

T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

HEDEF PROGRAMLAMA VE KISIT PROGRAMLAMA İLE AMELİYATHANE
ÇİZELGELEME PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜLMESİ

Şeyda GÜR

MAYIS, 2018

ÖZET

HEDEF PROGRAMLAMA VE KISIT PROGRAMLAMA İLE AMELİYATHANE ÇİZELGELEME PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜLMESİ

GÜR, Şeyda

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Tamer EREN

Mayıs 2018, 119 sayfa

Sağlık kuruluşlarının örgütsel amaçlarına ulaşmak için ürettikleri hizmette kaynakların, malzemelerin ve donanımların verimli şekilde kullanılmaları kritik bir önem arz etmektedir. Bir hastane organizasyonu doğası gereği hassas ve pahalı ekipmanlara sahiptir. Hastanelerde artan maliyetleri düşürme ve gelirlerinin artırılması isteği ile hastane yöneticileri eldeki kaynakları verimli kullanmayı hedeflemektedir. Hastanelerin hem bütçesine büyük oranda katkı sağlayan hem de en çok maliyete sebep olan ameliyathanelerde ise bu ekipman ve teçhizatların dengeli kullanımı gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında ameliyathane çizelgeleme problemi ele alınmıştır. İki çalışma yürütülmüştür: İlk çalışmada ekipman ve kaynakların etkin kullanılması temel olarak amaçlanmaktadır. Aynı zamanda verilen sağlık hizmeti ile hem personelin hem de hastaların memnuniyetinin artırılması istenmektedir. Çalışmada hedef programlama ve kısıt programlama yöntemleri kullanılmıştır. Bir devlet hastanesinden alınan veri setleri kullanılarak ameliyathanelerin az kullanımının önüne geçilmesi ve ayrıca fazla mesai yapılmaması hedeflenmiştir. 8 ameliyathane ve bekleme listesindeki 120 operasyon ile, bir haftalık çizelge olacak şekilde 3 senaryo oluşturulmuştur ve bu çizelgelerin etkinliği karşılaştırılmıştır. Her iki yöntemde bu senaryolar ayrı ayrı modellenmiş ve modellemeler sonucunda mevcut duruma göre analiz yapılmıştır. İkinci çalışmada ameliyathane çizelgelemede etkili olan kriterler belirlenerek analitik ağ süreci yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır. Cerrahlar, ameliyathane çizelgelerinin kendisi, ameliyathane

kaynakları, ekipman ve sarf malzemeleri, ameliyathane personeli, hastalar ve politik kriterler ile ilgili olmak üzere 7 ana kriter altında 24 alt kriterin etkileşimlerine göre ağ yapısı oluşturulmuştur. Kriterlerin önem dereceleri belirlenerek çizelgeleme sürecinde nasıl etkili olduğu yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ameliyathane Çizelgeleme, Hastane, Hedef Programlama, Kısıt Programlama, Analitik Ağ Süreci



ABSTRACT

SOLUTION OF THE OPERATING ROOM SCHEDULING PROBLEMS WITH GOAL PROGRAMMING AND CONSTRAINT PROGRAMMING

GÜR, Şeyda

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Industrial Engineering, Master Science Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Tamer EREN

May 2018, 119 Pages

The efficient use of resources, materials and equipment in the service whose they produce to achieve organizational goals of health institutions is of critical importance. Hospital managers are aiming to use the available resources efficiently by decreasing the increasing costs in hospitals and increasing their incomes. These types of equipment must be used equally in the operating rooms which contribute to both the budget of the hospitals and the most financial reasons.

In this thesis study, the problem of operating room scheduling is discussed. Two studies have been conducted. Efficient use of equipment and resources is mainly aimed in the first study. At the same time, when it provides healthcare, it is desirable the satisfaction of both the staff and the patients. Goal programming and constraint programming methods are used in the study. By using data sets from a state hospital, it is aimed to prevent the use of the operating room less frequently and not to work overtime. With 120 operations on the waiting list and 8 operating rooms, 3 scenarios were created to be a weekly schedule and the effectiveness of these schedules is compared. In both methods, these scenarios were modeled separately and analyzed according to the current situation as a result of the models. In the second study, the criteria that are effective in the operating room scheduling were determined and weighted by the analytical network process method. It is formed a network structure based on interactions of 24 subcriteria under 7 main criteria related to surgeons, operating room charts themselves, operating room resources, equipment and

consumables, operating room personnel, patients and other factors. The importance of the criteria has been determined and it has been interpreted how it is effective in the scheduling process.

Key Words: Operating Room Scheduling, Hospital, Goal Programming, Constraint Programming, Analytical Network Process



TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanma sürecinde hiçbir yardımını esirgemeyen, değerli katkı ve eleştirileri ile çalışmalarına yön veren ve bana her açıdan destek olan tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Tamer EREN'e, çalışmalarım boyunca bilgi ve birikimini hiç esirgemeyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi H. Mehmet ALAĞAÇ'a, manevi açıdan hayat tecrübeleri ile beni hep motive eden Sayın Dr. Öğr. Üyesi Suna ÇETİN ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Evrencan ÖZCAN hocalarıma çok teşekkür ederim.

Beni attığım her adımda destekleyen, doğru ve yanlıőı daima öğretici yollar ile gösteren, eğitim hayatım boyunca yanımda olan ve hep olacağını bildiğim başta annem Salime GÜR, babam Necati GÜR, canım ikizim, diğer yarım Necmettin GÜR ve en yakın arkadaşım canım ablam Őeyma GÜR'e çok teşekkür ederim.

Bu tez Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2017/027 No'lu Proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı BAP Birimine teşekkür ederiz.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
KISALTMALAR DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. AMELİYATHANE ÇİZELGELEME	5
2.1. Temel Kavramlar	6
2.2. Ameliyathane Çizelgeleme ve Çözüm Teknikleri	9
3. ÇÖZÜM SÜRECİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER	11
3.1. Hedef Programlama	11
3.1.1. Öncelikli hedef programlama	13
3.1.2. Ağırlıklı hedef programlama	14
3.1.3. Chebyshev hedef programlama	15
3.2. Kısıt Programlama	17
3.3. Analitik Ağ Süreci Yöntemi	20
4. LİTERATÜR TARAMASI	23
4.1. Hasta Özelliklerine Göre Ameliyathane Çizelgeleme ile İlgili Literatürdeki Çalışmalar	24
4.2. Performans Ölçütlerine Göre Ameliyathane Çizelgeleme ile İlgili Literatürdeki Çalışmalar	28
4.3. Çözüm Süreçlerinde Kullanılan Tekniklere Göre Ameliyathane Çizelgeleme ile İlgili Literatürdeki Çalışmalar	34
4.4. Belirsizlik Durumuna Göre Ameliyathane Çizelgeleme ile İlgili Literatürdeki Çalışmalar	41
4.5. Araştırmanın Uygulanabilirliğine Göre Ameliyathane Çizelgeleme ile İlgili Literatürdeki Çalışmalar	43
4.6. Planlama Stratejilerine Göre Ameliyathane Çizelgeleme ile İlgili Literatürdeki Çalışmalar	46
4.7. Sonuç ve Değerlendirme	49
5. AMELİYATHANE ÇİZELGELERİNİN OLUŞTURULMASI	51
5.1. Problem Tanımı	51

5.2. Ameliyathane Çizelgelemede Etkili Olan Kriterlerin Belirlenmesi ve Ağırlıklandırılması.....	53
5.3. Hedef Programlama Modeli.....	58
5.3.1. Hedef programlama çözümü.....	65
5.3.2. Hedef Programlama Senaryo Sonuçlarının Değerlendirilmesi	74
5.4. Kısıt Programlama Modeli.....	74
5.4.1. Kısıt programlama çözümü.....	79
5.4.3. Kısıt Programlama Senaryo Sonuçlarının Değerlendirilmesi	87
5.5. Model Sonuçlarının Karşılaştırılması ve Mevcut Duruma göre Analizi.....	88
6. SONUÇ	91
KAYNAKLAR	94



ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE

Sayfa

3. 1. Hedef programlama ile yapılan çalışmalar	13
4. 1. Hasta özelliklerine göre ameliyathane çizelgeleme ile ilgili çalışmalar	27
4. 2. Performans ölçütlerine göre ameliyathane çizelgeleme ile ilgili çalışmalar.....	30
4. 3. Ameliyathane durumuna göre ameliyathane çizelgeleme ile ilgili çalışmalar...	35
4. 4. Çözüm tekniklerine göre ameliyathane çizelgeleme ile ilgili çalışmalar	38
4. 5. Belirsizlik durumuna göre ameliyathane çizelgeleme ile ilgili çalışmalar	42
4. 6. Çalışmaların uygulanmasına göre ameliyathane çizelgeleme ile ilgili çalışmalar	44
4. 7. Planlama stratejilerine göre ameliyathane çizelgeleme ile ilgili çalışmalar	47
5. 1. Ameliyathane çizelgelemeyi etkileyen kriterler.....	54
5. 2. Ameliyathane çizelgelemeyi etkileyen kriterlerin ağırlıkları.....	56
5. 3. Operasyon süreleri	60
5. 4. Hedef programlama ile çözüm sonucunda Senaryo 1 için oluşturulan çizelge .	67
5. 5. Hedef programlama ile çözüm sonucunda Senaryo 2 için oluşturulan çizelge .	70
5. 6. Hedef programlama ile çözüm sonucunda Senaryo 3 için oluşturulan çizelge .	73
5. 7. Kısıt programlama ile çözüm sonucunda Senaryo 1 için oluşturulan çizelge ...	80
5. 8. Kısıt programlama ile çözüm sonucunda Senaryo 2 için oluşturulan çizelge ...	83
5. 9. Kısıt programlama ile çözüm sonucunda Senaryo 3 için oluşturulan çizelge ...	86
5. 10. Mevcut durum ve senaryoların özeti.....	88

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL

Sayfa

4. 1. Çözüm teknikleri.....	40
5. 1. Cerrahi çizelgelerin oluşturulması için uygulama adımları	52
5. 2. Ameliyathane çizelgelemeyi etkileyen kriterlerin ağ yapısı	55



KISALTMALAR DİZİNİ

ACC	Ana Cerrahi Çizelgeleme
PABÜ	Post Anestezi Bakım Ünitesi
YBÜ	Yoğun Bakım Ünitesi
KO	Kullanım Oranı
OP	Operasyon
GC1	Genel Cerrahi 1
GC2	Genel Cerrahi 2
Ü	Üroloji
O	Ortopedi
KD	Kalp Damar Cerrahi
P	Plastik Cerrahi
MP	Matematiksel Modelleme
TSP	Tam Sayılı Programlama
KTSP	Karma Tam Sayılı Programlama
HP	Hedef Programlama
DP	Dinamik Programlama
KP	Kısıt Programlama
S	Simülasyon
DSA	Dal Sınır Algoritması
LGY	Lagrangian Gevşeme Yaklaşımı
ÖSA	Özel Sezgisel Algoritma
GA	Genetik Algoritma
KKA	Karınca Kolonisi Algoritması
TB	Tavlama Benzetimi
DY	Diğer Yöntemler
NP-HARD	Non-deterministic-polynomial Time
HP	Hedef Programlama
KP	Kısıt Programlama
İS	İşlem Süresi

1. GİRİŞ

Sağlık sistemlerinde üretim çıktısı hizmet olan hastaneler, teknolojiye ilerlemeye paralel olarak hasta ve personel memnuniyetini arttırmaya ve kaynaklarını verimli kullanmaya çalışmaktadır. Bu durum beraberinde hastaneleri artan maliyetleri düşürme isteğine ve finansal açıdan varlıklarını iyileştirmeye yöneltmiştir. Gelir ve gider açısından en büyük paya sahip olan ameliyathanelerin üretkenliğinin artması hastanelerin maddi açıdan nihai performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu sebeple ameliyathaneler hastanelerde en çok dikkat ve ilgi çeken bölümlerdir. Ameliyathanelerdeki iyileştirilen performans ile hizmet kalitesi ve hasta memnuniyeti de doğru orantılı şekilde artmaktadır (Lin, vd., 2013).

Ameliyathane çizelgeleme problemi optimizasyon problemleri içinde özel bir dal olarak karşımıza çıkmaktadır. Bundan dolayı ameliyathanelerdeki üretkenlik ve verimlilik gibi hedefleri gerçekleştirmeye yönelik planlama ve çizelgeleme çalışmaları son kırk yıldır araştırmacılar tarafından geniş kapsamlı olarak ele alınmaktadır (Cardoen, vd., 2010). Yapılan çalışmalarda araştırmacılar sorunu belirleyerek çözüm süreci için çok çeşitli yaklaşımlar geliştirmişlerdir. Bu çözüm yöntemlerinde farklı performans ölçütlerini dikkate almışlardır. Ameliyathanelerin etkin bir şekilde kullanımının dengeli bir şekilde dağıtımına bağlı olması sebebiyle her ameliyat tipinin süresinin doğru tahminlenmesi yapılmalıdır ve gerekli çalışma sürelerine göre de planlar oluşturulmalıdır.

Tanımsal olarak çizelgeleme, yapılması istenen işlerin hangi zaman diliminde ve hangi kaynaklarda yapılacağını planlanması işlemidir (Pinedo, 2005). Oluşturulan bu çizelgelerde yapılması istenen işlerin başlama ve tamamlanma zamanları bulunmaktadır. Yapılan çizelgelemelerde gerçekleştirilmesi istenen amaçlar belirlenir ve bu amaçlar doğrultusunda ilerleme kaydedilmesi istenir.

Gerçekleştirilmesi istenen hedef arttıkça ele alınan problemin karmaşıklığı artarak çözüm süreci zorlaşmakta ve gerçeğe uygun, uygulanabilir çizelgelerin oluşturulması zorluk seviyesinden dolayı zaman almakta hatta yapılmayabilmektedir. Ele alınan

problemin tanımlanmasının yapılması ve problem tipinin belirlenmesi oldukça önemli bir husustur (Çivril, 2009).

Ameliyathane çizelgeleme ve planlama süreçlerinde dikkate alınan birçok performans ölçütü bulunmaktadır. Bu performans ölçütleri çizelgeleme ve planlama süreçlerinde gerçekleştirilmesi istenen amaçları oluşturmaktadır. Hastane yöneticileri ameliyathanelerde eldeki sınırlı kaynakların mümkün olduğunca verimli kullanılacak şekilde çizelgeleme ve planlama yapmaktadır. Hem cerrahlar hem de hastalar açısından bekleme süresi, hem ameliyathanenin hem de ameliyathaneyle ilgili birimlerin kullanım oranı, yine hem personelin hem de ameliyathane ve ameliyathane ile ilgili birimlerde fazla mesai, operasyonların tamamlanma zamanı, hasta ertelenmesi veya reddedilmesi, maliyet, cerrahların tercihleri gibi performans ölçütleri bulunmaktadır. Ameliyathane çizelgelemede bu performans ölçütlerini dikkate alarak çizelgeleme ve planlama yapmak çok zor ve karmaşıktır. Yöneticiler mümkün olduğunca çok operasyon gerçekleştirmeyi ve bu ölçütleri de eş zamanlı dikkate almayı hedeflemektedirler (Xiang, 2017).

Ameliyathane çizelgeleme ve planlama ile ilgili literatür incelendiğinde çözüm sürecinde gerçekleştirmek istedikleri hedefler için çeşitli yaklaşımlar geliştirildiği görülmektedir. Hastaneleri gelir ve gider açısından en çok etkileyen bölüm olan ameliyathanelerdeki bu planlama ve çizelgeleme süreçleri oldukça büyük bir öneme sahiptir. Hatalı veya verimli olmayan bu planlamalardan kaynaklanabilecek ekstra maliyetler hastaneleri çok kritik durumlar ile karşı karşıya bırakabilmektedir. Çoğunlukla bir gün öncesinden manuel olarak yapılan bu planlamaları sistematik hale getirmek hem hastane yöneticileri açısından hem de çalışan personel açısından büyük kolaylık sağlayacağı öngörülmektedir.

Ameliyathane çizelgeleme ve planlama probleminde gerçekleştirilmesi istenen birçok amaç bulunmaktadır. Birden çok amacı değerlendirmeye yönelik geliştirilen çok amaçlı programlama yöntemleri içerisinde hedef programlama yöntemi ön plana çıkmaktadır. Hedef programlama yöntemi, belirlenen amaçlara ulaşabilmek için karar vericilerin ele aldıkları problemi matematiksel olarak ifade ettiği çoklu hedefleri gerçekleştirmeye yarayan bir araçtır.

Bu tez çalışmasında, hastanelerin en önemli birimi olan ameliyathanelerdeki çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Çizelgeleme sürecinde yaşanan aksaklıkların ve hataların giderilmesi için sistematik bir yapı oluşturulması amaçlanmıştır. Bir devlet hastanesinden alınan veriler ile uygulama yapılmıştır. 8 ameliyathane ve 120 operasyon ile üç senaryo oluşturulmuştur. Ameliyathanelerin etkin kullanımını ve fazla mesai yapılmadan tüm operasyonların dengeli dağıtımını amaçlanmaktadır. Aynı zamanda hastanelerdeki farklı durumlar senaryolaştırılarak bu senaryolarda bir haftalık çizelgeler oluşturulmuştur. Belirlenen hedeflerde esnekliklere izin veren hedef programlama yöntemi ile çözüm sürecinde mantıksal kısıtlamalar ile matematiksel kısıtlamalarını birleştiren kısıt programlama yönteminin performansları karşılaştırılmıştır. Her bir senaryo iki yöntemde de modellenmiş ve sonuçları incelenmiştir.

Bu tez çalışması altı bölümden oluşmaktadır. İlk bölüm giriş bölümüdür ve ameliyathane kavramının hastanelerdeki öneminden kısaca bahsedilmiştir. Daha sonra ameliyathane çizelgeleme tanımlaması yapılmış ameliyathane çizelgeleme ve planlama problemine yüzeysel bir bilgi verilmiştir.

İkinci bölümde ameliyathane çizelgeleme kavramına yönelik detaylı bilgiler aktarılmıştır. Ameliyathane çizelgeleme probleminin özelliklerinden ve literatürdeki yerinden bahsedilmiştir. Ameliyathane çizelgeleme süreçlerinde kullanılan teknik kavramlar hakkında bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde çözüm sürecinde kullanılan yöntemler hakkında bilgi verilmiştir. Hedef programlamanın tanımından ve içerisinde geçen kavramlardan bahsedilmiştir. Aynı zamanda literatürde sıklıkla kullanılan hedef programlama yöntemi çeşitleri anlatılmış ve formülasyon yapıları gösterilmiştir. Kısıt programlama ile ilgili tanımlamalar yapılmıştır. Kısıt programlamanın matematiksel programlamalardan farkından bahsedilerek temel kavramlarına yer verilmiştir. Ayrıca modellemelerden ayrı olarak ameliyathane çizelgeleme süreçlerinde etkili olan kriterlerin ağırlıklarının belirlenebilmesi için kullanılan analitik ağ süreci yöntemi anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde ameliyathane çizelgeleme kavramı ile ilgili literatür çalışmalarından bahsedilmiştir. Hasta özelliklerine, ameliyathane çizelgelemede dikkat edilen performans ölçütlerine, çözüm sürecinde kullanılan yöntemlere, çalışmaların belirsizlik durumlarına, araştırmanın uygulanabilirliğine ve planlama stratejilerine göre altı başlık altında çalışmalar incelenmiştir. Hastaların seçmeli veya seçmeli olmayan gruplarına göre, çalışmaların stokastik-deterministik olarak ele alındığı durumlara göre çalışmalar incelenmiştir. Aynı zamanda çalışmaların gerçek hayatta uygulanabilirliğine ve teorik durumlarına göre, çizelgeleme süreçlerindeki stratejilerine göre sınıflandırılmıştır.

Beşinci bölümde ele alınan ameliyathane çizelgeleme probleminin uygulamasına yer verilmiştir. Bir devlet hastanesinden ameliyathane ve operasyon sayısı, bu operasyonların ait olduğu cerrahi klinik sayısı, ameliyathane uygulana planlama stratejisi bilgisine ait veriler alınmıştır. 8 ameliyathane 120 operasyon ile hastane yöneticilerinin gerçekleştirmek istedikleri hedeflere yönelik bir haftalık çizelge oluşturulmuştur. İstenilen hedefler göz önünde bulundurularak senaryolar oluşturulmuş ve bu senaryolar hedef programlama ve kısıt programlama yöntemleri ile ayrı ayrı modellenmiştir. Daha sonra senaryo sonuçları karşılaştırılarak mevcut duruma göre analiz edilmiştir. İkinci çalışma olarak ameliyathane çizelgeleme süreçlerinde etkili olan cerrahlar, ameliyathane çizelgelerinin kendisi, ameliyathane kaynakları, ekipman ve sarf malzemeleri, ameliyathane personeli, hastalar ve diğer faktörler ile ilgili olmak üzere 7 ana kriter altında 24 alt kriter belirlenmiştir. Analitik ağ süreci yöntemi kullanılarak ameliyathane çizelgeleme süreçlerinde etkili olan kriterler ağırlıklandırılmıştır.

