle, matematiksel modelin içinde stokastik bir yapı oluşturmak yerine, bu yapıyı dışarıda çözerek modele veri sağlanmıştır. Bu da modeli daha kolay çözülebilir deterministik bir yapı haline getirmiştir. Çizelge 3’de, hastaneden alınan ameliyat sayılarının hafta boyunca dağılımı gösterilmiştir.

**Çizelge 3. Haftalık Ameliyat Sayılarının Kliniklere Günlük Dağılımı**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Pazartesi** | **Salı** | **Çarşamba** | **Perşembe** | **Cuma** | **Cumartesi** | **Pazar** |
| Çocuk Cerrahi | 12 | 12 | 6 | 10 | 10 | 4 | 4 |
| Genel Cerrahi | 10 | 10 | 3 | 10 | 10 | 6 | 4 |
| Göğüs & Kalp-Damar Cerrahisi | 8 | 10 | 3 | 10 | 8 | 4 | 3 |
| Göz | 9 | 10 | 2 | 9 | 9 | 0 | 0 |
| Kadın - Doğum | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 4 | 4 |
| K.B.B. | 10 | 3 | 11 | 8 | 5 | 3 | 3 |
| Beyin Cerrahisi | 6 | 5 | 2 | 5 | 5 | 0 | 0 |
| Ortopedi | 10 | 10 | 4 | 8 | 8 | 3 | 3 |
| Plastik Cerrahi | 2 | 6 | 8 | 6 | 2 | 0 | 0 |
| Üroloji | 6 | 10 | 3 | 10 | 6 | 2 | 2 |

Çizelge 4’de ise, belirlenen servis düzeyi ile birlikte hesaplanan ameliyat sayılarının hafta boyunca dağılımı gösterilmiştir.

**Çizelge 4. Servis Düzeyine Göre Yeniden Hesaplanmış Haftalık Ameliyat Sayılarının Kliniklere Günlük Dağılımı**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Pazartesi** | **Salı** | **Çarşamba** | **Perşembe** | **Cuma** | **Cumartesi** | **Pazar** |
| Çocuk Cerrahi | 14 | 14 | 8 | 12 | 12 | 5 | 5 |
| Genel Cerrahi | 12 | 12 | 5 | 12 | 12 | 7 | 5 |
| Göğüs & Kalp-Damar Cerrahisi | 10 | 12 | 5 | 12 | 10 | 5 | 4 |
| Göz | 11 | 12 | 4 | 11 | 11 | 1 | 1 |
| Kadın – Doğum | 14 | 14 | 14 | 14 | 13 | 5 | 5 |
| K.B.B. | 12 | 5 | 13 | 10 | 7 | 4 | 4 |
| Beyin Cerrahisi | 8 | 7 | 4 | 7 | 7 | 1 | 1 |
| Ortopedi | 12 | 12 | 6 | 10 | 10 | 4 | 4 |
| Plastik Cerrahi | 4 | 8 | 10 | 8 | 4 | 1 | 1 |
| Üroloji | 8 | 12 | 5 | 12 | 8 | 3 | 3 |

Çizelgelerden ve ifadelerden anlaşılacağı gibi veriler modele deterministik olacak şekilde sokulmuştur. Verilerin kullanıldığı her bir alan aslında stokastik bir yapıya da sahip olabilir. Problemin doğası da bunu gerektirmektedir. Ancak bu çalışmada amaç fonksiyonun yapısı gereği söz konusu verilerin tipi problemin çözümüne etki etmeyeceğinden belirsizliklerden uzak durulmuştur. Çalışmada önemli olan ameliyatların dağılımının bir dengede olmasını sağlamaktır ve bu gerçekleşmiştir. Verilerin stokastik olduğu değişik çalışmalar yapılabilir. Bu çalışmalarda ilgili alanlar ve indislerin oluşturulmasında simülasyon tekniklerinden yararlanılmalıdır. Bu teknikleri kullanırken ihtiyaç duyulacak dağılımlar literatüre bakıldığında ya normal dağılım ya da log-normal dağılım olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu tür bir alternatif getirilmek istenirse bu noktalar önemle dikkate alınmalıdır.

**4.5. Uygulama Sonuçları: Kısıtlayıcı Varsayımlar ve Senaryolar**

Uygulama sırasında gerçekte yaşanan duruma yakın çözümler bulabilmek için bütün senaryolarda geçerli olmak üzere, veri toplama sırasında ameliyathanelerden sorumlu bölümle yapılan görüşmelere ve buradan alınan görüşler doğrultusunda birtakım sübjektif yargılarda bulunulmuştur. Örneğin, bazı ameliyat süreleri öngörüldü, bir klinikteki cerrahların tamamının aynı gün ameliyat yapmalarının zor olduğu düşünülerek doktor sayıları indisi oluştururken her gün için ameliyata girebilecek doktorların sayısı belli oranda (servis düzeyi) düşük tutulmuştur. Ameliyathanelerde günün 8 saati çalışıldığı varsayılmıştır. Gerçekte ameliyathanelerin kullanımı, bazı ameliyatların sürelerinin uzaması veya acil bir ameliyat gelmesi gibi durumlar nedeniyle yukarı çıkabilmektedir. Mesai saatleri dışında yalnızca acil ameliyatlar yapılmaktadır. Hafta içi daha çok doktor bulundurulurken hafta sonlarındaki doktor sayısı minimum düzeye çekilmiş (bunların da nöbetçi doktorlar oldukları düşünülmektedir). Hafta içi bazı günlerde eğitim yapıldığı göz önünde bulundurularak aynı zamanda birer öğretim üyesi de olan cerrahların o günlerde daha az ameliyat yapabileceği varsayılmıştır. Her klinik için bir gün eğitim günü seçilmiş ve o günlere sayı olarak daha az ameliyat konulmuştur. Bu varsayımlar çerçevesinde model ilgili programın (IBM ILOG, çözücü CPLEX) ara yüzüne uygun biçimde kodlanmış ve çözülmüştür.

Yukarıda belirtilen görüşler doğrultusunda model bazı senaryolar altında yeniden çözülmüştür. İlk senaryoda öncelikle hastanenin hâlihazırda uyguladığı çizelge modele uygulanmış ve optimal sonuç alınmıştır. Daha sonra kukla ameliyatlar modele dâhil edilmiş (senaryo 2), mevcut doktor sayısı yeterli gelmediğinden sonuç olursuz (infeasible) çıkmıştır. Bunun üzerine, doktor sayıları arttırılmış ve optimal sonuca ulaşılmıştır (senaryo 3), ancak amaç fonksiyonun değeri (20) belli bir süre maliyetinin varlığını göstermiştir. Burada daha fazla doktor tahsisinden dolayı ek bir maliyet olacağı da hesaba katılmalıdır.

Dördüncücü senaryo, bazı tür ameliyatların aynı tip ameliyathanelerde yapılabileceği ya da bu tür bir iyileştirme maliyetinin karşılanabilir düzeyde olduğu varsayımıyla oluşturulmuştur. Bu senaryoda, özellikli ekipmana sahip ameliyathaneler kullanıldığı için üç kliniğe ayrılan (Göz, Kadın-Doğum, Beyin Cerrahi) toplam 7 ameliyathane dışında kalan 15 ameliyathane diğer kliniklerin tamamı tarafından kullanılabilmektedir. Haftalık ameliyat sayılarıyla model çözülmüş ve optimal sonuç alınmıştır. Birinci senaryoda olduğu gibi, ameliyat sayıları ve süreleri, servis düzeyi kadar arttırıldığında model burada da optimal sonuca ulaşamamaktadır (senaryo 5). Doktor sayıları ve ameliyathane sayıları arttırıldığında ise önceki modele göre daha az maliyetli bir sonuç elde edilmektedir (senaryo 6).