Altıncı bölümde yapılan uygulamanın sonuçları genel olarak yorumlanmıştır. Ameliyathane çizelgeleme kavramının öneminden bahsedilmiş ve elde edilen sonuçların literatüre ne gibi bir katkısı olduğu ifade edilmiştir. İleride yapılacak olan çalışmalar için araştırmacılara önerilerde bulunulmuştur.

2. AMELİYATHANE ÇİZELGELEME

Bireylerin hayatında önemli bir yere sahip olan ve üretim çıktısı sağlık hizmeti olan hastanelerin maliyet kalemlerinde artış olduğu gözlemlenmektedir. Teknolojideki gelişmelerin ön plana çıkması ile ilerlemeye paralel olarak gelişen hastanelerde teknolojik donanımlara olan ihtiyaçlar artmaktadır (Erkol ve Ağırbaş 2011). Artan bu ihtiyacı gidermek, yoğunlaşan rekabet ortamına ayak uydurabilmek ve yüksek kalitede personel/hasta memnuniyeti sağlamak, ayrıca eldeki kaynakları etkin ve verimli kullanabilmek hastaneler açısından büyük bir önem kazanmıştır. Hastane yöneticilerinin stratejik olarak attıkları adımlarda bu unsurlara dikkat ederek ilerlemesi hastanelere uzun vadede karlılık açısından büyük faydaları olduğuna dikkat çekilmiştir (Göktaş, 2012).

Hastane yöneticileri eldeki kaynakları en iyi şekilde kullanarak istenilen nitelikte hizmet sunmayı amaçlamışlardır. Hastanelerde bulunan hastaların yaklaşık %60'ı operasyon geçirmektedir. Bu operasyonların gerçekleştirildiği ameliyathaneler ise hastane harcamalarının ise %33'ünü oluşturmaktadır. Bu sebeple ameliyathaneler, hastanelerin en kritik kaynakları arasında bulunmaktadır. Ameliyathanelerin etkin kullanımı, maliyetleri azaltma ve karlılığı artırma noktaları olarak görülmektedir (Göktaş, 2012).

Genel açıdan ameliyathanelere bakılacak olursa; kompleks bir yapıya sahip olan, çeşitli, ileri seviyede teknolojik aletlerin kullanıldığı, ekip çalışmasının olduğu ve bu çalışma doğrultusunda hızla uygulanan kararlar ile hastaların tedavi edildiği yerler olarak tanımlanmaktadır (Göktaş, 2012). Bir hastanın operasyon geçirme işlemi kesinleştiğinde gerekli prosedürler başlar. Genellikle operasyonlar için gerekli olan zamanı cerrahlar belirler ya da bir önceki operasyonlar referans alınarak gerekli olan zaman belirlenir. Belirlenen bu operasyon süreleri tahmin edilenden daha uzun sürerse yapılan planlamalarda sarkmalara ve fazla mesailere, tahmin edilenden daha kısa sürerse de ameliyathanelerin boş kalmasına ve verimsiz kullanılmasına neden olur. Ameliyathanelerin verimli ve etkin kullanılması için yapılan planlamalar ve çizelgelerin önemi de bu noktada ön plana çıkmaktadır (Göktaş, 2012). Literatürdeki

çalışmalara bakıldığında son yıllarda ameliyathanelerin planlama ve çizelgeleme faaliyetlerine yönelik çalışmaların popülerlik kazandığı görölmektedir.

2.1. Temel Kavramlar

Planlama ve çizelgeleme, üretim ve hizmet sistemlerinde karar verme süreçlerinde kullanılan etkili bir araçtır. Manuel veya otomatik olarak yapılacak iş sırasını kontrol etmeye yarayan mekanizma çizelgeleme olarak tanımlanabilmektedir (Pinedo, 2005). Bir sistemdeki yükü dengelemek ve var olan kaynakların eşit dağıtılmasını sağlamak için belirlenen hedef ve kısıtlara göre çizelgeleme ve planlama çalışmaları yapılmaktadır.

Çizelgeleme süreçlerinde karşılaşılan ve dikkat edilmesi gereken birçok unsur vardır. İlk olarak yapılması gereken işlerin belirlenmesi ve bu işler için gerekli kaynaklara ait kapasite ihtiyaçlarının oluşturulması gerekmektedir. Bu işlemler boyunca işlerin gerçekleştirilmesi istenen zaman aralıkları, önem ve aciliyet seviyeleri, kullanılacak kaynak-ekipman gereksinimleri ve en önemlisi oluşturulacak çizelgenin ana hedeflerinin belirlenmesi gibi unsurlar ortaya çıkmaktadır. Bu unsurlar dikkate alınarak oluşturulan çizelgelerin kurumlar tarafından uygulanabilir ve gerçeğe uygun olması gerekmektedir.

Yöneticilerin stratejik, taktiksel ve operasyonel kararlarının içerisinde önemli bir yere sahip olan çizelgeleme problemi literatürde birçok yazar tarafından çeşitli alanlarda ele alınarak incelenmiştir. Yöneylem araştırması problemleri içerisinde özel bir konu olan çizelgeleme konusunun birçok türü vardır. Ameliyathane çizelgeleme bu türlerden biridir. Ameliyathane çizelgeleme ve planlama problemi sağlık hizmetleri alanında yapılan araştırmalarda popülerlik kazanmış zor ve karmaşık bir konudur. Temel olarak ameliyathane çizelgeleme problemi hastanelerdeki mevcut kaynak ve ameliyathanelerin farklı cerrahi uzmanlıklara ayrılması olarak tanımlanabilmektedir. Operasyonel seviyede ele alınan ameliyathane çizelgelemede, tamamen kaynak kapasitesi planlamaya ve zamanlamaya odaklanılmaktadır. Eldeki kaynağı hastane birimleri arasında en uygun şekilde kullanması ve aynı zamanda hastanenin en çok

gelir-gider kalemi olan ameliyathaneleri en etkin şekilde kullanması gerekmektedir. Stratejik seviyede ameliyathane çizelgelemede, örgütsel hedeflere ulaşmak için yani gelen hastaların memnuniyeti, personellerin motivasyon ve memnuniyeti, ameliyathane kaynaklarının boyutlandırılması gibi stratejik hedefler dikkate alınır. Ameliyathane ile ilişkili bölümler olan post anestezi bakım ünitesi (PABÜ), yoğun bakım ünitesi (YBÜ) gibi bölümlerin de kaynaklarının boyutlandırılması yapılmaktadır. Bu seviyedeki yapılan planlamalar genellikle bir yıl civarında olup hasta hacimleri de belirlenmektedir. Taktiksel seviyede ameliyathane çizelgeleme ise, hastanelerde kaynakların birkaç haftalık planlama sürecidir. Bu süreçte gerçek hasta talebi temel girdi olarak alınır. Ameliyathanelerin kapasiteleri ve kaynakları operasyonu gerçekleştirecek uzmanlıklara göre bölünür (Van Oostrum vd., 2010) . Bu bölünme sürecinde üç tür yaklaşım uygulanır: Blok çizelgeleme, açık çizelgeleme ve modifiye blok çizelgeleme yaklaşımlarıdır.

Açık çizelgeleme yaklaşımında, bir ameliyathanenin çalışma periyodu içerisinde her cerraha karşılık gelen işlemlerin belirlenmesi ve bu işlemlerin çalışma periyodu içerisinde atanması sürecidir. Bu süreçte farklı cerrahlar tarafından uygulanması gereken işlemlerin aynı çalışma periyodunda ataması yapılabilir (Liu vd., 2011). Blok çizelgeleme yaklaşımında, cerrahlar veya cerrah grupları ameliyathanenin çalışma periyodu içerisinde yapılması gereken operasyonları bir dizi zaman bloğunda gerçekleştirmektedir. Bu çizelgelemede cerrahlar önceden ayrılmış bu zaman bloklarını sadece kendileri kullanabilmektedir (Fei vd., 2010). Modifiye blok çizelgelemede ise, blok çizelgelemede daha fazla esneklik tanınmasıdır. Bu durumda ya ameliyathanelerin açılış saatleri cerrahlara ayrılır diğer çalışma saatleri açık bırakılır ya da blok çizelgelemede kullanılmayan zaman dilimleri diğer cerrahların kullanımına açılır (Ghazalbash vd., 2012). Blok çizelgeleme aşamasında cerrahlara cerrah gruplarına tahsis edilen blok zamanlarını dağıtan bir döngüsel zaman çizelgesinin oluşturulması ise ana cerrahi çizelgeleme (ACÇ) olarak adlandırılmaktadır. ACÇ sürecinde seçmeli hasta grubu dikkate alınmaktadır (Mannino vd., 2012).

Ameliyathanelerde operasyon prosedürü üç aşamadan oluşmaktadır: Preoperatif aşama, intraoperatif aşama ve ameliyat sonrası olan postoperatif aşamadır. Preoperatif

aşama; kurulum aşaması olarak tanımlanmaktadır. Bu aşamada gereken kaynaklar belirlenir ve hazırlık sürecine gidilir. Hasta kaydı ve belge kontrolleri dahil olmak üzere operasyon için gerekli tüm hazırlıklar tamamlanır. İntraoperatif aşama; cerrahi aşamadır. Bu aşamada operasyonları gerçekleştirmek için gerekli olan kaynakların, personelin ve ekipman-tesislerin hazır bulunduğu aşamadır. Gerekli personel bağlı olduğu operasyonda bulunarak operasyon gerçekleştirilir. Postoperatif aşama; ameliyat sonrası iyileşme aşamasıdır. Bu aşamada çoğu hasta ameliyattan sonra iyileşmesi için PABÜ transfer edilir. Bazı hastalar ise bu birimi atlayabilir ve YBÜ'da ek tedavi sürecine ihtiyaç duyabilir ya da ayakta tedavi gören bazı hastalar küçük lokal anestezi tedavileriyle doğrudan hasta odalarına transfer edilebilir (Xiang vd., 2015).

Hastanelerde ameliyathane birimleri için hasta grubu ikiye ayrılmaktadır: Seçmeli hasta grubu ve seçmeli olmayan (acil) hasta grubu. Seçmeli hasta grubu hastaneye kayıt yaptırmış ve önceden planlanabilir herhangi bir belirsizlik, değişkenlik içermeyen gruptur. Seçmeli olmayan hasta grubu ise bir anda ortaya çıkar ve hastaneler için çok fazla belirsizlik içeren bir gruptur (Bouguerra vd., 2016). Hastanelerde bu tür hasta grupları için çizelgeleme ve planlama yapmak oldukça zordur. Bu hasta grupları cerrahi talebin bir kısmını oluşturmakta ve operasyonel işlemler için bir önceliğe sahiptir. Hastaneler bu hasta grubundaki belirsizlik ve değişkenliği dikkate alarak planlama ve çizelgeleme yapması gerekmektedir (Hosseini ve Taaffe 2014). Seçmeli olmayan hasta grubunun önceliği düşünüldüğünde hastanelerin bu duruma mümkün olan en kısa sürede cevap vermesi beklenmektedir. Seçmeli hasta grubunun çizelgelemesi ve planlaması yapılırken seçmeli olmayan hasta grubuna olanak sağlayacak şekilde kapasite ayarlaması yapılması gerekmektedir. Seçmeli hasta grubu cerrahi tedavi talebine ve arz dinamiklerine bağlı olarak birkaç hafta ya da birkaç ay öncesinden planlaması yapılabilmektedir.

Ameliyathane çizelgeleme ve planlama iki farklı süreçte oluşturulmaktadır: Çevrimdışı çizelgeleme ve çevrimiçi çizelgeleme. Çevrimdışı çizelgelemede, kaynaklar önceden planlanır ve faaliyetlerin çizelgenmesi genelde haftalık bir planlama ufku boyunca yapılır. Kaynakların kullanımında yaşanabilecek olası çatışmaları önlemek için operasyon sıralaması yapılır. Seçmeli hasta grubunun sıralanması ve operasyon başlangıç zamanının belirlenmesini içerir. Çevrimiçi

çizelgelemede ise, gün içerisinde operasyonel faaliyetlerin kontrol edilmesini ve izlenmesini içermektedir. Bu kontrol aşamasında tüm belirsizlikler ve değişkenlikler dikkate alınmaktadır. Herhangi bir acil durumda operasyonların yeniden düzenlenmesini ya da iptal edilmesini içermektedir (Van Oostrum vd., 2010).

2.2. Ameliyathane Çizelgeleme ve Çözüm Teknikleri

Karmaşık yapısı sebebiyle birçok varsayım altında çözülen ameliyathane çizelgeleme ve planlama faaliyetleri için genel bir açıdan bakıldığında araştırmacılar çok çeşitli yaklaşımlar geliştirmişlerdir. Literatürdeki çalışmalar, ameliyathane bölümleri arasında olan PABÜ, YBÜ gibi bölümleri probleme dahil edildiğinde problemin zorluk seviyesini arttırdığını fakat öte yandan da performans kalitesinin de arttırdığını göstermektedir. Probleme dahil edilen unsur sayısı arttıkça problemi optimal yöntemler ile çözmek de zorlaşmaktadır. Araştırmacılar bu aşama da çoğunlukla en iyi sonuca yakın sonuçlar veren sezgisel yöntemleri çözüm sürecinde kullanmaktadır. Bu durumların göz ardı edilmediği zaman hastaneye uzun dönem etkisinin artacağı görüşünü savunmaktadırlar.

Tek birim olarak ele alınan ameliyathanelerde çözüm sürecinde genel olarak ameliyathanelerin kullanım oranı, hasta bekleme sürelerinin azaltılması, maliyetlerin minimize edilmesi, personel-hasta memnuniyetinin artırılması gibi hedeflerin gerçekleştirilmesi istenmektedir. Probleme ele alınan unsur sayısı arttıkça problemin zorluk seviyesi de doğru orantılı olarak artmaktadır. Araştırmacıların bu durumlarda çözüm sürecine destek olması için farklı öneriler sunarak faydalı sonuçlar elde etmeye çalışmaktadır. Farklı yöntemleri entegre olarak kullanmak, hasta geliş süresi veya hastanın operasyon süresi gibi belirsiz durumları dikkate alabilen stokastik çalışmalara ağırlık vermek bu farklı öneriler arasında yer almaktadır. Araştırmacılar bu farklı çözüm teknikleri ile probleme farklı bakış açıları kazandırmaktadırlar. Elde edilen çözümlerin kalitesinin istenilen seviyede olması problemin yapısı gereği çok zordur. Fakat Hanset vd. (2010) çalışmalarında, problemin çözüm sürecinde önerdikleri model ile ameliyathanelerin kullanımını daha verimli hale getirmişlerdir. Modellerine cerrahların tercihlerini yansıtarak insan ve maddi kısıtlamalar ile zorlayıcı hedeflere rağmen başarılı bir sonuç elde etmişlerdir. Sonuçlara bakıldığında kullanılan çözüm

yöntemi ile kurdukları modelin zorlayıcı hedeflere alternatif bir öneri olduğunu göstermişlerdir.

Son dönemde araştırmacıların ilgi odağı olan ameliyathane çizelgeleme ve planlama faaliyetlerinde dış etkenlerin artması ve gerçekleştirilmesi istenen hedeflerin artması problemin yapısını zorlaştırdığı görülmektedir. Araştırmacıların bu durumda önerdikleri çözüm tekniğini tek başına kullanmaktansa farklı yöntemler ile entegre ederek kullanmaktadırlar. Böylece elde etmeyi düşündükleri çözüm kalitesini arttırmayı amaçlamaktadırlar. Aynı zamanda araştırmalarında yaptıkları simülasyon çalışmaları ile farklı senaryoları da test etmektedirler. Bu senaryo çalışmaları ile hem kurmuş oldukları model veya geliştirdikleri algoritmaların performanslarını analiz etmeyi hem de olası farklı durumlara alternatif sonuçlar elde etmişlerdir. Bu senaryolar ile yapmış oldukları araştırmaları destekledikleri görülmektedir. Bu da yapılan simülasyon çalışmalarının katkılarının olumlu yönde olduğu şeklinde yorum yapılabilmektedir.

3. ÇÖZÜM SÜRECİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Bu tez çalışmasında çözüm sürecinde üç yöntem kullanılmıştır. Hedef programlama ve kısıt programlama ile modellemeler yapılarak ameliyathane çizelgeleri oluşturulmuştur. Analitik ağ süreci yöntemi ile ameliyathane çizelgeleme süreçlerinde etkili olan kriterler ağırlıklandırılmıştır.

3.1. Hedef Programlama

Günlük yaşamda karşılaşılan problemlerde gerçekleştirilmek istenilen birçok amaç bulunmaktadır. Bu amaçlar birbirleriyle çelişebildiği gibi aynı doğrultuda da olabilmektedir. Bu gibi durumlarda araştırmacılar amaçları eş zamanlı olarak gerçekleştirebilmek için çok amaçlı programlama yöntemlerine başvurmaktadır. Bu yöntemlerden biri olan hedef programlamanın kökleri 1961 yılında ilk tanımlaması yapılarak atılmıştır (Charnes ve Cooper, 1961). Karar vericiler karmaşık durumlarda çıkar çatışmaları ya da bilgi eksikliği olduğunda sağlam bir matematiksel yaklaşım geliştirirken çok zorlanmaktadırlar. Her bir hedefte istenilen değerlere ulaşabilmek için matematiksel yaklaşımları çoklu hedefleri içerecek şekilde genişletmek gerekmektedir. Bu tür karar problemlerinde karar vericiler hedeflerini mümkün olduğunca gerçekleştirmek istemektedir. Bütün bu kaygılar çok amaçlı programlama paradigması içerisine hedef programlama yöntemini yerleştirmektedir (Türkoğlu, 2017).

Çözüm sürecinde esnekliklere izin veren hedef programlama yönteminde hedefler modele hedef kısıtlayıcıları ile aktarılmaktadır. Karar vericilerin oluşturdukları modelde amaç fonksiyonunun optimal değeri sistem ve hedef kısıtlayıcıların izin verdiği çözüm içerisinde aranmaktadır. Yani istenilen çözüm yine istenilen hedeflerin oluşturduğu alana göre belirlenmektedir. Hedef programlama yöntemi doğrusal programlama yöntemi gibi amaç fonksiyonu ve kısıtlardan oluşmaktadır. Doğrusal programlamanın bir uzantısı olan hedef programlama yöntemi literatürde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Doğrusal programlamadan farkı ise aynı anda birçok amacı dikkate almaktır. Hedef programlama yöntemi içerisinde bahsedilen amaç kavramı,

karar vericilerin ele alınan problemde isteklerinin tanımlanmasıdır; hedef, bu amaçların somutlaştırılıp sayısal olarak ifade edilmesidir. Karar vericiler ele aldıkları problemi matematiksel olarak tanımlarken değeri bulunmak istenilen ifadeleri karar değişkenleri olarak adlandırmaktadır. Amaç fonksiyonu ile hedef değerlerden sapmalar minimize edilmektedir. Karar vericilerin başarı düzeyi olarak belirtilen sapma değerleri ile birlikte yazılan ve ulaşılmak istenilen değerleri belirten kısıtlar ise hedef kısıtlarıdır. Hedef kısıtlar esnek kısıtlardır ve çözüm alanı içerisinde olacak şekilde sapmalara izin verilir. Hedef kısıtlarındaki sapma değişkenleri sıfırdan küçük bir değer alamaz. Eğer istenilen hedefin altında bir değer sağlanmış ise negatif yönde sapma, istenilen hedefin üzerinde bir değer sağlanmış ise pozitif sapma oluşmuştur. Bu esnek kısıtların aksine sapma olmadan gerçekleştirilmesi gereken, modelin çözümünde öncelikli gerçekleştirilmesi gereken kısıtlara sistem kısıtları denilmektedir. Bu hedef kısıtları ve sistem kısıtlarının sağ tarafında mevcut olan kaynak miktarı ise sağ taraf sabitleri olarak ifade edilir.

Hedef programlama çeşitleri:

Literatürde araştırmacıların kullandıkları üç farklı hedef programlama yöntemi bulunmaktadır. Öncelikli hedef programlama ve ağırlıklı hedef programlama sıklıkla kullanılsa da daha az yaygın olarak kullanılan bir diğer yöntem de Minmax hedef programlama olarak bilinen Chebyshev hedef programlamadır. Çizelgeleme 3.1’de literatürde öncelikli hedef programlama ve ağırlıklı hedef programlama yöntemi kullanılarak yapılmış çizelgeleme ve planlama çalışmaları bulunmaktadır.

Çizelge 3. 1. Hedef programlama ile yapılan çalışmalar

Hedef Programlama Çeşidi	Yapılan Çalışmalar
Öncelikli Hedef Programlama	Kwak ve Lee (1997); Badri vd., (1998); Ozkarahan, (2000); Sharma vd., (2006); Bhattacharya, (2009); Jinturkar ve Deshmukh (2011); Ortuño ve Vitoriano (2011); Körpeli vd., (2012); Güler, (2013); Cappanera vd., (2016); Cappanera vd., (2016); Eren vd., (2017); Eren ve Ünal (2016); Sungur vd., (2017); Sundari ve Mardiyati (2017); Varlı vd., (2017); Abdallah ve Kapelan (2017)
Ağırlıklı Hedef Programlama	Kao ve Brodie (1979); Hotvedt, (1983); Levary ve Choi (1983); Lee ve Kwak (1999); Azaiez ve Al Sharif (2005); Topaloglu, (2006); Güler vd., (2013); Bağ vd., (2012); Kırış, (2014); Hamurcu vd., (2015); Subulan vd., (2015); Eren ve Varlı (2017); Bedir vd., (2017)

3.1.1. Öncelikli hedef programlama

Karar vericiler bazı durumlarda amaçlarına ulaşabilmek için çözüm seçenekleri arasından birini seçme durumu ile karşılaşabilmektedir. Karşılaşılan problemlerde matematiksel yaklaşımları optimize etmek için kurulan modelde amaçlar arasında sıralama yapılması durumudur. Modelin çözüm sürecinde hedefler öncelik sırasına göre yazılır. Daha sonra bu önceliklere göre sırasıyla model çözülerek her öncelikten elde edilen sonuç modele bir sonraki önceliği çalıştırabilmek için eklenir. En son öncelik çalıştırılana kadar bu çözüm süreci devam eder. Bu durum her bir önceliğin sıralı küçültülmesi olarak tanımlanmaktadır. Öncelikli hedef programlamanın matematiksel gösterimi şu şekildedir (Lee, 1972):

$$Lexmin_a = [\sum_{q \in pr_1} (\alpha_q \cdot d_q^- + \beta_q \cdot d_q^+), \dots, \sum_{q \in pr_r} (\alpha_q \cdot d_q^- + \beta_q \cdot d_q^+), \dots, \sum_{q \in pr_Q} (\alpha_q \cdot d_q^- + \beta_q \cdot d_q^+)] \quad (3.1)$$

s.t.

$$f_s(x) (=, \leq, \geq) b_s \quad s \in S \quad (3.2)$$

$$g_q(x) + d_q^- - d_q^+ = tv_q \quad q \in pr_r, \quad r \in Q \quad (3.3)$$

$$d_q^-, d_q^+ \geq 0 \quad q \in pr_r \quad (3.4)$$

Verilen matematiksel modeldeki ifadeler, pr_r r'inci öncelik seviyesindeki hedeflerin olduğu küme indeksini; α_q ve β_q ise d_q^+ ve d_q^- sapma değerleri için ağırlık faktörlerini; $f_s(x)$ sistem kısıtını; $g_q(x)$ hedef kısıtını ve son olarak $tv_{q,q}$ hedeflerin amaç değerlerini temsil etmektedir.

Öncelikli hedef programlamada temel mantık belirlenen hedeflere öncelikler verilmesi ile başlar. Daha sonra model her bir önceliğe sahip hedeflerin tek tek çözülmesi ile devam eder. Hedef kısıtlarında yer alan sapma değişkenleri (d_q^+ ve d_q^-) karar vericiler tarafından belirlenen hedeflere ulaşmadaki başarı düzeyi ile gerçekleşen düzey arasındaki farklar olarak tanımlanmaktadır. Belirlenen hedeflerde istenilen düzeyin altında bir değere ulaşılmışsa negatif sapma, istenilen düzeyin üstünde bir değere ulaşılmış ise pozitif sapma meydana gelmektedir. Sapma değişkenleri sıfırdan düşük bir değer alamaz. Minimize edilmesi istenmeyen herhangi bir sapma değişkenine sıfır değeri verilir.

Bazı problemlerde çözüm sonuçları karar vericilerin kararlarından etkilenmektedir. Hedefler arasında önem derecesi olduğunda hedefleri önceliklendirmeye ihtiyaç duyulmaktadır. Sharma vd. (2006), Körpeli vd. (2012) ve Sungur vd. (2017) çalışmalarında öncelikli hedef programlama yöntemini kullanarak hedefler arasında öncelik düzeyleri belirlemişlerdir. Öncelikli hedef programlamada karar vericiler belirlenen hedeflerde istenilen düzeyde bir doyuma ulaşamayabilir. Bu noktada en önemli hedeflere öncelik verilerek çözüm sürecine gidilmektedir. Karar vericiler hedefleri ağırlık vasıtasıyla hedeflerin görece önemlerini sağlayamadığı durumlarda öncelikli hedef programlama kullanılmaktadır.

3.1.2. Ağırlıklı hedef programlama

Karar vericilerin talepleri kesin olarak belirlendiğinde hedefler üzerinde belirli bir ağırlık verilir. Amaç fonksiyonunda ise sapmaların bu ağırlıklı toplamı minimize edilir. Hedeflere ait sapma değişkenleri amaç fonksiyonunda farklı görece önem ağırlıklarına sahiptir. Ağırlıklı hedef programlama aynı anda birden fazla hedefi gerçekleştirmeye yönelik bir çaba sağlar. Ağırlıklı hedef programlama hedefler arasında öncelik tayin edilemediği, tüm hedeflerin önemli olduğu durumlarda

hedeflere ağırlık verilmesiyle ölçülebilen problemler için kullanılmaktadır. Ağırlıklı hedef programlamanın matematiksel gösterimi şu şekildedir (Romero, 2014):

$$\text{Min } Z = \sum_i^k (u_i d_i^- + v_i d_i^+) \quad (3.5)$$

s.t.

$$\begin{aligned} f_i(x) + d_i^- - d_i^+ &= b_i, \quad i = 1 \dots Q, \quad x \in C_s \\ d_i^-, d_i^+ &\geq 0 \quad i = 1 \dots Q \end{aligned} \quad (3.6)$$

Ağırlıklı hedef programlamada temel mantık ise görelî önem derecelerine göre ağırlıklandırılan her hedefin sapma değerlerinin toplamı minimize edilir. Verilen matematiksel modeldeki ifadeler; $f_i(x)$ x'in doğrusal bir fonksiyonunu; b_i ulaşılması istenilen hedef değeri; d_i^- , d_i^+ ise hedef değerlerden negatif ve pozitif yönlerdeki sapma değerlerini; u_i ve v_i sapma değerlerindeki pozitif ağırlıkları; C_s ise doğrusal programlama içerisindeki kısıtların kümesini temsil eder. Karar vericiler için her bir hedefin ağırlığı farklı olabilir. Çizelge 3.1'de literatürde ağırlıklı hedef programlama yöntemi kullanılarak yapılmış çizelgeleme ve planlama çalışmaları bulunmaktadır.

Çizelge 3.1'deki çalışmalara bakıldığında karar verme süreçlerinde karar vericilerin hedefler üzerinde ağırlıklandırma yaptığı görülmektedir. Bu ağırlıklandırmalar bazı çalışmalarda hedefleri etkileyen faktörler olduğu için çeşitli yöntemler entegre edilerek yapılmaktadır. Azaiez ve Al Sharif (2005), Topaloglu (2006), Bağ vd. (2012), Kırış (2014), Eren ve Varlı (2017) çalışmalarında ağırlıklı hedef programlama yöntemini kullanmışlardır. Hedeflerdeki sapmaların ağırlıklı toplamını minimize eden ağırlıklı hedef programlama, hedefler arasındaki karşıt durumları dengeleyebilmektedir.

3.1.3. Chebyshev hedef programlama

Ağırlıklı hedef programı ve öncelikli hedef programlama yöntemi literatürde sıklıkla araştırmacılar tarafından tercih edilmektedir. Fakat Minmax hedef programlama olarak bilinen Chebyshev hedef programlama yöntemi ise literatürde daha az yaygındır. Çok sık kullanılmamasına rağmen teorik olarak önemli bir yapıya sahiptir. Chebyshev hedef programlama yönteminde sapma değişkenlerinin öncelikli

minimizasyonu ya da ağırlıklı toplamlarının minimizasyonu yerine hedefler arasındaki maksimum sapmanın minimize edilmesi mantığına dayanmaktadır. Modelde hedefler ayrı ayrı gösterilmekte ve hedefler arasında önceliklendirme yapılmamaktadır (Güngör vd., 2011).

Flavell, (1976) tarafından ilk kez önerilen bu yöntemde amaç fonksiyonu sadece maksimum sapmanın minimizasyonunu veren uzaklık parametresinden oluşur. Chebyshev hedef programlama yönteminin matematiksel formülasyonu şu şekildedir:

$$\text{Min } \lambda_i \quad \lambda_i \geq 0 \text{ için,} \quad (3.7)$$

s.t.

$$Z_i(x) + d_i^- - d_i^+ = G_i \quad (3.8)$$

$$\lambda_i \geq d_i^- - d_i^+ \quad (3.9)$$

$$\lambda_i \geq d_i^+ - d_i^- \quad (3.10)$$

$$x, d_i^+, d_i^- \geq 0 \quad x \in X \quad (3.11)$$

Verilen matematiksel modeldeki ifadeler, d_i^+ ve d_i^- , G_i i. Hedeften pozitif ve negatif yöndeki sapma değerlerini temsil eder. Eğer pozitif yöndeki sapma değişkeni d_i^+ sıfırdan büyük herhangi bir değeri için, negatif yöndeki sapma değişkeni d_i^- “0” değerini alıyorsa amaç fonksiyonu değeri, hedef değerden daha büyük olur. Yine benzer şekilde negatif yöndeki sapma d_i^- sıfırdan büyük herhangi bir değeri için, pozitif yöndeki sapma değişkeni d_i^+ “0” değerini alıyorsa amaç fonksiyon değeri hedef değerden daha küçük olur. Bu noktada λ_i ise maksimum sapmayı gösterir. Bu hedef programlama yaklaşımında maksimum sapma λ_i minimize edilir. Bu yüzden Minmax hedef programlama olarak adlandırılmaktadır.

Bu yöntemde hedefler arasındaki farklı birimler kullanıldığı için normalizasyon işlemi yapılmaktadır. Yüzde normalizasyon, Öklid normalizasyon, toplam normalizasyon, ve 0-1 normalizasyon gibi yöntemler normalizasyon işlemi için önerilmektedir. Diğer hedef programlama yöntemleri ile arasındaki ilk ve önemli fark maksimum sapmanın cezalandırılması aşamasıdır. Bu cezalandırmanın genel etkisi, mümkün olduğunda toplamların en aza indirilmesi yerine hedeflerin seviyeleri arasında bir dengenin

sağlanmasıdır. Gerçek hayat problemleri açısından düşünüldüğünde birçok uygulamada karar vericiler ihtiyaçları dengelemek olarak tanımlayabilirler.

3.2. Kısıt Programlama

Gerçek hayat optimizasyon problemleri genellikle çok geniş alanı kapsamaları ve heterojen bir dizi kısıtları içermesi nedeniyle çözüm süreçleri çok zordur. Son yıllarda kısıt programlama yöntemi gerçek hayat optimizasyon problemlerini modelleme ve çözme aşamasında etkinliğini göstermiştir. Kısıt programlama yöntemi matematiksel modellemelere alternatif olarak, yapay zekâ, yöneylem araştırması, bilgisayar programlama tekniklerinin bir kombinasyonu olarak geliştirilmiştir. Programlama sürecinde çözümün bazı kısıtlamalar ile sınırlandırıldığı durumlara alternatif bir yaklaşımdır. Modelleme, arama ve filtreleme olmak üzere üç önemli bileşenin kombinasyonu olarak da ifade edilebilir. Kısıt programlama yapısı itibariyle değişkenleri ve bu değişkenlerin alabileceği değerlerden oluşan tanım kümelerini içerir. Ayrıca değişkenler arasındaki ilişkileri de göstermektedir.

Kısıt programlama, çeşitli pratik sistemler geliştirmek ve bu alanlarda faydalı olabilecek temel araçlardan biridir. Matematiksel programlama yönteminden sıyrılan en önemli özelliği ise matematiksel kısıtlar içermesinin yanı sıra kısıtlamalar mantıksal ya da sembolik tipte olabilir. Bu mantıksal ya da sembolik tipte olan kısıtlamalar global kısıtlar olarak da adlandırılmaktadır. Ayrıca matematiksel ifadeler ile mantıksal kısıtların birleşiminden oluşan değişken tanımları yapabilmek mümkündür (Focacci vd., 2003).

Kısıt Programlamanın Temel Kavramları:

Bir problemi kısıt programlama olarak tanımlarken $\{X, D, C\}$ ifadelerinden yararlanılmaktadır. Bu ifadelerde X karar değişkeni dizisini belirtmektedir ve $X_i = \{x_1, \dots, x_n\}$ şeklinde tanımlanmaktadır. D ifadesi karar değişkenlerinin alabileceği değerleri içeren tanım kümesidir ve $v_i \in D(x_i) \quad i = 1, \dots, n$ şeklinde tanımlanmaktadır. C ifadesi ise, kısıtları ifade etmektedir. $C_j = \{C_1, \dots, C_m\}$ olarak

tanımlanmaktadır. Tüm kısıtlamalar yerine getirilirken karşılık gelen kümelerden tüm değişkenler için değer ataması yapılmalıdır. Ele alınan problem için tüm çözüm alanı $D_1x \dots xD_n$ olarak temsil edilir. Çoğu zaman bu problem $H(X_1, \dots, X_n)$ olarak tanımlanan amaç fonksiyonunu da içerir. Genel bir kısıt programlama yapısı şu şekilde gösterilebilmektedir (Apt, 2003):

$$\text{minimize } H(X_1, \dots, X_n) \quad (3.8)$$

subject to

$$C_j = \{C_1, \dots, C_m\} \quad \forall j \in \{1, \dots, m\} \quad (3.9)$$

$$X_i \in D_i \quad \forall i \in \{1, \dots, n\} \quad (3.10)$$

Kısıt programlama modelinde çözüme ulaşılabilmesi için değişkenlerin tanım kümeleri içerisindeki değerlerden birini alması ve bu değer için tüm kısıtları sağlaması gerekmektedir. Kısıt programlama yöntemi ikiye ayrılmaktadır: Amaç fonksiyonu olmadan modellenen problem, kısıt sağlama problemleri olarak adlandırılırken, amaç fonksiyonu eklenerek modellenen problemler ise kısıt optimizasyon problemleri olarak belirtilmektedir. Kısıt programlama çözüm süreçlerinde aşağıdaki aşamalar izlenmektedir:

- Her bir değişkenin alabileceği değerlerden oluşan tanım kümesinden tüm kısıtlara uygun olmayan değerler azaltılır. Böylece her değişken için tüm kısıtları sağlayan değerleri ile tanım kümesi güncellenmiş olur (Alağaç, 2017).
- Tüm değişkenlere problemdeki kısıtları sağlayan değerlerin atanması için çözüm araması yapılır. Arama ağacı olarak adlandırılan bu yapıda, karar değişkeni bir düğüm, değişkenlerin alabileceği değerler ise dal olarak gösterilir. Bir dallanma basamağı mevcut problemin alt problemlere bölünmesiyle gerçekleştirilir. Arama ağacında değişkenlere değer ataması ile başlanır ve daha sonra diğer değişkenlerin de seçilip değer ataması yapılır. Oluşturulan bu yapı ise düğüm-dal yapısı olarak adlandırılır. Tüm değişkenlere atanan değerler bütün kısıtları sağladığında problem tamamlanmış ve çözüm elde edilmiş olur. Eğer herhangi bir değer için değişken tanımlanamazsa geri dönüş algoritması denilen sistem devreye girer ve diğer dallar denenerek

komşu düğümlerdeki çözümler istenilen değer bulunana kadar aranır. Bu arama aşamasında değişkenlere değerlerin seçilmesi rastgele değil, kurallara bağlı olarak yapılmaktadır. Böylece çözüm hızlandırılırken, NP-zor yapıdaki problemler için daha iyi sonuçlar elde edilmesi sağlanabilmektedir.

Değişken ve değer seçim kuralları statik ve dinamik kurallar olarak ayrılmaktadır. Statik yapıda kurallar algoritmanın başlangıcında oluşturulmaktadır ve model çalıştırılma süresi boyunca değiştirilememektedir. Dinamik yapıda ise modelin çalıştırılması sırasında elde edilen çözümler anlık kontrol edilerek kurallar değiştirilebilmektedir. Kısıt programlama yönteminin en önemli avantajlarından biri esnek olmasıdır. Yani kısıt programlama, yeni kısıtlamaların eklenmesinin basit bir şekilde yapıldığı ve bu eklemelerin önceki modeli etkilemediği tanımlanabilir, kompakt ve esnek modellerin geliştirilmesine destek olmaktadır. Bu nedenle birçok gerçek hayat problemlerinde kısıt programlama yönteminin esnekliğinden faydalanabilir (Alağuş, 2017).

- Herhangi bir değer atanmış olan değişkenin durumuna göre, tüm kısıtlar dikkate alınarak diğer değişkenlerin tanım kümesinde bulunan değerlerin azaltılması kısıt yayılımı olarak adlandırılmaktadır. Dallanma sırasında çözümsüzlüğe götürebilecek değerlerin bir an önce azaltılması amaçlanmaktadır. Bu sayede diğer dallara geri dönüşler azaltılacak ve çözüm hızlanacaktır (Alağuş, 2017).

Genel olarak kısıt programlama yönteminde, her bir değişkenin tanım kümesi kısıtlara göre yeniden düzenlenir ve kısıtların tümünü sağlamayan değerler tanım kümesinden çıkartılır. Bu aşamada dikkat edilmesi gereken şey ise herhangi bir değişkenin tanım kümesinin boş küme olmaması gerektiğidir. Bunun için arama başlangıcında varsa değer ataması yapılmayan değişkenler kontrol edilir. Eğer herhangi bir değişkenin tanım kümesi boş küme olursa değişken seçim kurallarına göre yeniden değişken seçimi yapılır ve seçilen bu değişkene tanım kümesi içerisinde değer ataması yapılır. Eğer değer almayan bir değişken yok ise çözüm elde edilir ve arama sonlandırılır (Ünsal, 2013).

Kısıt programlama yöntemi son yıllarda literatürde araştırmacıların ilgisini çekmiştir. Çeşitli alanlarda kullanılmaya başlanılan kısıt programlama yönteminin çizelgeleme alanında; Weil vd. (1995) hemşire çizelgelemede, De Silva (2001) otobüs şoförü çizelgelemede lineer programlama yöntemi ile entegre şekilde, Bourdais vd. (2003) sağlık hizmetlerinde personel çizelgelemede, Trilling vd. (2006) tam sayılı programlama ile entegre şekilde hemşire çizelgelemede, Hanset vd. (2010) ameliyathane çizelgelemede, Wang vd. (2012) karışık tam sayılı programlama ile entegre halde ameliyathane çizelgelemede, Meskens vd. (2013) cerrahi ekiplerin isteklerini dikkate alan ameliyathane çizelgelemede, Goel vd. (2015) sıvılaştırılmış doğal gaz taşıyan gemi planlaması ve envanter yönetiminde uygulamaları bulunmaktadır.

3.3. Analitik Ağ Süreci Yöntemi

Bireyler ya da işletmeler günlük yaşantılarında içinde buldukları problemlerde çözüm seçenekleri arasında karar verme gibi durumlar ile karşılaşabilmektedirler. Bu karar verme durumlarında gerçekleştirilmesi istenen birden çok amaç olabilmektedir. Bu durumlarda çok amaçlı karar verme yöntemleri ön plana çıkmaktadır. Karar verme problemlerine tek yönlü ve hiyerarşik bir şekilde modelleme ile çözüm geliştiren Saaty (1996), karar kriterleri arasında ilişkileri de göz önüne alan analitik ağ süreci yöntemini de geliştirmiştir. Birçok karar problemi üst seviyedeki kriterlerin alt seviyedeki kriterler ile arasındaki bağımlılığından dolayı hiyerarşik şekilde modellenemez (Karabacak, 2012).