Yedinci senaryoda hafta sonları çalışılmadığı varsayılmıştır. Normal haftalık verilerle, model çözüme ulaşmaktadır. Ancak ameliyatları dengeli olarak dağıtamadığı için maliyet oldukça yüksek çıkmaktadır (99). Sistem yüklü hale getirilip model çalıştırıldığında olurlu sonuç bulamamıştır. Doktor sayısı arttırılarak yapılan denemede de sonuç alınamamıştır. Ameliyathane sayısı arttırılarak yapılan denemede (senaryo 8) ise sonuç alınmış ancak daha da kötü bir süre maliyetiyle karşılaşılmıştır (138).

Oluşturulan son senaryoda ise, acil servis ekstra bir birim gibi modele sokulmuş ve sadece bu servise hizmet veren bir ameliyathane atanmıştır. Bu yaklaşımda, mantıklı bir seçim olarak her vardiyada (kümede) her servisten en az bir doktoru burada görevlendirmek gerekecektir. Model normal haftalık verilerle çözüldüğünde optimal sonuç elde edilmektedir. Ancak belli bir süre maliyeti de ortaya çıkmaktadır (24). Ancak diğer bölümlerden alınacak doktorlar çoğu zaman atıl durumda kalacaktır. Bu zaten kısıtlı olan doktor sayısını daha da azaltacaktır.

**Çizelge 5. Senaryolar ve Bu Senaryolara Ait Amaç Fonksiyonu Değerleri**

|  |  |
| --- | --- |
|  | **Amaç Fonksiyonu Değeri** |
| Senaryo 1 | 164 |
| Senaryo 2 | Olursuz (Infeasible) |
| Senaryo 3 | 20 |
| Senaryo 4 | 36 |
| Senaryo 5 | Olursuz (Infeasible) |
| Senaryo 6 | 16 |
| Senaryo 7 | 99 |
| Senaryo 8 | 138 |
| Senaryo 9 | 24 |

Sonuç olarak, bu alternatifler arasından (Çizelge 5), diğer yönetim stratejileriyle uyuşan bir senaryoyu hastane yönetimi seçebilir veya yeni senaryolar doğrultusunda farklı öneriler sunulabilir. Bunların dışında, eğer doktor sayısında bir artışa gidilirse ve ameliyathanelerin seviyesi iyileştirilir ve genelleştirilirse atıl durumdaki kapasite kullanılır düzeye gelecektir. Bu da ameliyathane faaliyetlerinden daha fazla gelir elde edileceği anlamına gelir. Daha yoğun kullanılan ameliyathanelerin birim kullanım maliyetleri azalacağından bu da bir fırsat maliyeti olarak değerlendirilebilir.

Verimlilik açısından bakacak olursak, yukarıda sözü edilen model çözüldüğünde mevcut kapasite kullanım oranı ve önerilen kapasite kullanım değerleri arasındaki pozitif farklılığı Çizelge 6’te görebiliriz.

**Çizelge 6. Ameliyathanelerin Kapasite Kullanım Oranları**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Kapasite** | | | | | |
| **Teorik**  **(Saat)** | **Pratik**  **(Saat)** | **Mevcut Kullanım Oranı** | **Önerilen Kullanım (Saat)** | **Yeni Kullanım Oranı** | **Değişim** |
| Çocuk Cerrahi | 336 | 116 | 34,52 % | 210 | 62,50 % | **81,05 %** |
| Genel Cerrahi | 336 | 106 | 31,55 % | 195 | 58,04 % | **83,96 %** |
| Kalp-Damar Cerrahi | 504 | 92 | 18,25 % | 174 | 34,52 % | **89,15 %** |
| Göz Hastalıkları | 336 | 78 | 23,21 % | 153 | 45,54 % | **96,21 %** |
| Kadın-Doğum | 504 | 134 | 26,59 % | 237 | 47,02 % | **76,83 %** |
| K.B.B. | 336 | 86 | 25,60 % | 165 | 49,11 % | **91,84 %** |
| Beyin Cerrahi | 336 | 92 | 27,38 % | 175 | 52,08 % | **90,21 %** |
| Ortopedi | 336 | 92 | 27,38 % | 174 | 51,79 % | **89,15 %** |
| Estetik Cerrahi | 336 | 72 | 21,43 % | 144 | 42,86 % | **100,00 %** |
| Üroloji | 336 | 78 | 23,21 % | 153 | 45,54 % | **96,21 %** |
| **TOPLAM** | **3696** | **946** | **25,60 %** | **1780** | **48,16 %** | **88,13 %** |