Analitik ağ süreci yönteminde karar problemi içerisinde, kararı etkileyen kriterler, bunların arasındaki ilişkiler, bağımlılıklar ve geri beslemeler bulunmaktadır. Bütün bunlar bir araya gelerek ağ modeli yapısını oluşturmaktadır. Ağ yapısı yukardan aşağıya doğru beslenen bir hiyerarşik yapıda değildir. İçinde bulunan kriterler kümelenerek birbirine bağlanır ve geri besleme döngüsüyle bağımlılıklarını sürdürür. Bu tür modellemeye ise geri beslemeli model adı verilmektedir (Büyükyazıcı, 2000). Analitik ağ süreci yönteminin çözüm süreci genel olarak 4 adımdan oluşmaktadır (Özder, 2015):

Adım 1. Karar probleminin tanımlanması ve ağ yapısının oluşturulması:

Bu adımda öncelikle karar verici içinde bulunduğu problemi iyi tanımalıdır. Problemin sınırlarını, problemi etkileyen faktörleri iyi bir şekilde belirlemelidir. Daha sonra problemi açık bir şekilde aktararak problemi etkileyen faktörlerin rasyonel bir şekilde ağ yapısını kurmalıdır. Kurulan bu yapıda kümeler içerisindeki faktörlerin dışsal ve içsel bağımlılıklarını net bir şekilde gösterilmelidir.

Adım 2. İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması ve öncelik vektörlerinin elde edilmesi:

Kriterler arasındaki etkileşimlerden ve ilişkilerden doğan karşılaştırma matrisleri karar vericilere faktörleri birbirine göre değerlendirebilmeyi sunmaktadır. Böylece kriterlerin önem ağırlıkları belirlenebilmektedir. Karar vericiler bu karar matrislerinde kriterlerin birbirlerine göre önem derecelerini sorgulamaktadır. Probleme ve amaçlara ne gibi bir katkısı olduğunu belirlenmeye çalışılmaktadır. Bu karşılaştırmalar yapılırken Saaty'nin (1996) 1-9 önem skalası kullanılmaktadır.

Adım 3. Süper matris yapılarının oluşturulması:

Karar vericilerin kriterleri karşılaştırmak için oluşturdukları ikili karşılaştırma matrislerinin bir araya toplanmasıyla süper matris yapıları oluşmaktadır. Süper matris yapıları 3 kısımdan oluşmaktadır: Yapılan ilk karşılaştırmaların bir araya getirilmesi ile oluşturulan ağırlıklandırılmamış süper matris yapısında tüm değerlendirmeler yer almaktadır. Daha sonra bu yapı içerisindeki kümelerin ilgili ağırlıklandırılmış değerler ile çarpılmasıyla ağırlıklandırılmış süper matris yapısı oluşmaktadır. Bu ağırlıklandırılmış süper matris yapısı ile $(2k+1)$ dereceden kuvveti alınarak ağırlıkların birbirine yakınsaması sağlanır. Bir noktada eşitlenen ağırlıklar ile limit süper matris yapısı oluşturulmaktadır.

Adım 4. Alternatifler arasında en iyi seçeneğin belirlenmesi:

Elde edilen limit süper matris ile problemi etkileyen faktörlerin ve alternatiflerin önem ağırlıkları belirlenmiş olur. Bu ağırlıklar arasındaki en yüksek değer alternatifler arasında en iyi alternatif, kriterler arasında ise karar sürecini en çok etkileyen kriter olarak belirtilmektedir. Böylece limit süper matris yapısı içerisinde hem alternatifler arasında hem de kriterler arasında kıyaslama yapmak mümkündür.



4. LİTERATÜR TARAMASI

Üretim çıktısı hizmet olan hastaneler artan sağlık talebi ve rekabet ortamı nedeniyle, sağladıkları hizmet için stratejik adımlar atmaya başlamışlardır. Bu nedenle hastane yönetimi artan maliyetleri düşürmek ve finansal varlıklarını iyileştirmeyi istemektedir. Ameliyathaneler hastane gelirlerinin üçte ikisini kapsamaktadır ve ayrıca hastane giderlerinin %40'ını oluşturmaktadır (Pham ve Klinkert 2008). Bu açıdan bakıldığında ameliyathaneler gelir ve gider açısından en büyük paya sahiptir. Bu sebeple ameliyathanelerinin üretkenliğinin artmasının, hastanelerin maddi ve manevi nihai performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Sonuç olarak ameliyathaneler hastanelerde en çok ilgi ve dikkat çeken bölümleri oluşturmaktadır (Lin vd., 2013). Yapılan bu performans iyileştirmeleri ile hizmet kalitesi ve hasta memnuniyeti doğru orantılı şekilde artmaktadır.

Ameliyathane çizelgeleme problemi optimizasyon problemleri içinde özel bir dalı olarak karşımıza çıkmaktadır. Son kırk yıldır araştırmacılar, ameliyathanedeki üretkenlik ve verimlilik gibi hedefleri gerçekleştirmek için planlama ve çizelgeleme çalışmalarına dikkatli bir şekilde odaklanmışlardır. Yapılan çalışmalarda araştırmacılar sorunu belirleyerek çözüm süreci için çok çeşitli yaklaşımlar geliştirmişlerdir. Farklı performans ölçütlerini dikkate alarak problemlere bu yeni yaklaşımlarla çözüm sunmuşlardır.

Literatür incelendiğinde ameliyathane çizelgeleme ve planlama ile ilgili yapılmış literatür taraması çalışmalarının sınırlı sayıda olduğu görülmektedir. Cayirli ve Veral (2003) hastanelerde ayakta tedavi edilen hastaların çizelgenmesi problemi ile ilgili literatür taraması yapmışlardır ve 70 çalışma incelemişlerdir. Modelleme yaklaşımlarını detaylı bir şekilde sunmayı amaçlamışlardır. Sağlık hizmetlerindeki geniş konu başlığını arama kriterlerine göre ve amaçlarına göre sınırlandırmışlardır. Cardoen vd. (2010) ameliyathane çizelgeleme ile ilgili literatürü gözden geçirerek 115 çalışmanın detaylı bir incelemesini sunmuşlardır. Böylece daha anlaşılır ve araştırılan arama kriterlerine ulaşımı kolay bir çalışma hazırlamışlardır. Guerriero ve Guido (2011) cerrahi planlama ve çizelgeleme çalışmalarında operasyon araştırmalarının

uygulaması ile ilgili 130 araştırma analiz edilmiş ve çözüm yaklaşımlarının problem tiplerindeki sonuçları incelenmiştir. Hastanelerde ameliyathane yönetimi ve yönetim ile ilgili atılan adımlardan detaylı bilgiler verilmiş ve bu konuyla alakalı optimizasyon çalışmaları değerlendirilmiştir. Gür ve Eren (2018), 165 çalışmayı hasta özelliklerine, performans ölçütlerine, çözüm süreçlerinde kullanılan yöntemlere, belirsizlik durumlarına, ameliyathaneleri kullanım durumlarına, araştırmaların uygulanabilirliğine ve planlama stratejilerine göre olmak üzere 7 konu başlığına ayırarak incelemiştir. Çizelgeleme aşamasında karşılaşılan bazı özelliklere dikkat çekerek çalışmalarını bu özelliklere göre kategorize etmişlerdir.

4.1. Hasta Özelliklerine Göre Ameliyathane Çizelgeleme ile İlgili Literatürdeki Çalışmalar

Literatürde ameliyathane çizelgeleme ve planlamaya yönelik var olan çalışmalar seçmeli ve seçmeli olmayan hasta grubu olarak iki büyük sınıfa ayrılmıştır. Seçmeli hasta grubu önceden planlanabilir ve herhangi bir belirsizlik ve değişkenlik içermezler. Seçmeli olmayan hasta grubu ise acil hastalar olarak da bilinmektedir. Hayati risk taşıdığı için acil müdahale gereken hasta grubudur. Klinik olarak müdahalelerin aciliyetini ve önceliğini göstermek için bu ifade kullanılır. Yapısındaki belirsizlik nedeniyle cerrahların planlamalarında önceden yer almaz ve beklenmedik bir anda ortaya çıkar. Birinci öncelik bu acil hasta grubuna verildikten sonra daha sonra planlama sürecine diğer hasta grupları dahil olmaktadır (Cayirli ve Veral 2003). Seçmeli olmayan hasta grubu, cerrahi talebin büyük bir kısmını oluşturmaktadır ve bulunduğu duruma göre bir önceliğe sahiptir. Hastanelerde bu tip hasta grubunu dikkate alarak çizelgeleme ve planlama yapmak zorlu bir görev olarak kabul edilmektedir. Hastanelerde bu tip ameliyatları kabul etmek var olan kapasiteyi rezerve ederken belirsizliği de dikkate almayı gerektirir. Diğer hasta grubu ise ameliyatı daha önceden planlanabilen grubu temsil etmektedir (Hosseini ve Taaffe 2014). Literatürde seçmeli hasta grubunun çizelgeleme ve planlama üzerinde seçmeli olmayan hasta grubuna göre daha çok payı bulunmaktadır. Çalışmaların çoğunluğunda araştırmacılar seçmeli hasta grubunun tam olarak tanımlanmasını yapmasalar dahi çalışmalarının bu iki hasta grubu arasında hangi alanda olduğuna dair ayrımı belirtmektedir.

Ameliyathane çizelgeleme ve planlama ile ilgili yapılan çalışmaların çoğunluğunda hastaneye finansal açıdan bakıldığında maliyetleri düşürmek ve gelirleri arttırmak olmasına rağmen Nouaouri vd. (2011) felaket veya yüksek oranda hasar verebilecek olan afetler gibi olağan dışı durumların yaşandığı bölgelerde hastanelerin mevcut kaynaklarını nasıl kullanması gerektiğine dair bir inceleme yapmışlardır. Bu gibi durumlarda mağdurlar yakın bölgelerdeki hastanelere sevk edilerek acilen tedaviye alınması gerekmektedir. Böyle bir aciliyet söz konusu olduğunda hastanelerin finansal amaçları göz ardı edilerek maksimum insan hayatı kurtarılmasına odaklanan reaktif bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Gerektiğinde bir ameliyat planının yeniden düzenlenmesini önermektedirler. Ameliyathane çizelgeleme problemi yapısı gereği birçok belirsizliği içinde barındırmaktadır. Bu yüzden çoğu çalışma bu belirsizlikleri dikkate almadan çözüm sürecinde belli varsayımlarda bulunmaktadırlar. Bu belirsizlikler oluştuğunda da bazı araştırmacılar yeniden çizelgeleme yoluna gitmektedirler. van Essen vd. (2012) cerrahi sürelerdeki belirsizliği karşılama ve ayrıca acil operasyonların gelişi nedeniyle kesintiye uğrayan planlamaları dikkate almıştır. Bu problem için karar destek sistemi geliştirerek ameliyathaneler için en iyi düzeltilmiş planlamayı belirlerler. Sonuçlara bakıldığında oluşturulan bu karar destek sistemi ile daha az operasyonun iptal edildiğini gözlemlemişlerdir.

Seçmeli olmayan hasta grubu düşünüldüğünde bu acil duruma hastaneler mümkün olan en kısa sürede yanıt vermelidirler. Erdem vd. (2012) acil hastaların gelme durumlarında seçmeli hastaların nasıl yeniden planlanacağına dair karma tam sayılı lineer programlama yöntemi ile bir yaklaşım sunmuşlardır. Benzer çalışmalardan ayırıcı nitelikte olarak model yapısında, acil durumun hastane üzerindeki kritik etkisi olan acil hastaları geri çevirme maliyetini barındırmaktadır. Modelin zor senaryolar altında en uygun çözümleri verebilmesine olanak tanıyacak genetik algoritma ile geniş bir bakış açısı kazandırmışlardır. Böylece yüksek hasta yükleri içeren problem setleri için üstün çözüm kalitesi elde etmişlerdir.

Seçmeli hastaların çizelgelemesi ve planlaması yapılırken acil cerrahi durumlara olanak sağlayacak kapasite ayarlamasının hastane politikasına önemli bir etkisi bulunmaktadır. Marques vd. (2012) seçmeli hasta grubunu çizelgelerken çelişen iki

hedefe dikkat çekmişlerdir. Kaynakları rasyonalize ederek bekleme listelerini azaltmayı amaçlayarak tam sayılı doğrusal programlama ile bir sezgisel yaklaşımı birlikte kullanmışlardır. ShahabiKargar vd. (2014) regresyon analizi yardımıyla seçmeli hasta gruplarının operasyon prosedür sürelerini tahminlemesini yapmışlardır. Ameliyathane kullanımı odak noktasına alarak yöneticiye daha doğru tahmin yapabilmek için bir araç sunmuşlardır. Neyshabouri ve Berg (2017) çalışmalarında ameliyathane ile ilişkili diğer bölümlerden biri olan yoğun bakım ünitesini de dikkate alarak bir formülasyon geliştirmişlerdir. Ayrıca önerilen cerrahi planlara ilişkin risk düzeyini anlamaya yönelik bir simülasyon modeli ile formülasyonu birleştirmişlerdir. Cerrahi sürelerde ve kalma sürelerindeki belirsizlikleri gidermek için iki aşamalı sağlam bir optimizasyon yöntemi ile ameliyathanelerde yaşanabilen tıkanıklıkları hafifletmişlerdir. Çizelge 4.1’de hasta özelliklerine göre çalışmalar bulunmaktadır.

Çizelge 4.1. incelendiğinde araştırmacıların daha çok seçmeli hasta grubuna odaklandığı görülmektedir. Seçmeli olmayan hasta grubu ise oluşturulan modellere aktarılma zorluğundan dolayı daha çok göz ardı edildiği görülmektedir. Bu durum sorgulandığında araştırmacılar tarafından problemde belirsizlik derecesi arttıkça ameliyathane planlanmasının zorlaştığı söylenmektedir. Bununla birlikte çizelgeleme süreçlerinde seçmeli hasta grubunun beklenen maddi kazançlar ile ilişkilendirilmesi daha kolay yapılmaktadır. Çizelge 4.1’deki çalışmalar hasta grubunu 2’ye ayırmaktadır. Bu çalışmalardan farklı olarak Zonderland vd. (2010) çalışmalarında yarı-acil hasta grubunu ele almaktadır. Yarı acil hasta grubu, diğer acil hasta grubunun yanı sıra, minimal veya nörolojik semptomları olmayan omurga kırıkları gibi semptomları içeren hasta grupları olarak tanımlanmaktadır. Markov karar zinciri ile bu hasta grubu dikkate alınmıştır. Öte yandan birçok yazar çalışmalarında seçmeli olmayan hasta grubundan kaynaklanan bu belirsizlik derecesini bir motivasyon kaynağı olarak görmekte ve çalışmalarını özelleştirdiğini belirtmektedir. Aynı zamanda çizelgeleme ve planlama süreçlerinde hasta grubunu belirtmeyen çalışma sayısı da çoğunluktadır. Genel bir açıdan bakıldığında ameliyathane çizelgeleme ve planlama problemlerinin hasta özellikleri kapsamında açık bir şekilde tanımlanmasının yapılmaması birçok çalışmada eksiklik olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4. 1. Hasta özelliklerine göre ameliyathane çizelgeleme ile ilgili çalışmalar

Hasta Özelliği	Yapılan Çalışmalar
Seçmeli hasta grubu	Özkarahan, (2000); Arenas vd., (2002); Kim ve Horowitz (2002); Ogulata ve Erol (2003); Sciomachen vd., (2005); Vissers vd., (2005); Beliën vd., (2006); Denton vd., (2006); Fei vd., (2006); Kharraja vd., (2006), Krempels ve Panchenko (2006); Roland vd.,(2006); Santibáñez vd., (2007); Beliën ve Demeulemeester (2007); Denton vd., (2007); Lamiri vd., (2007); Persson ve Persson (2007); Testi vd., (2007); Augusto vd., (2008); Beliën ve Demeulemeester (2008); Fei vd., (2008); Lamiri vd., (2008); Hans vd., (2008); Pham ve Klinkert, (2008); van Oostrum vd., (2008); Beliën vd., (2009); Conforti vd., (2010); Hanset vd., (2010); Min ve Yih (2010); Samanlıoğlu vd., (2010); Tanfani ve Testi (2010); Tan vd., (2011); Adan vd., (2011); Liu vd., (2011); Riise ve Burke (2011); Chandoul vd., (2012); Ghazalbash vd., (2012); Herring ve Herrmann (2012); Huang vd., (2012); Mannino vd., (2012); Marques vd., (2012); Yin ve Xiang (2012); Stuart ve Kozan (2012); Erdem vd., (2012); Banditori vd., (2013); Marques vd., (2012); Hosseini ve Taaffe, (2014); Li vd., (2014); Gartner ve Kolisch (2014); ShahabiKargar vd., (2014); Fügener vd., (2014); Agnetis vd., (2014); Marques vd., (2014); Sufahani ve Ismail (2014); Di Martinelly vd., (2014); Çekiç, (2015); Marques vd., (2015); Duma ve Aringhieri (2015); Saadouli vd., (2015); Molina-Pariente vd., (2015); Yang vd., (2015); Fügener, (2015); Liang vd., (2015); Aringhieri vd., (2015); Cappanera vd., (2016); Visintin vd., (2016); Rubilar ve Duran (2016); Addis vd., (2016); Clavel vd., (2016); Landa vd., (2016); Lahijanian vd., (2016); Maaroufi vd., (2016); Zhou vd., (2016); Hachicha ve Mansour (2016); Eren vd., (2016); Jebali ve Diabat (2017); Abedini vd., (2017); Al-Refaie vd., (2017); Roshanaei vd., (2017); Gerami ve Saidi-Mehrabad (2017); Bam vd., (2017); Marques ve Captivo (2017); Rachuba ve Werners (2017); Mateus vd., (2017); Neyshabouri ve Berg (2017); Xiang, (2017); Landa vd., (2018); Duma ve Aringhieri (2018);
Seçmeli olmayan hasta grubu	Bowers ve Mould (2004); Lamiri vd., (2008); Lamiri vd., (2008); Zhang vd., (2009); Adan vd., (2011); Nouaouri vd., (2011); Erdem vd., (2012); Riise vd., (2012); Stuart ve Kozan (2012); Hosseini ve Taaffe (2014); Wang vd., (2015); Bouguerra vd., (2016); Yahia vd., (2016); Rachuba ve Werners (2017); Jebali ve Diabat (2017); Farzad ve Mohammad (2016); Wang ve Xu (2017); Landa vd., (2018); Duma ve Aringhieri (2018)

Seçmeli ve seçmeli olmayan hasta grubu olarak ikiye ayrılan hasta grupları için incelenen literatürde, seçmeli hasta grubu araştırmacılar tarafından çözüm sürecindeki kolaylık açısından sıklıkla tercih edilmektedir. Bu çalışmalarda cerrahlar hafta başında yapacakları operasyonları belirler ve bu seçilen hasta gruplarının zamanlamasını planlarlar. Çoğunlukla bu çalışmalarda ameliyathanelerin kullanımını dengelemeyi ve bekleme listesindeki hastaların bekleme sürelerini azaltmayı amaçlamaktadırlar. Bu hasta grubunda planlama yapabilmek için birçok varsayımda bulunmaktadır. Genellikle hastaların varış sürelerindeki belirsizlik çoğu çalışma tarafından göz ardı etmektedir. Ayrıca bu iki hasta grubunu eş zamanlı düşünerek planlama yapan çalışmalara sıklıkla rastlanılmamıştır (Cardoen vd., 2010). Gelecekteki çalışmalar literatürde var olan bu eksikliğe yönelik yeni algoritmalar geliştirerek bu durumlar dikkate alınabilir. Acil durumlar sahip olduğu önceliklerden dolayı varış gününde yapılmak zorundadır. Bu vakalar hastaneye ulaştığında uygun bir ameliyathane olmadığı zaman seçmeli hasta grubundaki bir operasyon iptal edilmektedir. Bu iptallerden sonra ise fazla mesai yapılmaktadır. Araştırmacıların ilerleyen çalışmalarda kuracakları yeni modeller veya algoritmalar ile fazla mesai kapasite kısıtlamalarını, iptaller olmadan hem seçmeli hem de seçmeli olmayan hasta gruplarının dahil olduğu durumları, fazla mesailerden ve iptallerden kaynaklanan ekstra maliyetleri dikkate alabilirler. Tüm örgütsel ve teknik kısıtlamaların dikkate alındığı hastaların varış süresi, cerrahi işlem süreleri gibi çeşitli belirsizlikler ile birlikte varsayımların azaltıldığı planlamalar yapılabilir. Seçmeli ve seçmeli olmayan hasta gruplarını birlikte değerlendirmek hastaların bekleme sürelerinin yanı sıra personel ve hastanede iş yükü üzerindeki etkisi de değerlendirilmelidir.

4.2. Performans Ölçütlerine Göre Ameliyathane Çizelgeleme ile İlgili Literatürdeki Çalışmalar

Literatürdeki ameliyathane planlaması ve çizelgeleme problemleri değerlendirirken çeşitli performans ölçütleri kullanılmaktadır. Bu performans ölçütleri problemin yapısını özelleştirirken aynı zamanda boyutunu sınırlandırmaktadır. Değerlendirilen ölçüt sayısı arttıkça problem yapısı zorlaşmakta ve karmaşık hale gelmektedir. Bu performans ölçütleri bekleme süresi, kullanım, hasta ertelemeleri, maliyet ve benzeri

olmak üzere çeşitlendirilmiştir. Çizelge 4.2’de incelenen çalışmaların performans ölçütlerine göre sınıflandırılmış hali bulunmaktadır.