**5. SONUÇ VE ÖNERİLER**

Hastanelerde çizelgeleme uygulamalarının yapılacağı alanlar çok çeşitlidir. Bu çalışma ameliyathanelerin çizelgelenmesi problemine odaklanmayı amaçlamıştır. Hastane içi işler için yapılan çizelgelemelerin amaçlarından biri, hastane kaynaklarının en verimli biçimde kullanılmasını sağlamaktır. Bu çalışmada bu amaca yönelik olarak, ameliyathaneler nasıl etkin ve dengeli kullanılabilir sorusuna yanıt aranmış, bir karışık tamsayılı programlama modeli oluşturulmuştur. Bu model oluşturulurken literatürde daha önce yapılan çalışmalar temel alınmıştır. Uygulama bölümünde ise oluşturulan modelin çalıştırılmasında mevcut bir üniversite hastanesine ilişkin olarak ameliyathane ve doktor sayıları, çeşitli kliniklerdeki yıllık ameliyat sayılarına ilişkin veriler toplanıp haftalık baza dönüştürüldükten sonra, önce mevcut durum açıklanmıştır.

Ele alınan problem ve türevleri ‘NP-hard’ sınıfına girdiğinden model oluştururken çok fazla amacı bir arada modele sokmak hem problem boyutunu büyütmekte hem de çözümü zorlaştırmaktadır. Bu tür çizelgeleme problemlerinde bundan kaçınmanın daha doğru bir yaklaşım olacağı düşünülmüştür.

Bu çalışmada ameliyathane kullanımının dengeli dağılımı amaç olarak seçilmiştir. Bu nedenle de değişik senaryoların finansal maliyetleri dikkate alınmamıştır. Modele finansal maliyetleri yansıtacak değişken(ler) ve kısıt(lar) eklemekle revize edilmesi ve finansal maliyetlerle ilgili sonuçlar elde edilmesi de mümkün olabilmektedir. Modelin sınanmasında kullanılan veriler deterministik verilerdir. Ama modelin simülasyon yardımıyla probabilistik model olarak kullanılması da mümkündür. Burada geliştirilen modelde yalnızca klinikleri ameliyathanelere atamakla ilgilenilmiştir. Model genişletilerek hastaların (ameliyat türlerinin) ameliyathanelere atanması da gerçekleştirilebilir. Aynı mantıkla ameliyat ekipleri (doktor, hemşire, vs.) için de bir uyarlama yapılabilir.

Hastanelerin dolayısıyla ameliyathanelerin birer hizmet ünitesi olduğu düşünüldüğünde, hasta memnuniyeti göz ardı edilmemelidir. Hastanın psikolojik olarak kendini hazırladığı bir operasyonun, çizelgelemeden doğan aksaklıklar nedeniyle iptal edilmesi hastalara rahatsızlık verecektir. Bu tür bir durumun insani boyutu bir kenara bırakılırsa hastane ve dolayısıyla hekim prestiji de zedelenebilir. Modelin uygulama aşamasında çeşitli senaryolar ve alt senaryolar geliştirilmiş olmasının asıl nedeni de budur. Her ne kadar ülkemizde hastaneler kâr amacı gütmeyen kuruluşlar olarak görülse de özel hastaneler kâr amacı güderler, dolayısıyla hizmetin sürekliliği ve iyileştirilmesi doğrudan elde edilen kârla ilgili bir durumdur. Hasta memnuniyeti de bu faktörü doğrudan etkilemektedir. Benzer biçimde cerrahi grupların isteklerinin çizelgeleme sonucunda karşılanması, bu ekiplerin verimliliğini arttıracaktır.