Çizelge 4.2’de diğer performans ölçütlerinin de bulunduğu birçok çalışmaya yer verilmiştir. Bu çalışmalara geniş bir açıdan bakıldığında aslında araştırmacıların hastane organizasyonlarının planlamalarında etkili olabilecek farklı açılara değindikleri görülmektedir. İncelenen çalışmalarda çoğunlukla araştırmacılar, ameliyathanelerin dengeli kullanımı ve maliyetlerin azaltılması ölçütlerini dikkate almışlardır. Tüm bu faktörlerin karmaşıklığı ve karşılıklı etkileşimleri hastane yöneticileri için bir sorun kaynağı olmaktadır. Çünkü hastane yöneticileri ameliyathanelerin verimli ve etkin kullanılması arayışındadırlar, aynı zamanda hasta/personel memnuniyet seviyesini de yüksek tutmak istemektedirler. Bunun içinde en uygun ameliyathane çizelgeleme ve planlama arayışı içindedirler. Araştırmacılar gelecekteki çalışmalar için dikkate aldıkları ölçüt seviyesi arttırmalıdır. Özellikle çok fazla üzerinde durulmasa da ameliyathanelerin entegre olarak çalıştığı diğer bölümlerle dengeli çalışılması üzerine yoğunlaşılmalıdır. Bu birimler dikkate alınmadan yapılan planlamalar ve çizelgelerin gerçek durumlarla arasındaki uyum incelenebilir. Ayrıca performans ölçütleri arasında yer alan hasta erteleme ya da ret durumu hastane için maddi ve manevi açıdan ciddi zararlar ile sonuçlanabilmektedir. Buna rağmen bu ölçütün literatürde çok fazla ele alınmadığı görülmüştür. Araştırmacılar ilerideki çalışmalar için bu kriterler arasındaki ilişkileri analiz etmelidirler. Bütün bu ölçütleri aynı anda değerlendirmek çok zor olduğu için, çıkan ilişki sonucunda hastaneye katkısı en fazla olacak şekilde bu ölçütleri dikkate alan bir planlama yapmalıdırlar. Daha sonra yapmış oldukları bu planlamalar sonucunda gerek gerçek veriler ile gerek belirli olasılık dağılımlarına göre elde edilen verilerle performanslarını değerlendirmelidirler.

Çizelge 4. 2. Performans ölçütlerine göre ameliyathane çizelgeleme ile ilgili çalışmalar

Performans Ölçütü		Yapılan Çalışmalar
Bekleme Zamanı	Hasta	Arenas vd., (2002); Ogulata ve Erol (2003); Guinet ve Chaabane (2003); Denton vd., (2006); Fei vd., (2006); Santibáñez vd., (2007); Zhang vd., (2009); Hosseini ve Taaffe (2014); Bouguerra vd., (2016); Testi vd., (2007); Tánfani ve Testi (2010); Liu vd., (2010); Adan vd., (2011); Riise ve Burke (2011); Marques vd., (2012); van Essen vd., (2012); Stuart ve Kozan (2012); Pradenas vd., (2012); Banditori vd., (2013); Agnetis vd., (2014); Gartner ve Kolisch (2014); Marques vd., (2014); Li vd., (2014); Marques vd., (2015); Aringhieri ve Duma (2015); Liang vd., (2015); Dios vd., (2015); Nino vd., (2016); Addis vd., (2016); Farzad ve Mohammad (2016); Bai vd., (2017); Marques ve Captivo (2017); Xiang, (2017); Landa vd., (2018);
	Cerrah	Denton vd., (2006); Gomes vd., (2012); Li vd., (2016)
Kullanım	Ameliyathane	Ozkarahan, (2000); Guinet ve Chaabane (2003); Ogulata ve Erol (2003); Bowers ve Mould (2004); Sciomachen vd., (2005); Vissers vd., (2005); Roland vd., (2006); Santibáñez vd., (2007); Lamiri vd., (2007); Testi vd., (2007); Arnaout ve Kulbashian (2008); Pham ve Klinkert (2008); van Oostrum (2008); Wang ve Xu (2008); Adan vd., (2009); Fei vd., (2009); Zhang vd., (2009); Conforti vd., (2010); Tánfani ve Testi (2010); Hanset vd., (2010); Fei vd., (2010); Batun vd., (2011); Su vd., (2011); Riise ve Burke (2011); Tan vd., (2011); Liu vd., (2011); Marques vd., (2012); Gomes vd., (2012); Jeang ve Chiang (2012); Ghazalbash vd., (2012); Riise vd., (2012); van Essen vd., (2012); Vijayakumar vd., (2013); Meskens vd., (2013); Sufahani ve Ismail (2014); Marques vd., (2014); Çekiç, (2015); Marques vd., (2015); Saadoui vd., (2015); Hosseini ve Taaffe (2015); Atighehchian vd., (2015); Vancroonenburg vd., (2015); Zhu vd., (2015); van Veen-Berkx vd., (2015); Clavel vd., (2016); Kougias vd., (2016); Luo vd., (2016); Cappanera vd., (2016); Hachicha ve Mansour (2016); Landa vd., (2016); Yahia vd., (2016); Marques ve Captivo (2017); Xiang, (2017); Jebali ve Diabat (2017); Gerami ve Saidi-Mehrabad (2017); Bam vd., (2017); Wang ve Xu (2017); Bai vd., (2017); Guido ve Conforti (2017); Dellaert ve Jeunet (2017); Duma ve Aringhieri (2018); Siqueira vd., (2018)
Kullanım	YBÜ	Kim ve Horowitz (2002); Vissers vd., (2005); Santibáñez vd., (2007); Beliën ve Demeulemeester (2007); van Oostrum vd., (2008); Augusto vd., (2008); Beliën vd., (2009); Fei vd., (2010); Min ve Yih (2010); Tan vd., (2011); Fügener vd., (2014); Saadoui vd., (2015); Aringhieri vd., (2015); Baesler vd., (2015); Cappanera vd., (2016); Yahia vd., (2016); Jebali ve Diabat (2017); Al-Refaie vd., (2017); Marques vd., (2014); Bam vd., (2017); Penn vd., (2017); Neyshabouri ve Berg (2017)

Çizelge 4.2.(devam)

Fazla mesai	Ameliyathane	Ozkarahan, (2000); Sciomachen vd., (2005); Roland vd., (2006); Testi vd., (2007); Lamiri vd., (2008); Hansvd. (2008); Fei vd., (2010); Samanlioglu vd., (2010); Tan vd., (2011); Liu vd., (2011); Mannino vd., (2012); Yin ve Xiang (2012); Gomes vd., (2012); Jeang ve Chiang (2012); Meskens vd., (2013); Hosseini ve Taaffe (2014); Di Martinelly vd., (2014); Xiang vd., (2015); Landa vd., (2016); Duma ve Aringhieri (2015); Bouguerra vd., (2016); Rubilar ve Duran (2016); Farzad ve Mohammad (2016); Xiang, (2017); Al-Refaie vd., (2017); Gerami ve Saidi-Mehrabad (2017); Bai vd., (2017)
	YBÜ	Hosseini Taaffe (2014)
	PABÜ	Bai vd., (2017)
Tamamlanma zamanı	Lamiri vd., (2008); Augusto vd., (2008); Augusto vd., (2010); Souki, (2011); van Essen vd., (2012); Ghazalbash vd., (2012); Baesler vd., (2015); Hachicha ve Mansour (2016)	
Hasta erteleme / ret	Zonderland vd., (2010); Liu vd., (2010); Adan vd., (2011); Herring ve Herrmann (2012); Landa vd., (2016); Aringhieri ve Duma (2015) Duma ve Aringhieri (2015); Addis vd., (2016);	
Mali	Guinet ve Chaabane (2003); Roland vd., (2006); Lamiri vd., (2007); Denton vd., (2007); Pham ve Klinkert (2008); Lamiri vd., (2008); Lamiri vd. (2008); Chaabane vd., (2008); Beliën ve Demeulemeester (2008); Fei vd., (2008); Fei vd., (2009); Hanset vd., (2010); Zonderland vd., (2010); Tãnfani ve Testi (2010); Min ve Yih (2010); Riise ve Burke (2011); Batun vd., (2011); van Oostrum vd., (2011); Huang vd., (2012); Wang vd., (2012); Fügenger vd., (2014); Gartner ve Kolisch (2014); Allen vd., (2014); Çekiç, (2015); Wang vd., (2015); Fügenger, (2015); Zhou vd., (2016); Aringhieri vd., (2015); Guda vd., (2016); Li vd., (2016); Maaroufi vd., (2016); Rachuba ve Werners (2017); Bai vd., (2017); Al-Refaie vd., (2017)	
Tercihleri	Ozkarahan, (2000); Santibáñez vd., (2007); Hanset vd., (2010); Van Huele ve Vanhoucke (2014); Xiang vd., (2015); Yang vd., (2015); Penn vd., (2017); Roshanaei vd., (2017)	
İnsancıl hedefler	Ozkarahan, (2000); Bowers ve Mould (2004); Nouaouri vd., (2011); Wang vd., (2012); Chandoul vd., (2012); Allen vd., (2014); Van Huele ve Vanhoucke (2015); Monteiro vd., (2015); Liang vd., (2015); Wang vd., (2015); Rubilar ve Duran (2016); Maaroufi vd., (2016); Farzad ve Mohammad (2016); Zhou vd., (2016); Gerami ve Saidi-Mehrabad (2017);	
Diğer	Blake vd., (2002); Kharraja vd., (2006); Beliën vd., (2006); Krempels ve Panchenko (2006); Denton vd., (2007); Beliën ve Demeulemeester (2007); Persson ve Persson (2007); van Oostrum vd., (2008); Wang ve Xu (2008); Beliën ve Demeulemeester (2008); Chaabane vd., (2008); van Oostrum vd., (2011); Nouaouri vd., (2011); Stuart ve Kozan (2012); Yin ve Xiang (2012); Agnetis vd., (2014); Schultz ve Claudio (2014); Di Martinelly vd., (2014); ShahabiKargar vd., (2014); Wang vd., (2014); Pulido vd., (2014); Molina-Pariente vd., (2015); Wang vd., (2015); Hosseini ve Taaffe (2015); Zhu vd., (2015); van Veen-Berkx vd., (2015); Xiang vd., (2015); Atighehchian vd., (2015); Van Huele ve Vanhoucke (2015); Riise vd., (2016); Addis vd., (2016); Visintin vd., (2016); Lahijanian vd., (2016); Nino vd., (2016); Cappanera vd., (2016); Hashemi Doulabi vd., (2016); Yahia vd., (2017); Xiao vd., (2017); Visintin vd., (2017); Penn vd., (2017); Rachuba ve Werners (2017); Mateus vd., (2017); Roshanaei vd., (2017); Abedini vd., (2017); Landa vd., (2018); Duma ve Aringhieri (2018);	

Hastanelerdeki uzun bekleme listelerinde bulunan hastaların alınan hizmetten duyduğu memnuniyet derecesi, sağlık hizmeti verilen bu kurumlardaki çalışma motivasyonunu maddi ve manevi açıdan doğrudan etkilemektedir (Arenas vd., 2002). Bekleme listelerinde yer alan grup araştırmacılar tarafından cerrahlar ve hastalar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Hastaların memnuniyet derecesinin önemli olduğu kadar cerrahlarında memnuniyetinin önemine vurgu yapılmaktadır. Ameliyathanelerin planlanması sürecinde cerrahların bekleme sürelerinin azaltılmasına olanak tanıyan bir kombinasyon sunmuşlardır. Operasyonların ne kadar süreceği ile cerrahların bekleme sürelerinin ilişkisine değinmişlerdir. Bu operasyonların süre tahminlerinin doğruluğu ameliyathane çizelgelemesinin kalitesini tanımlamaktadır.

Diğer bir performans ölçütü olarak gösterilen kullanım kriteri ise literatürdeki birçok çalışma tarafından amaç olarak belirlenmiştir. Yine araştırmacılar kullanım kriterini ameliyathane bölümleri açısından ayrı ayrı ele almışlardır. Özellikle büyük bir çoğunluğu ameliyathanelerin kullanım oranına odaklanmaktadır. Ameliyathane kullanım oranları maddi açıdan etkilerinin fazla olması sebebiyle çizelgelerdeki yapılan ufak bir değişiklik bile hastaneye fazla mesai ücretleri vb. çeşitli açılardan yansımaktadır. Literatürde bulunan birçok çalışma ameliyat odalarının kullanımının etkinliği üzerine farklı farklı yaklaşımlarda bulunmuşlar ve hem yeterince kullanılmamasının hem de fazla kullanımının etkilerine dikkat çekmişlerdir. Bu açıdan bakıldığında bu iki durumunda dengede tutularak ameliyathanelerden elde edilen verimin en yüksek düzeyde tutulması gerektiğine önem vermişlerdir. Cerrah grupları arasında yapılan operasyonların dağılımının dengede olmasıyla ameliyathanelerin kullanımını ilişkilendiren Ogulata ve Erol (2003) problemin hesaplama zorluğuna alternatif olacak şekilde hiyerarşik yapıda bir yaklaşım sunmuşlardır.

Hastane organizasyonların daha etkin hale gelmesinde etkili olan önemli faktörlerden birisi sağlık hizmetlerindeki maliyetlerin artmasıdır. Ameliyathane kapasitesinden en verimli olacak şekilde yararlanılmasının faydası da göz ardı edilemez. Hastane organizasyonlarında kaynakların etkinliği gibi temel hedefleri içeren planlama süreçleri stratejik, operasyonel ve taktiksel olarak boyutlandırılmaktadır. van Oostrum vd. (2008) önerdikleri çözüm yaklaşımıyla planlamayı taktiksel seviyede ele alarak

ameliyathane kullanımına yönelik gereklilikleri karşılayan bir model geliştirmişlerdir. Augusto vd. (2008) çalışmalarını ameliyathanelerin günlük planlamasına odaklayarak çeşitli kısıtlamaları kurmuş oldukları modele yansıtılmışlardır. Ameliyathanelerin kullanımını geliştirerek yönetimde yardımcı olmaktadır. Tan vd. (2011) çalışmalarında oluşturdukları çözüm yaklaşımıyla fazla mesai ve az kullanıma bağlı olarak değişen ameliyathane etkinliğinin yanı sıra yatak doluluk oranlarındaki değişkenliği azaltacak hedeflere ulaşmaktadır.

Ameliyathane kullanımı kadar önemli olan diğer alan ise yoğun bakım ünitelerinin kullanımınıdır. Ünitelerin yatak sayısı ile ölçülen yoğun bakım ünitesi kapasitesi hastaneler için dikkat edilmesi gereken bir kaynaktır. Kim ve Horowitz (2002) modellerinde sağlık hizmetlerinde iyileştirici katkılarda bulunmak için yoğun bakım ünitelerinin performanslarını etkin ve verimli bir şekilde geliştirmeye odaklanmışlardır.

Hasta erteleme olarak performans ölçütleri arasında yer alan bu kriter hastalara verilen hizmetin kalitesini göstermektedir. Addis vd. (2016) hastalara verilen hizmet kalitesini belirli bir performans seviyesinde garantiye almaktadırlar. Bu sebeple yaşanacak olan gecikmeleri ve ertelemeleri önlemeye yönelik bir ceza fonksiyonu geliştirmişlerdir.

Ameliyathane çizelgeleme problemlerinde en genel hedeflerden biri de mali açıdan beklenen performans dereceleridir. Genel olarak bir ameliyathane planlama ve çizelgeleme problemi diğer hedefler dikkate alındığında bile dolaylı olarak maddi açıdan etkisi görülmektedir. Yani bu sebeple aslında bu ölçüt sağlık hizmeti veren birimlerin temel taşları arasında yer almaktadır. Wang vd. (2012) gerçek hayatta karşılaşılan maddi kaynaklar üzerindeki kısıtlamaları dikkate alan bir model geliştirmişlerdir. Etkili bir algoritma ile ameliyathanelerin ve cerrahların verimli kullanımına izin veren bir çizelge oluşturmuşlardır. Baesler vd. (2015) organizasyonel yapıdaki planlamaları stratejik ve taktiksel seviyede ele alarak hastane gelirlerini en üst düzeye çıkarmayı amaçlayan bir çizelgeleme yaklaşımı üzerinde durmuştur.

Bir diğer performans ölçütü ise ameliyathane çizelgeleme ve planlama sürecinde araştırmacılar tarafından amaç olarak edinilen tercih kriteridir. Van Huele ve

Vanhoucke (2015) hem operasyon hem de cerrahla ilgili karşılaşılan kısıtlamaları rahatlatmaya yönelik bir formülasyon oluşturmuşlardır. Cerrah tercihlerini dikkate alan planlamalarda daha sonra bu tercihlerin etkileri incelenmiştir. Xiang vd. (2015) çalışmalarında çizelgeleme problemleri içerisinde cerrahların deneyimlerini hesaba katmışlardır. Bazı operasyon gruplarında belirli cerrahlara yer verilmesine dayanarak dengeli bir planlama ve çizelgeleme geliştirmişlerdir. Cerrahlara ait bu tercih opsiyonu ile algoritmalarının etkinliğini analiz etmişlerdir.

4.3. Çözüm Süreçlerinde Kullanılan Tekniklere Göre Ameliyathane Çizelgeleme ile İlgili Literatürdeki Çalışmalar

Ameliyathane planlama ve çizelgeleme süreçleri hastane organizasyonların tümünü etkilemektedir. Bu süreçlere ameliyathanenin diğer bölümleri olan yoğun bakım ünitesi, PABÜ gibi alanların da dahil edilmesi ile karmaşıklık artmaktadır. Fakat genel sürecin iyileştirilmesi için stratejik açıdan faydalı olduğu düşünülmektedir. Bu tesislerin dahil edildiği çalışmalara bakıldığında araştırmacıların elde ettiği sonuçlar, performans kalitesinin ne kadar arttırdığını ön plana çıkarmaktadır. Aynı zamanda bu tesislerden yaşanan belirsizlikleri göz ardı edilmediği zaman hastaneye uzun dönemli etkisinin olumlu yönde olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.3'te literatürde yapılan çalışmaların çözüm teknikleri açısından yapısını içermektedir. Çoğu çalışma ameliyathaneyi tek başına ele alırken bu tesislerle entegre olarak eş zamanlı çözüm yaklaşımlarında bulunan çalışmalarda mevcuttur. Bunun yanı sıra son dönemlerde karşılaşılan ameliyathane çizelgeleme çalışmaları yine sağlık hizmetleri ile ilişkili fakat farklı alanlarla da entegre olarak çalışıldığı görülmektedir.

Çizelge 4.3. Ameliyathane durumuna göre ameliyathane çizelgeleme ile ilgili çalışmalar

Ameliyathane Durumu	Yapılan Çalışmalar	
Sadece Ameliyathane	<p>Ozkarahan, (2000); Arenas vd., (2002); Blake vd., (2002); Ogulata ve Erol (2003); Guinet ve Chaabane (2003); Bowers ve Mould (2004); Sciomachen vd., (2005); Vissers vd., (2005); Krempels ve Panchenko (2006); Roland vd., (2006); Fei vd., (2006); Denton vd., (2006); Kharraja vd., (2006); Denton vd., (2007); Persson ve Persson (2007); Lamiri vd., (2007); Santibáñez vd., (2007); Fei vd., (2008); Arnaout ve Kulbashian (2008); Hans vd., (2008); Chaabane vd., (2008); Zhang vd., (2009); Adan vd., (2009); Beliën vd., (2009); Hanset vd., (2010); Samanlioglu vd., (2010); Zonderland vd., (2010); Conforti vd., (2010); Nouaouri vd., (2011); Souki, (2011); Batun vd., (2011); Su vd., (2011); Hosseini ve Taaffe (2014); Marques vd., (2012); Herring ve Herrmann (2012); Pradenas vd., (2012); Wang vd., (2012); ShahabiKargar vd., (2014); Neyshabouri Marques vd., (2012); Liu vd., (2011); Herring ve Herrmann (2011); Mannino vd., (2012); Yin ve Xiang (2012); Vijayakumar vd., (2013); Meskens vd., (2013); Sufahani ve Ismail (2014); Marques vd., (2014); Gartner ve Kolisch (2014); Wang vd., (2014); Li vd., (2014); Çekiç, (2015); Marques vd., (2015); Liang vd., (2015); Baesler vd., (2015); Atighehchian vd., (2015); van Veen-Berkx vd., (2015); Wang vd., (2015); Dios vd., (2015); Wang vd., (2015); Yang vd., (2015); Hosseini ve Taaffe (2015); Xiang vd., (2015); Cappanera vd., (2016); Rubilar ve Duran (2016); Maaroufi vd. (2016); Zhou vd., (2016); Addis vd., (2016); Bouguerra vd., (2016); Eren vd., (2016); Visintin vd., (2016); Clavel vd., (2016); Lahijanian vd., (2016); Kougias vd., (2016); Luo vd., (2016); Nino vd., (2016); Li vd., (2016); Guido ve Conforti (2017); Guda vd., (2016); Riise vd., (2016); Yahia vd., (2017); Xiao vd., (2017); Xiang, (2017); Rachuba ve Werners (2017); Wang ve Xu (2017); Mateus vd., (2017); Roshanaei vd., (2017); Duma ve Aringhieri (2018); Siqueira vd., (2018)</p>	
Entegre Ameliyathane	PABÜ	<p>Erdem vd., (2012); Zhu vd., (2015); Abedini vd., (2017); Gerami ve Saidi-Mehrabad (2017); Bam vd., (2017); Bai vd., (2017)</p>
Entegre Ameliyathane	YBÜ	<p>Kim ve Horowitz (2002); Beliën ve Demeulemeester (2007); Augusto vd., (2008); Tànfani ve Testi (2010); Fei vd., (2010); Min ve Yih (2010); Banditori vd., (2013); Fügener vd., (2014); Saadouli vd., (2015); Aringhieri vd., (2015); Jebali ve Diabat (2017); Abedini vd., (2017); Al-Refaie vd., (2017); Huang vd., (2012); Penn vd., (2017)</p>
Entegre Ameliyathane	Diğer	<p>Beliën vd., (2006); Testi vd., (2007); Wang ve Xu (2008); Beliën ve Demeulemeester (2008); Wachtel ve Dexter (2009); Augusto vd., (2010); Di Martinelly vd., (2014); Fügener, (2015); Molina-Pariente vd., (2015); Monteiro vd., (2015); Van Huele ve Vanhoucke (2014); Van Huele ve Vanhoucke (2015); Xiang vd., (2015); Hashemi Doulabi vd., (2016); Hachicha ve Mansour (2016); Farzad ve Mohammad (2016); Yahia vd., (2016)</p>

Çizelge 4.3'e bakıldığında son dönemlerde yapılan entegre çalışmaları ile planlama ve çizelgeleme süreçlerinde iyileştirmelerin yaşandığı görülmektedir. Ama yine de çalışmaların büyük bir çoğunluğu ameliyathaneleri tek başına düşünüldüğü uygulamalara kaymıştır. Bu entegrasyonlar sonucundaki etkilerin analizi de gelecek yıllarda yapılacak olan çalışmalara önemli bir kapı olmaktadır. Ameliyathaneler gerçek hayatta hastane içerisinde PABÜ, YBÜ gibi alanlar ile entegre halde çalışmaktadır. Bu durum planlama sürecini oldukça zorlaştırmaktadır. Çoğu zaman doğru yapılmayan ya da bu entegre bölümleri doğru bir şekilde dengelemeyen planlamalarda aksaklıklar olmaktadır. Bu aksaklıklar hastaların ertelenmesi ya da reddi, cerrahların bekleme süresinin artışı, hazırlık ve temizlik sürelerinin uzaması gibi negatif sonuçlar doğurmaktadır. Bu da hastaneye hem ekstra maliyet hem de hasta/personel memnuniyetsizliği getirmektedir. Araştırmacılar genel olarak yapılan planlama çalışmalarının aksine bu negatif sonuçların hastaneye etkisini analiz eden çalışmalar yapabilir. Ameliyathanelerin genel performansları değerlendirilebilir. Daha sonra bu çalışma sonucunda hastaneleri olumsuz yönde etkileyen en çok hangi faktör ise o konu üzerinde araştırma yapmaya gidilebilir. Bu faktör en çok hangi bölüm ile alakalı ise o bölümü iyileştirmeye yönelik planlamalar yapılabilir.

Çalışmaların detayına odaklanıldığında tek başına ele alınan ameliyathanelerde kullanım oranı, hasta bekleme listelerinin azaltılması, maliyet ve benzeri kriterler birlikte değerlendirilirken, farklı birimlerle entegre olarak ele alınan problemlerde daha özel amaçlara odaklanılmaktadır. Bu özel amaçlar içerisinde entegre ettikleri birimlerin kullanım oranlarını verimli hale getirmek ana amaç olarak ön plana çıkmaktadır. Çizelge 4.3'te diğer başlığı altında yer alan çalışmalarda ise çoğunlukla hemşire birimlerinin birlikte düşünüldüğü çalışmalar bulunmaktadır. Hemşire birimlerinin özel durumlarını ve ameliyathaneler ile aralarındaki ilişkiler yansıtılmaktadır. Di Martinelly vd. (2014) ameliyathaneler ve hemşire yönetimi arasındaki ilişkiyi gösteren ve ameliyathane sayısı ile hemşire sayısı ve fazla mesai kavramlarının birbirlerini etkileyen bir model önerisi geliştirmişlerdir. Çalışmanın ana amacı incelendiğinde esnek bir model anlayışıyla iki farklı yönetimi temsil eden bir bütünleştirme görülmektedir. Hem hemşireleri aynı anda planlayan hem de kaynak kısıtlamalarını dikkate alan ameliyathane çizelgeleme modeli kurmuşlardır. Model, zaten karmaşık olan ameliyathane süreçlerinin üzerine, süreci daha da zorlaştıran

hemşire kısıtlamalarını da eklemiştir. Fakat sonuçlara bakıldığında görülmektedir ki ameliyathane sayısı ile hemşire sayısı arasında bir ilişki olmamaktadır. Hemşire sayısı ile fazla mesai yapılan iş sayısı arasında ters bir ilişkinin olduğu ifade edilmektedir. Bu da aslında her iki yönetimin entegrasyonunda hemşirelerin geçerliliğinin az miktarda olduğunu ifade etmektedir. Ameliyathane çizelgeleme ve planlama literatüründe belirli bir analiz ve çözüm tekniğini kullanan metodolojilerin varlığı görülmektedir. Çizelge 4.4'te bu metodolojilerin neler olduğu ve hangilerinde yoğunlaştığı listelenmektedir.

Çizelge 4.4 problemlerin analiz edilmelerine yönelik bir bakış açısı sunmaktadır. Problemlerin yapısında ufak değişiklikler yaşandığında hesaplama zorluğuna yardımcı olabilecek farklı önerilerin sunulduğu görülmektedir. Performans ölçütlerinin etkili olduğu çözüm metodolojisi kullanımında belirsizlik sayısı arttıkça nasıl yaklaşımlarda bulunulması gerektiği ve kurulan model yapısının etkinliği birçok yazar tarafından tartışılmaktadır.

Yapılan çalışmalara bakıldığında, araştırmacılar her bir yöntemin kendine ait sahip olduğu üstünlükleri kullanarak çözüm sürecine gittikleri görülmektedir. Aslında kullanılan bu çözüm yöntemleri problemde çeşitli varsayımlarda bulunmalarını gerektirmektedir. Gün geçtikçe geliştirilen her algoritma veya modelleme ameliyathane çizelgeleme ve planlama süreçlerinde oldukça etkili sonuçlar vermektedir. Fakat ne kadar etkili olursa olsun bu sonuçlar yeterli değildir ve sürekli geliştirilmeli ve çözüm alanı genişletilmelidir. Araştırmacılar problemdeki var olan kısıtlamalara matematiksel veya mantıksal ifadeler oluşturmak için kısıt programlama yönteminin ifade gücünden yararlanabilir. Kısıt programlama ile tanım kümesi içerisinde birçok çözüm alanı bulunabilir ve çözüm alanı içerisinde en uygun olan seçilebilir. Bu da çözüm sürecindeki farklı değerleri değerlendirmeye olanak sağlar. Ayrıca, kısa sürede tatmin edici sonuçlar elde etmek için sezgisel yöntemler kullanılabilir ve kuyruk modelleri ile seçmeli olmayan hasta grubu için çözüm yaklaşımı geliştirilebilir.

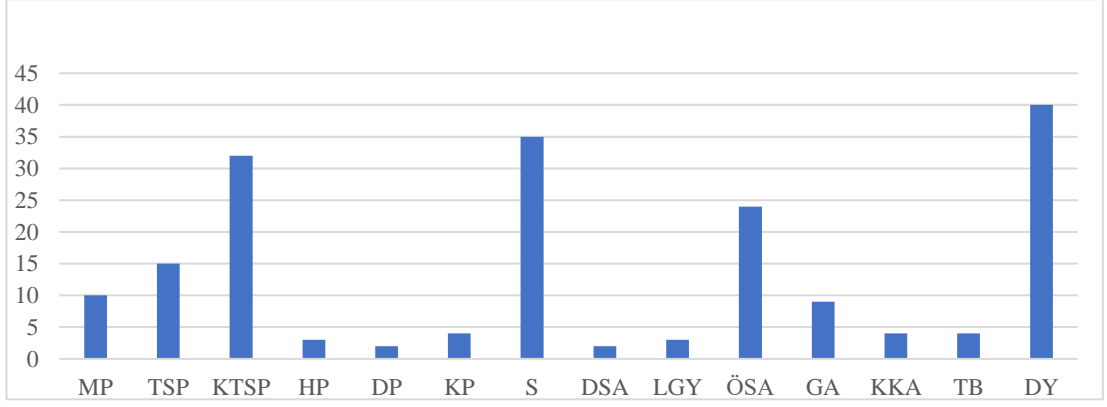
Çizelge 4. 4. Çözüm tekniklerine göre ameliyathane çizelgeleme ile ilgili çalışmalar

Çözüm Tekniği	Yapılan Çalışmalar
Matematiksel Programlama	Ogulata ve Erol (2003); Lamiri vd., (2007); Wang ve Xu (2008); Adan vd., (2011); Tan vd., (2011); Jeang ve Chiang (2012); Di Martinelly vd., (2014); Xiang vd., (2015); Eren vd., (2016); Siqueira vd., (2018)
Tam Sayılı Programlama	Blake vd., (2002); Lamiri vd., (2008); Beliën ve Demeulemeester (2008); Samanlıoğlu vd., (2010); Tãnfani ve Testi (2010); Marques vd., (2012); Pradenas vd., (2012); van Essen vd., (2012); Marques vd., (2012); Sufahani ve Ismail (2014); Aringhieri vd., (2015); Yahia vd., (2016); Landa vd., (2016); Dellaert ve Jeunet (2017); Abedini vd., (2017);
Karma Tam Sayılı Programlama	Vissers vd., (2005); Roland vd., (2006); Santibãñez vd., (2007); Pham ve Klinkert (2008); Lamiri vd., (2008); Beliën vd., (2009); Adan vd., (2009); Zhang vd., (2009); Batun vd., (2011); Erdem vd., (2012); Wang vd., (2012); Ghazalbash vd., (2012); Mannino vd., (2012); Banditori vd., (2013); Vijayakumar vd., (2013); Gartner ve Kolisch (2014); Van Huele ve Vanhoucke (2014); Pulido vd. (2014); Çekiç, (2015); Molina-Pariente vd., (2015); Fügener, (2015); Maaroufi vd., (2016); Farzad ve Mohammad (2016); Hachicha ve Mansour (2016); Luo vd., (2016); Visintin vd., (2016); Clavel vd., (2016); Lahijanian vd., (2016); Gerami ve Saidi-Mehrabad (2017); Bam vd., (2017); Penn vd., (2017); Marques ve Captivo (2017);
Hedef programlama	Ozkarahan, (2000); Arenas vd., (2002); Cappanera vd., (2016)
Dinamik Programlama	Beliën ve Demeulemeester (2008); Herring ve Herrmann (2011)
Kısıt Programlama	Hanset vd., (2010); Wang vd., (2012); Meskens vd., (2013); Hashemi Doulabi vd., (2016)
Simülasyon	Bowers ve Mould (2004); Sciomachen vd., (2005); Denton vd., (2006); Beliën ve Demeulemeester (2007); Testi vd. (2007); Lamiri vd., (2008); Hans vd., (2008); Zhang vd., (2009); Liu vd., (2010); Chandoul vd., (2012); van Essen vd., (2012); Banditori vd., (2013); Hosseini ve Taaffe (2014); Allen vd., (2014); Wang vd., (2014); Schultz ve Claudio (2014); Agnetis vd., (2014); Fügener vd., (2014); Saadouli vd., (2015); Aringhieri ve Duma (2015); Molina-Pariente vd., (2015); Baesler vd., (2015); Duma ve Aringhieri (2015); Liang vd., (2015); Zhu vd., (2015); Kougiyas vd., (2016); Xiang vd., (2015); Van Huele ve Vanhoucke (2015); Yahia vd., (2017); Landa vd., (2016); Nino vd., (2016); Neyshabouri ve Berg (2017); Rachuba ve Werners (2017); Abedini vd., (2017); Landa vd. (2018);
Dal Sınır Algoritması	Fügener vd., (2014); Li vd., (2016)
Lagrangian Gevşeme Yaklaşımı	Augusto vd., (2008); Augusto vd., (2010); Zhou vd., (2016)

Çizelge 4.4. (devam)

Özel Sezgisel algoritma	Guinet ve Chaabane (2003); Krempels ve Panchenko (2006); Hans vd., (2008); Arnaout ve Kulbashian (2008); Liu vd., (2010); Souki, (2011); Nouaouri vd., (2011); Riise ve Burke (2011); Liu vd., (2011); Herring ve Herrmann (2012); Marques vd., (2012); Riise vd., (2012); Pradenas vd., (2012); Vijayakumar vd., (2013); Li vd., (2014); Pulido vd., (2014); Dios vd., (2015); Vancroonenburg vd., (2015); Aringhieri vd., (2015); Marques vd., (2015); Dellaert ve Jeunet (2017); Wang ve Xu (2017); Mateus vd., (2017); Bam vd., (2017)
Genetik algoritma	Fei vd., (2006); Roland vd., (2006); Fei vd., (2010); Conforti vd., (2010); Erdem vd., (2012); Marques vd., (2014); Zhu vd., (2015); Wang vd., (2015); Guido ve Conforti (2017)
Karınca Kolonisi Algoritması	Yin ve Xiang (2012); Xiang vd., (2015); Xiang vd., (2015); Xiang, (2017);
Tavlama Benzetimi	Denton vd., (2006); Beliën ve Demeulemeester (2007); Beliën vd., (2009); Baesler vd., (2015)
Diğer Yöntemler	Kharraja vd., (2006); Beliën vd., (2006); Persson ve Persson (2007); Denton vd., (2007); Lamiri vd., (2007); Fei vd., (2008); Chaabane vd., (2008); van Oostrum vd., (2008); Wachtel ve Dexter (2009); Fei vd., (2009); Min ve Yih (2010); Zonderland vd., (2010); van Oostrum vd., (2011); Su vd., (2011); Gomes vd., (2012); Huang vd., (2012); Stuart ve Kozan (2012); Hosseini ve Taaffe (2014); ShahabiKargar vd., (2014); Wang vd., (2014); Saadouli vd., (2015); Wang vd., (2015); Monteiro vd., (2015); Yang vd., (2015); Hosseini ve Taaffe (2015); Atighehchian vd., (2015); van Veen-Berkx vd., (2015); Rubilar ve Duran (2016); Addis vd., (2016); Bouguerra vd., (2016); Riise vd., (2016); Xiao vd., (2017); Visintin vd., (2017); Roshanaei vd., (2017); Xiang, (2017); Jebali ve Diabat (2017); Bai vd., (2017); Guda vd., (2016) Al-Refaie vd., (2017); Duma ve Aringhieri (2018)

Beliën vd. (2009) kurmuş oldukları optimizasyon sistemiyle yatak doluluk oranları dengelenerek aynı ihtisasa ait cerrahların aynı ameliyathanelerde yoğunlaşmasını sağlamaktadır. Hesaplama sonuçlarının belirlemiş oldukları bu iki hedefe dayanarak başarılı planlamalar ürettiği görülmektedir. Şekil 4.1'de çözüm tekniklerinin literatürdeki yeri görsel olarak ifade edilmiştir.



Şekil 4.1. Çözüm teknikleri

Şekil 4.1'e bakıldığında ele alınan problemin çözüm sürecinde daha çok simülasyon ve matematiksel modellerden faydalandığı görülmektedir. Ayrıca çözüm sürecinde diğer yöntemler olarak bahsedilen başlık altında çeşitlilik vardır. Araştırmacılar farklı teknikler ile problemlerin çözümlerine farklı bakış açıları getirmişlerdir. Ameliyathane çizelgeme probleminin zorluğuna alternatif çözümler üretmek ve bu çözümlerinin kalitesinin yüksek olduğu sonuçlar elde etmek zordur. Bu zorlukları çözmek için önerdikleri çözüm yaklaşımının ifade gücünü modele başarılı bir şekilde yansıtan Hanset vd. (2010) ameliyathanenin işlevselliğinin geliştirmeye yardımcı olmuşlardır. Kısıt programlama yöntemi ile ameliyathanenin günlük planlamasına odaklanmışlardır. Ayrıca cerrahın tercihlerini yansıtan insan ve maddi kısıtlamaları modele dahil etmişlerdir. Sonuçlar incelendiğinde kullandıkları çözüm yönteminin zorlayıcı hedeflerde ideal bir araç olduğu görülmektedir. Wang vd. (2012) kısıt programlama yöntemini bir diğer optimizasyon aracı olan karma tam sayılı programlama modeli ile karşılaştırarak gerçek hayat problemlerindeki etkinliklerini incelemişlerdir. Çalışmalarında çeşitli kısıtlamaları dikkate almışlardır ve her iki model içinde avantaj ve dezavantajları sunmuşlardır.

Yapılan çalışmalara bakıldığında son dönemlerde farklı dış etkenlerin problem yapısını zorlaştırmasıyla tek bir çözüm tekniği kullanmak yerine entegre yöntemleri tercih etmektedirler. Araştırmacılar entegre yöntemlerle çözüm kalitesinin arttırmayı amaçlamaktadırlar. Ayrıca sunulan simülasyon yaklaşımlarıyla da senaryoların test

verileri ile analizleri yapılmaktadır. Bu analizlerin uygulama sonuçlarını desteklediği vurgulanırsa yaklaşımların başarılı olduğu yönünde yorumlama yapılabilir.

4.4. Belirsizlik Durumuna Göre Ameliyathane Çizelgeleme ile İlgili Literatürdeki Çalışmalar

Ameliyathane çizelgeleme ve planlama süreçlerinde karşılaşılan en büyük sorunlardan biride bu problem yapısı gereği çok fazla belirsizliği barındırmasıdır. Doğru programların üretilmesi ve hastane organizasyonlara yapılan katkıların geliştirilmesi için birçok araştırmacı çeşitli varsayımları dikkate almaktadır. Literatür incelendiğinde belirsizlik türleri arasındaki hasta gelişleri ve operasyon sürelerindeki belirsizliklere odaklanılmıştır. Literatürdeki stokastik çalışmalara bakıldığında özellikle seçmeli olmayan hasta grubunun öngörülemeyen geliş durumları çeşitli etkilere neden olmaktadır. Yapılan planlamalarda oluşan bu ani durumla hem cerrahlar için hem de hastalar için olumsuz yönde bir etkiye sahiptir. Aynı zamanda cerrahi operasyonların sürelerinde karşılaşılan belirsizlikler ameliyathane planlaması için zorlayıcı olmaktadır. Öngörülen süreyi aşan operasyonlar sadece programdaki bir sonraki operasyonun başlangıç saatini değil gün içerisindeki diğer tüm operasyonları da etkilemektedir. Yaşanan bu geç başlangıçlar günün son mesai saatine kadar yapılan planlamada vardiya zamanını etkileyerek personelin fazla mesai maliyetiyle sonuçlanır. Çizelge 4.5'te stokastik ve deterministik yaklaşımları dahil olduğu listeleme bulunmaktadır.