**KAYNAKÇA**

* ASUNAKUTLU, T., (2004), **Türkiye’de Yataklı Tedavi Kurumlarında Kalite Yönetimi,** Sağlık Bakanlığı Proje Raporu, Ankara.
* BAKER, K.R., (1994), **Elements Of Sequencing and Scheduling**, Dartmounth College, Hannover.
* BELIËN, J., DEMEULEMEESTER, E., CARDOEN, B., (2009), **A decision support system for cyclic master surgery scheduling with multiple objectives**, Journal of Scheduling, 12 (2), 147-161.
* BLAKE, J. T., DONALD, J., (2002), **Mount Sinai hospital uses integer programming to allocate operating room time,** Interfaces, 32 (2), 63-73.
* BLAKE, J. T., DEXTER, F., DONALD, J., (2002), **Operating room managers’ use of integer programming for assigning block time to surgical groups: A case study**, Anesthesia & Analgesia, 94 (1), 143-148.
* CARDOEN, B., DEMEULEMEESTER, E., BELIËN, J., (2010), **Operating room planning and scheduling: A literature review**, European Journal of Operational Research, 201(3), 921-932.
* FRIES, B. E., (1976), **Bibliography of Operations Research in Health Care Systems**, Operations Research, 24 (9), 801-815.
* FRIES, B. E., (1979), **Bibliography of Operations Research in Health Care Systems: An Update**, Operations Research, 27 (2), 408-419.
* GERCHAK, Y., GUPTA D., HENING M., (1996), **Reservation Planning for Elective Surgery Under Uncertain Demand for Emergency Surgery**, Management Science, 42 (3), 321-334.
* GUERRIERO, F., GUIDO, R., (2011), **Operational research in the management of the operating theatre: A survey,** Health Care Management Science, 14 (1), 89-114.
* KUSTERS, R. J., GROTT, P. M. A., (1996), **Modelling Resource Availability in General Hospitals: Design and Implementation of a Decision Support Model**, European Journal of Operational Research, 88, 428-445.
* MASSEY JR, F. J., (1951), **The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit**, Journal of the American Statistical Association, 46 (253), 68-78.
* NAHMIAS, S., (2001), **Production and Operations Analysis**, 4th Edt., New York: McGraw Hill.
* OĞULATA, N. S., EROL R., (2003), **A Hierarchical Multiple Criteria Mathematical Programming Approach for Scheduling General Surgery Operations in Large Hospitals**, Journal of Medical Systems, 27 (3), 259-270.
* ÖZCAN, C., (1997), **Devlet Hastanelerinde TKY'nin Uygulanabilirliği, Sağlık Hizmetlerinde Toplam Kalite Yönetimi ve Performans Ölçümü**, M. Çoruh (Ed.), Ankara: Haberal Eğitim Vakfı.
* ÖZGÜLBAŞ, N., (1995), **Hastanelerde Finansal Yönetim: Sorunlar ve Çözüm Önerileri**, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
* ÖZKARAHAN, İ., (2000), **Allocation of surgeries to operating rooms by goal programming,** Journal of Medical Systems, 24 (6), 339-378.
* PINEDO, M., (1995), **Scheduling: Theory, Algorithms and Systems,** New Jersey: Prentice-Hall.
* SILVER, E.A., PYKE, D. F., PETERSON, R., (1998), **Inventory Management and Production Planning and Scheduling**, 3rd Edt., New York: John Wiley & Sons.
* ZHANG, B., MURALI, P., DESSOUKY, M. M., BELSON, D., (2009), **A mixed integer programming approach for allocating operating room capacity**, Journal of the Operational Research Society, 60 (5), 663-673.

1. *Bu çalışma, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü’nde yazılan “Ameliyathane Faaliyetlerinin Çizelgelenmesi ve Bir Hastane Uygulaması” adlı yüksek lisans tezini temel almaktadır.* [↑](#footnote-ref-1)
2. ***Bülent ÇEKİÇ****, Dr., Hacettepe Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü.* [↑](#footnote-ref-2)