Çizelge 4. 5. Belirsizlik durumuna göre ameliyathane çizelgeleme ile ilgili çalışmalar

Belirsizlik Durumu	Yapılan Çalışmalar
Deterministik	Ozkarahan, (2000); Arenas vd., (2002); Blake vd., (2002); Guinet ve Chaabane (2003); Ogulata ve Erol (2003); Vissers vd., (2005); Beliën vd., (2006); Krempels ve Panchenko (2006); Fei vd., (2006); Roland vd., (2006); Kharraja vd., (2006); Testi vd., (2007); Santibáñez vd., (2007); Persson ve Persson (2007); Augusto vd., (2008); Fei vd., (2008); Beliën ve Demeulemeester (2008); Pham ve Klinkert (2008); Chaabane vd., (2008); Zhang vd., (2009); Samanlioglu vd., (2010); Tãnfani ve Testi (2010); Conforti vd., (2010); Fei vd., (2010); Hanset vd., (2010); Souki, (2011); Tan vd., (2011); Liu vd., (2011); Su vd., (2011); Wang vd., (2012); Erdem vd., (2012); Marques vd., (2012); Chandoul vd., (2012); Marques vd., (2012); Ghazalbash vd., (2012); Jeang ve Chiang (2012); Yin ve Xiang (2012); Meskens vd., (2013); Agnetis vd., (2014); Li vd., (2014); Sufahani ve Ismail (2014); Van Huele ve Vanhoucke (2014); Di Martinelly vd., (2014); Marques vd., (2014); Çekiç, (2015); Dios vd., (2015); Liang vd., (2015); Xiang vd., (2015); Marques vd., (2015); Hosseini ve Taaffe (2015); Molina-Pariente vd., (2015); Aringhieri vd., (2015); Cappanera vd., (2016); Hachicha ve Mansour (2016); Maaroufi vd., (2016); Eren vd., (2016); Visintin vd., (2016); Addis vd., (2016); Clavel vd., (2016); Lahijanian vd., (2016); Roshanaei vd., (2017); Bam vd., (2017); Penn vd., (2017); Visintin vd., (2017); Marques ve Captivo (2017); Abedini vd., (2017); Mateus vd., (2017); Al-Refaie vd., (2017);
Stokastik	Bowers ve Mould (2004); Sciomachen vd., (2005); Denton vd., (2006); Testi vd., (2007); Beliën ve Demeulemeester (2007); Denton vd., (2007); Lamiri vd., (2007); Hans vd., (2008); Lamiri vd., (2008); van Oostrum vd., (2008); Lamiri vd., (2008); Beliën vd., (2009); Adan vd., (2009); Min ve Yih (2010); Herring ve Herrmann (2011); Adan vd., (2011); Batun vd., (2011); Mannino vd., (2012); Hosseini ve Taaffe (2014); Pulido vd., (2014); Fügenger vd., (2014); Saadouli vd., (2015); Fügenger, (2015); Wang vd., (2015); Monteiro vd., (2015); Atighehchian vd., (2015); Zhu vd., (2015); Baesler vd., (2015); Guda vd., (2016); Farzad ve Mohammad (2016); Landa vd., (2016); Yahia vd., (2016); Neyshabouri ve Berg (2017); Rachuba ve Werners (2017); Jebali ve Diabat (2017); Gerami ve Saidi-Mehrabad (2017); Bai vd., (2017); Wang ve Xu (2017);

Çalışmaların detaylı analizleri yapıldığında süre ve geliş zamanlarındaki belirsizliklerin bekleme listelerini ve kaynakların kullanımını nasıl etkilediğine dair incelemeler Çizelge 4.5'te detaylı bir şekilde görülebilmektedir. Ayrıca bu hastane yapısında beklenen mali getiriye yüksek tutacak katkı marjlarındaki belirsizlikler de

ameliyathanelerin kapasite kullanımlarını etkilediğini göstermektedir. Bununla birlikte hastanenin tıbbi ekipmanlarında yaşanabilecek arızalar nedeniyle de yaşanabilecek zorluklara dikkat çekilmelidir. Literatürde bu belirsizlik kaynağına gelecek çalışmalar biraz daha önem vererek çözüm kalitelerindeki iyileştirmeler araştırmacılar tarafından fark edilebilir. Çünkü bu kaynak belirsizliği operasyonların başlama durumlarını etkilediğinde dikkat edilmesi gereken önemli bir sorun haline gelmektedir. Bu gibi belirsizliklerin olumsuz etkilerinin azaltabilecek çalışmaların gelecek yıllarda artırılması ile araştırmacılar hem gerçek hayata hem de literatüre önemli katkı sağlamış olurlar. Yapısındaki bu belirsizliklerin çözüm sürecindeki zorluklardan dolayı çok fazla stokastik çalışmalar tercih edilmediği görülmektedir. Ayrıca literatürde genellikle acil durumlardaki kapasite gereksinimleri bu acil durumların varış süreleri, operasyon süreleri ihmal edilmektedir. Araştırmacılar stokastik çalışmalar ile bu ihmal edilen durumları dikkate almalıdırlar.

4.5. Araştırmanın Uygulanabilirliğine Göre Ameliyathane Çizelgeleme ile İlgili Literatürdeki Çalışmalar

Literatür incelendiğinde geliştirilen modellerin performanslarının analiz edilmesi için kapsamlı bir test uygulaması yapılmaktadır. Ulaşılması istenen hedeflere ne ölçüde erişilebildiğini kanıtlayan bu deneysel testler için önemli bir miktarda veri girişinin sağlanması gerekmektedir. Çizelge 4.6'ya bakıldığında listelenen çalışmalar içerisinde çoğu çalışmanın teorik verilerle performans analizinin yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmalar içerisinde kullanılan veriler iki gruba ayrılmaktadır: gerçek veriler ile rastgele veya belirli bir olasılık dağılımıyla elde edilmiş teorik veri set gruplarıdır. Fakat çalışmalarda gerçek hayat problemlerinden elde edilen veri setleri kullanılsa dahi geliştirilen bu yaklaşımların çoğu nihai uygulamaya yansıtılmamaktadır. Araştırmacılar bu durumda uygulama aşaması ile geliştirdikleri model arasında çakışan fikirlerinin nedenlerine yoğunlaşmalıdırlar.

Çizelge 4. 6. Çalışmaların uygulanmasına göre ameliyathane çizelgeleme ile ilgili çalışmalar

Uygulanma Durumu	Yapılan Çalışmalar	
Test yapılmamış	Kim ve Horowitz (2002); Vissers vd., (2005); Kharraja vd., (2006); Hanset vd., (2010); Wang vd., (2012); Li vd., (2014); Rachuba ve Werners (2017); Penn vd., (2017)	
	Teorik veri	Guinet ve Chaabane (2003); Fei vd., (2006); Beliën ve Demeulemeester (2007); Denton vd., (2007); Pham ve Klinkert (2008); Wang ve Xu (2008); Fei vd., (2008); Lamiri vd., (2008); Lamiri vd., (2008); Augusto vd., (2008); Beliën ve Demeulemeester (2008); Fei vd., (2009); Tānfani ve Testi (2010); Min ve Yih (2010); Nouaouri vd., (2011); Souki, (2011); Herring ve Herrmann (2011); Su vd., (2011); Erdem vd., (2012); Riise vd., (2012); Allen vd., (2014); Van Huele ve Vanhoucke (2014); Fügener vd., (2014); Hosseini ve Taaffe (2015); Zhu vd., (2015); Van Huele ve Vanhoucke (2015); Yang vd., (2015); Molina-Pariente vd., (2015); Wang vd., (2015); Aringhieri vd., (2015); Liang vd., (2015); Maaroufi vd., (2016); Zhou vd., (2016); Eren vd., (2016); Hashemi Doulabi vd., (2016); Addis vd., (2016); Nino vd., (2016); Kougiyas vd., (2016); Guido ve Conforti (2017); Xiang vd., (2015); Neyshabouri ve Berg (2017); Xiang, (2017); Bam vd., (2017); Roshanaei vd., (2017); Jebali ve Diabat (2017); Bai vd., (2017); Abedini vd., (2017); Wang ve Xu (2017);
Test verileri	Gerçek veri	Ozkarahan, (2000); Arenas vd., (2002); Blake vd., (2002); Ogulata ve Erol (2003); Bowers ve Mould (2004); Sciomachen vd., (2005); Krempels ve Panchenko (2006); Denton vd., (2006); Roland vd., (2006); Beliën vd., (2006); Santibáñez vd., (2007); Testi vd., (2007); Persson ve Persson (2007); Beliën vd., (2009); Zhang vd., (2009); Adan vd., (2009); Samanlioglu vd., (2010); Fei vd., (2010); Tan vd., (2011); Batun vd., (2011); van Oostrum vd., (2011); Mannino vd., (2012); Yin ve Xiang (2012); Marques vd., (2012); Banditori vd., (2013); Vijayakumar vd., (2013); Agnetis vd., (2014); ShahabiKargar vd., (2014); Marques vd., (2014); Gartner ve Kolisch (2014); Pulido vd., (2014); van Veen-Berkx vd., (2015); Xiang vd., (2015); Baesler vd., (2015); Rubilar ve Duran (2016); Riise vd., (2016); Visintin vd., (2016); Landa vd., (2016); Clavel vd., (2016); Farzad ve Mohammad (2016); Yahia vd., (2016); Li vd., (2016); Luo vd., (2016); Mateus vd., (2017); Visintin vd., (2017); Al-Refaeie vd., (2017); Gerami ve Saidi-Mehrabad (2017); Xiao vd., (2017); Landa vd., (2018); Marques ve Captivo (2017); Siqueira vd., (2018)

Çizelge 4.6 incelendiği zaman çalışmaların gerçek hayattan alınan veriler ve Çizelge 4.4'teki simülasyon ya da farklı yaklaşımlarla analizler yapıldığı yorumu yapılabilmektedir. Geliştirilen modellerde yapılan deneysel testlerden elde edilen sonuçlar ameliyathanelerin mevcut kullanım şartlarına göre daha dengeli hale getirilmesi ve daha az maliyetle esnek kullanım olanakları önerilerinin doğmasına yardımcı olmaktadır. Hizmet ünitesi olarak düşünülen hastanelerin hazırladıkları planlamalarda yaşanabilecek olası aksilikler çok fazladır. Bu yüzden çalışmaların kısa süreli gerçek uygulamalarının yapılması araştırmacılar tarafından faydalı olarak görülmektedir. Fakat bu duruma hastane yöneticileri açısından bakıldığında zaten zor ve karmaşık yapısı olan hastane organizasyonları, yapılan bu çalışmaları aniden uygulamaya koymaları sorunu daha da karmaşıkları riskinden dolayı olumlu yaklaşmamaktadır. Banditori vd. (2013) ayın her günü için bir planlama düşünerek bekleme listesinde bulunan hastaların azaltılmasına odaklanmışlardır. Aynı zamanda bu beklemeden kaynaklanan maddi yönde artışların ve memnuniyet seviyelerinde yaşanabilecek olumsuz etkilerinin önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Buna göre bir çözüm kümesi üretmişlerdir. Her çalışmada olduğu gibi bu çalışmalarında sınırları mevcuttur. Gerçek hayattan aldıkları verileri kullanarak deneysel simülasyon testleri yapan yazarlar modellerinin bir aylık planlama ufkuyla planlama süreçlerinde yaşanabilecek zorluklardan bahsetmişlerdir.

Araştırmacılar yapılan planlama ve çizelgelerin performanslarını değerlendirebilmek için gerçek verilerden elde edilen deney setlerini daha çok kullanmalıdırlar. En sağlıklı performans ölçümünü yapabilmek için de planlama ve çizelgelerin gerçek hayatta uygulanması gerekmektedir. Buna izin veren hastane yöneticileri aslında bu planlamalar sonucunda elde edilen performans değerleri ile hastane verimliliklerini arttırabilir. Ayrıca araştırmacılar gerçek veriler ile test ettikleri çizelgelerinin hangi noktada geliştirmeye ihtiyaç olduğu ya da hangi nokta üzerinde yoğunlaşmaları gerektiği konusunda yorumlamalar yapabilirler. Kullanılan gerçek verilerde kurdukları modelin sağlamlığını ve gerçek hayata ne derece uygulanabilirliğini gösterebilir. Çeşitli varsayımlar altında hazırlanan çalışmaların birçok kaynağı ihmal etmesinden dolayı gerçek uygulamalarının yöneticiler tarafından olumlu karşılanması zorlaşmaktadır. Öte yandan bütün varsayımları kaldırıp her durumu dikkate almanın çok zor olduğu hatta imkânsız kabul edildiği düşünülürse hastane organizasyonlarının

bu tür çalışmaları desteleyecek stratejik adımları atmaları gerekmektedir. Çünkü gerçekte bile her hastane tüm bu varsayımları gerçekleştirememektedir.

4.6. Planlama Stratejilerine Göre Ameliyathane Çizelgeleme ile İlgili Literatürdeki Çalışmalar

Sağlık hizmeti veren hastanelerde yöneticiler çeşitli stratejik adımlarla ameliyathanelerin kullanımından elde edilen verimi en üst düzeye çıkarmayı istemektedirler. Bu durumda farklı stratejik planlamaları ortaya çıkarmıştır. Hastane yöneticileri ameliyathanelerde açık planlama stratejisi, blok planlama stratejisi ve modifiye blok planlama stratejisi olmak üzere stratejik adımlar planlamışlardır. Çizelge 4.7'deki araştırmalar bu stratejik adımlara göre listelenmiştir.

Çizelge 4.7'ye bakıldığında zaman çoğunlukla açık planlama stratejisi ele alındığı görülmektedir. Blok planlama stratejisi ise iki kısım olarak ayrılmıştır: ana cerrahi çizelgeleme ile olan blok planlama ve sade blok planlama stratejisidir. Araştırmacıların çalışmalarını yönetsel açıdan ele aldıkları durumlara göre bu ayrımın ortaya çıktığı görülmektedir. Blok planlama stratejisi altındaki kısımlar birlikte incelendiğinde, birçok çalışmada araştırmacıların cerrahi uzmanlıklara özel ayrılması gereken zaman ve alan olduğunu düşündükleri görülmektedir. Araştırmacılar çizelgeleme sürecinde planlama stratejileri için ayrılan iki kısımdan birini yaygın olarak seçmektedir. Fakat çoğu çalışmanın aksine Liu vd. (2010) açık planlama ve blok planlama stratejisini birlikte ele almıştır. Bu problemi çözmek için de sezgisel bir algoritma geliştirmişlerdir.

Çizelge 4. 7. Planlama stratejilerine göre ameliyathane çizelgeleme ile ilgili çalışmalar

Planlama stratejisi	Yapılan Çalışmalar
Açık planlama stratejisi	Arenas vd., (2002); Kim ve Horowitz (2002); Guinet ve Chaabane (2003); Ogulata ve Erol (2003); Bowers ve Mould (2004); Sciomachen vd., (2005); Krempels ve Panchenko (2006); Denton vd., (2006); Roland vd., (2006); Denton vd., (2007); Pham ve Klinkert (2008); Augusto vd., (2008); Beliën ve Demeulemeester (2008); Lamiri vd., (2008); Lamiri vd., (2008); Fei vd., (2009); Fei vd., (2010); Liu vd., (2010); Min ve Yih (2010); Hanset vd., (2010); Batun vd., (2011); Liu vd., (2011); Souki, (2011); Su vd., (2011); Erdem vd., (2012); Wang vd., (2012); Ghazalbash vd., (2012); Marques vd., (2012); Marques vd., (2012); Chandoul vd., (2012); Jeang ve Chiang (2012); Huang vd., (2012); Yin ve Xiang (2012); Sufahani ve Ismail (2014); Di Martinelly vd., (2014); ShahabiKargar vd., (2014); Wang vd., (2014); Van Huele ve Vanhoucke (2014); Hosseini ve Taaffe (2014); Marques vd., (2015); Atighehchian vd., (2015); Saadouli vd., (2015); Liang vd., (2015); Molina-Pariente vd., (2015); Monteiro vd., (2015); Hachicha ve Mansour (2016); Yahia vd., (2016); Maaroufi vd., (2016); Clavel vd., (2016); Bouguerra vd., (2016); Rubilar ve Duran (2016); Xiang, (2017); Jebali ve Diabat (2017); Rachuba ve Werners (2017); Mateus vd., (2017); Al-Refaiye vd., (2017); Gerami ve Saidi-Mehrabad (2017); Bam vd., (2017); Wang ve Xu (2017);
Blok planlama stratejisi	Ozkarahan, (2000); Blake vd., (2002); Fei vd., (2006); Kharraja vd., (2006); Beliën vd., (2006); Testi vd., (2007); Santibáñez vd., (2007); Beliën ve Demeulemeester (2007); Testi vd., (2007); Chaabane vd., (2008); Beliën vd., (2009); Zhang vd., (2009); Tãnfani ve Testi (2010); Conforti vd., (2010); Samanlioglu vd., (2010); Liu vd., (2010); van Oostrum vd., (2011); Tan vd., (2011); Mannino vd., (2012); Riise vd., (2012); Banditori vd., (2013); Agnetis vd., (2014); Fügenger vd., (2014); Çekiç, (2015); Fügenger, (2015); Aringhieri vd., (2015); Hosseini ve Taaffe (2015); Xiang vd., (2015); Visintin vd., (2016); Addis vd., (2016); Nino vd., (2016); Landa vd., (2016); Visintin vd., (2017); Abedini vd., (2017);

Açık planlama stratejisi cerrahların uygun olduğu durumlarda uygun ameliyathanelere atanmasını sağlar. Boş bir zaman çizelgesi düşünüldüğünde hastaların geliş zamanları dikkate alınarak ilk gelen ilk hizmet alır düşüncesiyle hareket edilir. Blok planlama stratejisinde oluşturulan çizelgeler içinde haftanın aynı gününü aynı zaman dilimini ve aynı ameliyathaneyi belirli bir cerrahın ya da uzmanlığın hizmetine saklar. Bu strateji ile ameliyathanelerin açık olduğu saatlerde uygun ameliyathanenin ayarlanması

gerekmektedir. Modifiye blok planlama stratejisi ise daha önce ayrılan bloklarda olmayan operasyonların kullanılmayan zaman için yeniden ayarlanması işlemidir. İlk yapılan çizelgelerin yeniden düzenlenmesini gerektirdiği için esnek bir planlama olarak tanımlanmaktadır (Nino vd. 2016). İlerideki çalışmalarda, blok planlama stratejisi kullanılarak, cerrahların tercihlerine daha çok önem verilebilir ve bu planlamaların verimliliği artırılabilir. Ayrıca cerrahlar blok çizelgeleme ile çalışma saatleri içerisindeki belirli zamanları boş bırakabilir. Böylece hem cerrahlara dinlenme vakti ayrılmış olur hem de olası bir acil durumda uygun ameliyathane bulunması kolaylaşır. Operasyonlar arasındaki hazırlık ve temizlik sürelerinden yaşanabilecek gecikmeler ve bu durumların da sebep olduğu hasta beklemelerin önüne geçilebilir.

Çalışmalar incelendiğinde görülmüştür ki; cerrahların zamanlarının daha iyi kullanılmasına olanak veren ve aynı zamanda ameliyathanelerde farklı cerrahi uzmanlığa ait operasyonlar için ekstra hazırlık süreleri nedeniyle yaşanabilecek gecikmeleri önleyen blok planlama stratejileri araştırmacıların ilgi odağı olmuştur. Operasyonel kaynakların cerrahi gruplara uygun bir şekilde atanması olarak tanımlanan ana cerrahi çizelgeleme problemi ile ilişkili olan blok planlama stratejisini birçok çalışmada birlikte ele alınmaktadır. İncelenen literatür içerisinde 16 adet ana cerrahi çizelgelemeyi konu edinen çalışma bulunmaktadır ((Testi vd. 2007), (van Oostrum vd. 2008), (Beliën vd. 2009), (Tànfani ve Testi 2010), (Mannino vd. 2012), (Banditori vd. 2013), (Agnētis vd. 2014), (Fügener 2015), (Abedini vd. 2017), (Samanlioglu vd. 2010), (Visintin vd. 2016), (Tan vd. 2011), (Fügener vd. 2014), (Beliën vd. 2006), (Chaabane vd. 2008), (van Oostrum vd. 2011)). (Mannino vd. 2012) talep seviyelerinin tahmin edilmesinin gerektiği problem tipini dikkate alarak hasta kuyruk uzunluklarını dengelemeyi ve fazla mesaiyi en aza indirmeyi ana cerrahi çizelgeleme oluşturarak gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında stratejik planlamalarla kullanıcılara yardımcı olacak yeni yaklaşımlar sunmuşlardır.

Açık planlama stratejileri uygulanan çalışmalar 1960'lı yıllar arasında popülerken günümüze gelene kadar verimliliği arttırmaya yönelik farklı stratejiler geliştirilmeye devam etmektedir. Fakat günümüzde de hatırı sayılabilecek sayıda açık planlama stratejisini hesaplama zorluğu ve karmaşıklığı yaşanmaması adına kullanan birçok araştırma mevcuttur. Liu vd. (2011) açık planlama stratejisi ile herhangi belirli bir

cerrah için özel zaman ayrılmamıştır. Çoğu çalışmada olduğu gibi bu çalışmada da ameliyathane kullanımının verimliliğini arttırmak esas nokta olarak kabul edilmiştir.

4.7. Sonuç ve Değerlendirme

Ameliyathane çizelgeleme ve planlama ile ilgili yapılan araştırmalar incelendiğinde görülmektedir ki çoğunlukla optimizasyon yöntemleri tercih edilerek çözüm alanını araştırırken mevcut olan en iyi sonucu almak hedeflenmiştir. Aynı zamanda gerçek hayatta karşılaşılan çeşitli kısıtların modeli karmaşık hale getirmesini engellemeyi ve çözüm alanını bu çerçeveler içinde oluşturarak süreci iyileştirmeyi sağlamaktadırlar. Araştırmacılar hastane yöneticilerinin en kritik bölüm olarak gördükleri ameliyathanelerin kullanımını optimum hale getirmek için eldeki kaynakları dengeli kullanmayı ve personelin etkinliğini arttırmanın gerekliliğinden bahsetmektedirler. Ele alınan performans ölçütleri arasında en çok dikkati ameliyathanelerin kullanımı çekmektedir. Ameliyathanelerin en uygun şekilde kullanımı aslında farklı performans ölçütleri ile birlikte değerlendirilirse mümkün olmaktadır. Dolaylı yoldan bile olsa birbirini etkileyen bu ölçütlerin bir arada modele yansıtılması zor olduğu için birçok varsayım altında çözümler gerçekleştirilmektedir.

Problemlerin çözüm sürecini karmaşıklaştıran bir diğer unsur ise çok fazla belirsizlik bulunmasıdır. Yapılan çalışmalarda hastaların geliş sürelerindeki belirsizlik göz ardı edilerek hastaları iki gruba ayırmışlardır. Seçmeli olmayan hasta grubunu ele alan çalışmalarda fark edildi ki oluşturulmuş olan planlamaların üzerine aniden bir vaka geldiğinde diğer operasyonların ertelenmesi ya da iptali söz konusu olmaktadır. Ertelenen operasyonlar hem cerrahların ve diğer personellerin fazla mesai yapmasına sebep olmakta hem de hastaların şikâyeti arttırarak memnuniyet seviyesini düşürmektedir. Fazla mesai yapan personel çalışma ortamındayken stresli davranışlar sergileyip ameliyathanelerin verimli kullanılmasına engel olduğu görülmüştür. Bu durum da hastane yöneticilerine ekstra maliyet olarak olumsuz şekilde yansımaktadır. Araştırmacıların ele aldıkları problem tipinde bu tür durumlara dikkat etmesi gerekmektedir. En temel amaç olarak yansıtılan ameliyathanelerden kaynaklanan maliyeti azaltmak yönündeki çabalar arttırılmalı ve bu gibi faktörlerin bu amaç üzerindeki etkisi gözlemlenerek literatüre bu yönde yapılması gereken katkılar

aktarılmalıdır. Belirsizlik kaynaklarını dikkate alan stokastik çalışmalar arttırılmalıdır ve stokastik etkinlik süreleri üzerinde yoğunlaşılmalıdır.

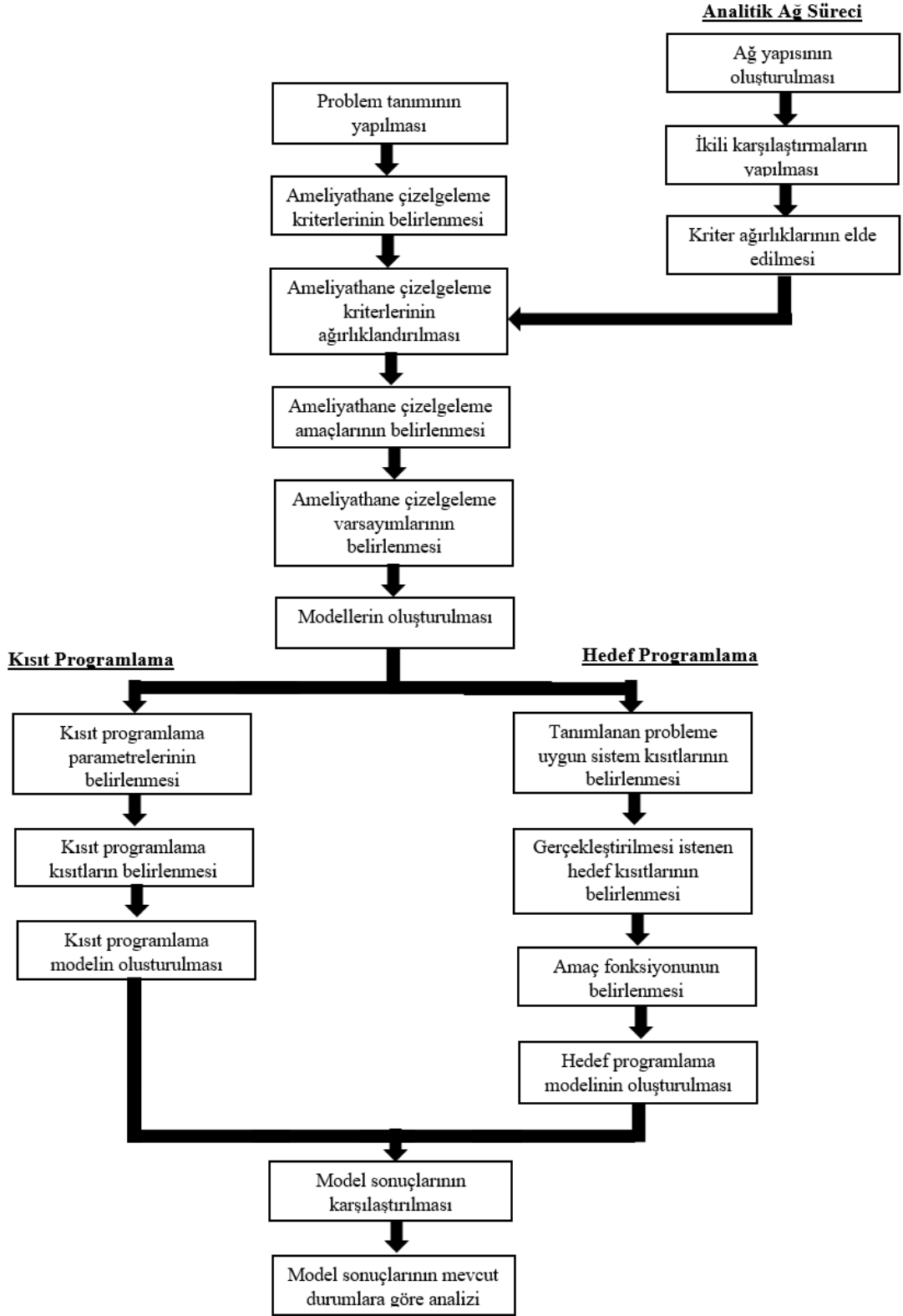
Çoğunlukla manuel olarak yapılan bu çizelge ve planlamaların geliştirilen bu yaklaşımlar ile daha sistematik hale getirilmesinin teşvik edilmesi gerektiği düşünülmektedir. Hastane organizasyonlarında hala bu çalışmaların tam olarak uygulaması yapılamadığından gerçek verilerle performans analizleri yapılsa dahi henüz bu çalışmaların ameliyathaneler ve personeller üzerindeki etkisi kesin olarak bilinmemektedir. Çalışmalara geniş açıdan bakıldığında problem boyutuna eklenen özellikler arttıkça çözüm sürecinin zorlaştığı görülmektedir. Bu konuya dikkat çeken araştırmacılar problem boyutunu sınırlandırmayı tercih etmişlerdir. Araştırmacıların belirledikleri hedefleri gerçekleştirirken bu hedeflerdeki sapmaların analizlerini yapmaları gerektiği düşünülmektedir. Modelin yapısında esnekliklere izin verildiği zaman sonucun nasıl değiştiğine vurgu yapılması gerekmektedir. Bu açılardan eksik olan literatür düşünüldüğünde gelecekteki çalışmalar için yeni yaklaşımlar getirilebileceği ön görülmektedir. İzin verilen bu eksikliklerin performansları da çeşitli teknikler kullanılarak ölçülebilmesi mümkün olabileceği düşünülmektedir.

5. AMELİYATHANE ÇİZELGELERİNİN OLUŞTURULMASI

Sağlık sistemleri artan nüfusun artan ihtiyaç ve taleplerini karşılama ve bütçelerini kontrol altında tutabilmek için maliyet gelişimini sürdürebilmenin baskısı altındadır. Bu nedenle hastane organizasyonlarının eldeki kaynaklarını optimal olarak kullanması çok önemlidir. Hastane yöneticileri hasta memnuniyetini sağlarken bir yandan da maliyetlerini azaltma eğilimindedirler. Hastane bütçesine hem gelir olarak katkıda en fazla bulunan hem de gider kalemleri içerisinde, ameliyathaneler en büyük paya sahiptir. Ameliyathaneler tüm kontrol seviyelerinde karmaşık ve zorlu planlama ve çizelgeleme problemlerini içermektedir. Hastanelerdeki planlama ve çizelgeleme işlemleri, doktor bulunabilirliği, doktorların tercihleri, çalışma saatleri, kaynakların yeterliliği, belirsiz hasta varışları gibi çok çeşitli değişkenlere sahiptir. Optimal çizelgelere sahip olmak, hastanelerin personel ve hasta açısından masraflarını azaltmaya, hastaların bekleme süresini ve bekleme listesindeki hastaları azaltmaya ve kaynakların etkin kullanımını arttırmaya yardımcı olmaktadır. Tez çalışmasının uygulama adımları Şekil 5.1’de verilmektedir.

5.1. Problem Tanımı

Bu tez çalışmasında daha önceki ameliyathane çizelgeleme prosedürlerini analiz ederek, bu çizelgelerin iyileştirilmesi için etkili olan faktörlerin değerlendirmesini içerir. Aynı zamanda ayrı olarak optimum bir çizelge için birden çok amacı gerçekleştirebilmeye olanak tanıyan hedef programlama yöntemi ve matematiksel ifadelerin yanında mantıksal kısıtlamaları da içerilmesine olanak tanıyan kısıt programlama yöntemlerinden oluşan yaklaşımlar sunulmaktadır. Özellikle bir devlet hastanesi için ameliyathanelerin cerrahi programları optimize edilmeye çalışılmıştır.



Şekil 5. 1. Cerrahi çizelgelerin oluşturulması için uygulama adımları

5.2. Ameliyathane Çizelgelemede Etkili Olan Kriterlerin Belirlenmesi ve Ağırlıklandırılması

Hastane organizasyonlarının yapısı ve kültürü gereği yapılan planlama ve çizelgelerin başarısı çeşitli kriterlere bağlıdır. Ameliyathane çizelgelerinin sonucunda elde edilen değerler niceliksel ve niteliksel olarak önemli noktaların doğru tanımlanmasına ihtiyaç duymaktadır. Bu kriterler kimi zaman birbirleri ile etkileşim içerisinde olabilmektedir. Kriterler arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde birbirlerine göre önem derecelerinin hesaplanmasında çok kriterli karar verme yöntemlerinden (ÇKKV) AAS yöntemi ön plana çıkmaktadır. AAS yönteminin adımlarına göre bu kriterler ağırlıklandırılmıştır.

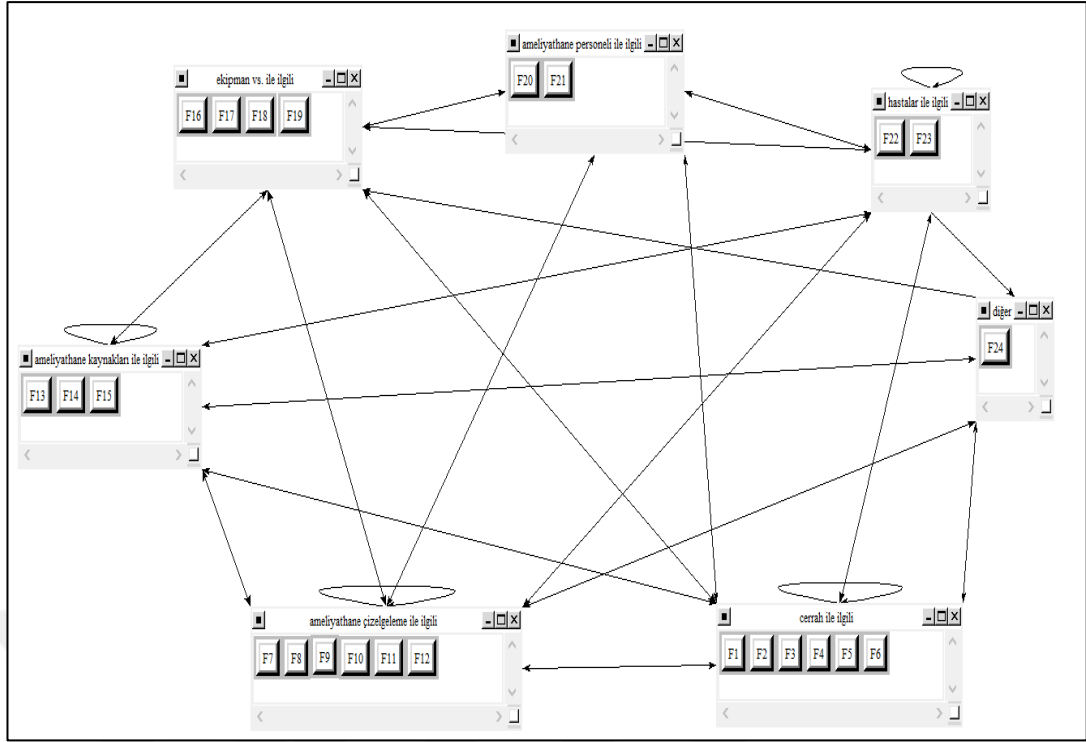
Adım 1: Amacın belirlenmesi ve modelin oluşturulması:

Bu adımda ameliyathane çizelgeleme süreçlerini etkileyen kriterler belirlenmektedir. Hamilton ve Breslawski (1994) çalışmasından ameliyathane çizelgeleme süreçlerinde etkili olan kriterler referans alınmıştır. Bir devlet hastanesinde uzman kişiler ile bu kriterler üzerinde düşünülmüş ve değerlendirilecek kriterler belirlenmiştir. Hastanede ameliyathanelerden sorumlu personel ve bu çizelgelerin oluşturulmasında yardımcı olan diğer personeller ile birlikte kriterler arasındaki etkileşimler oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar tartışılarak makul olduğu sonucuna varılmıştır. Çizelge 5.1.'de çizelgeleri etkileyen faktörler verilmiştir.

Çizelge 5. 1. Ameliyathane çizelgelemeyi etkileyen kriterler

Ana Kriter	Alt Kriter No	Alt Kriter
Cerrahlar ile ilgili kriterler	F1	Cerrahların atanmış başlangıç saatleri
	F2	Cerrahların geç varışları
	F3	Hizmet/cerrah öncelikleri
	F4	Cerrahların çalışma süreleri
	F5	Cerrah tarafından zamanla yapılan iptaller
	F6	Acil durumlara göre cerrah fazla mesai
Ameliyathane çizelgelerin kendisi ile ilgili kriterler	F7	Planlanan seçmeli operasyonların sayısı
	F8	Tahmini operasyon süresi
	F9	Plandaki iptal olasılıkları
	F10	Plana eklenme olasılıkları
	F11	Tahmini temizlik süresi
	F12	Tahmini hazırlık süresi
Ameliyathane kaynakları ile ilgili kriterler	F13	PABÜ ünitesi yatak sayısı
	F14	Ameliyathane sayısı
	F15	YBÜ'deki yatakların mevcudiyeti
Ekipman, sarf malzemeleri ile ilgili kriterler	F16	Ekipmanların geç varışı
	F17	Malzemelerin geç varışı
	F18	Ekipman limiti/sınırı/kısıtı
	F19	Malzeme limiti/sınırı/kısıtı
Ameliyathane personeli ile ilgili kriterler	F20	Hemşirelerin geç varışı
	F21	Anestezi personelinin geç varışı
Hastalar ile ilgili kriterler	F22	Eksik/Tamamlanmayan çizelgeler
	F23	Hastaların geç varışı
Politik kriterler	F24	Politik faktörler (örneğin yalnızca bazı cerrahlar yeni ekipman kullanabilir, bir cerrah başka bir cerrahı takip edemez)

Birbirleri ile etkileşim ve ilişki içerisinde olduğu düşünülen kriterler belirlenmiş ve 7 ana kriter altında 24 alt kriter gruplandırılmıştır. Kriterler arası etkileşimler ve bağımlılıklar belirlenerek ağ yapısı oluşturulmuştur. Şekil 5.2’de oluşturulan ağ yapısı verilmektedir.



Şekil 5. 2. Ameliyathane çizelgelemeyi etkileyen kriterlerin ağ yapısı

Adım 2: İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturularak Özvektörün Hesaplanması:

Kriterler etkileşim içinde olduğu kriterler ile karşılaştırma yapısına sahiptir. Saaty'nin (1996) 1-9 skalası kullanılarak etkileşim içerisinde olan kriterlerin ikili karşılaştırmaları uzmanlar ile birlikte yapılmıştır. Bu ikili karşılaştırmalarda tutarlılık oranının 0,1'den küçük olması gerektiğine dikkat edilmiştir.

Çizelge 5.2'de bu kriterlerin birbirlerine göre önem dereceleri verilmektedir.

Çizelge 5. 2. Ameliyathane çizelgelemeyi etkileyen kriterlerin ağırlıkları

Ana Kriter	Alt Kriter No	Alt Kriter	Alt Kriter Ağırlığı
Cerrahlar ile ilgili kriterler (0,31)	F1	Cerrahların atanmış başlangıç saatleri	0,085
	F2	Cerrahların geç varışları	0,078
	F3	Hizmet/cerrah öncelikleri	0,291
	F4	Cerrahların çalışma süreleri	0,348
	F5	Cerrah tarafından zamanla yapılan iptaller	0,165
	F6	Acil durumlara göre cerrah fazla mesai	0,033
Ameliyathane çizelgelerin kendisi ile ilgili kriterler (0,10)	F7	Planlanan seçmeli operasyonların sayısı	0,243
	F8	Tahmini operasyon süresi	0,072
	F9	Plandaki iptal olasılıkları	0,268
	F10	Plana eklenme olasılıkları	0,341
	F11	Tahmini temizlik süresi	0,030
	F12	Tahmini hazırlık süresi	0,046
Ameliyathane kaynakları ile ilgili kriterler (0,12)	F13	PABÜ ünitesi yatak sayısı	0,258
	F14	Ameliyathane sayısı	0,441
	F15	YBÜ'deki yatakların mevcudiyeti	0,301
Ekipman, sarf malzemeleri ile ilgili kriterler (0,11)	F16	Ekipmanların geç varışı	0,102
	F17	Malzemelerin geç varışı	0,061
	F18	Ekipman limiti/sınırı/kısıtı	0,276
	F19	Malzeme limiti/sınırı/kısıtı	0,561
Ameliyathane personeli ile ilgili kriterler (0,02)	F20	Hemşirelerin geç varışı	0,408
	F21	Anestezi personelinin geç varışı	0,592
Hastalar ile ilgili kriterler (0,11)	F22	Eksik/Tamamlanmayan çizelgeler	0,717
	F23	Hastaların geç varışı	0,283
Politik kriterler (0,25)	F24	Politik faktörler (örneğin yalnızca bazı cerrahlar yeni ekipman kullanabilir, bir cerrah başka bir cerrahı takip edemez)	1

Çizelge 5.2'de görüldüğü gibi ameliyathane çizelgeleme süreçlerini ana kriterler arasında %31'lik dilimle cerrahlar ile ilgili faktörlerin etkilediği görülmektedir. Her

ana kriterin içinde bulunan alt kriterler kendi kümesinde incelenirse çizelgeleme süreçlerinde cerrahların çalışma süreleri, çizelgelere sonradan operasyon eklenme olasılığı, uygun ameliyathanenin olup olmaması, operasyon boyunca kullanılacak malzemelerin elde bulundurulma durumu (bu malzemeler ile ilgili envanter durumu), anestezi personelinin geç varışı, çizelgelerin tamamlanamaması durumu en önemli alt kriterler arasında yer almaktadır. Bütün bu etkili kriterler birlikte ele alındığında ameliyathane çizelgeleme süreçlerinde aslında faktörlerin ne kadar önemli olduğu görülmektedir. Bu kriterlerin hepsini dikkate almak süreci oldukça karmaşık bir yapıya büründürmektedir. Cerrahların çalışma sürelerinin fazla olması hem fazla mesaiden kaynaklanan ekstra maliyetlere hem de cerrahların memnuniyet seviyelerinde düşüklüğe sebep olmaktadır. Bu da dolaylı olarak hastalara verilen hizmet kalitesini düşürerek hastaların memnuniyet seviyesini de azaltmaktadır. Çizelgelere sonradan operasyon eklenme olasılığı ise daha önceden uzun zaman ve emek harcanarak manuel olarak hazırlanan çizelgelerin bütün sıralamasını değiştirebilmektedir. Bu da hastaların operasyonların ertelenmesine ya da iptaline sebebiyet vermektedir. Yapılan çizelgelerin hastanedeki ameliyathanelerin uygun olup olmamasına dikkat edilmeden hazırlanması ya da aniden ameliyathanenin kullanılmayacak durumda olması da cerrahların boşa beklemesine ve yine hastaların ertelenmesine ya da iptaline neden olabilmektedir. Operasyon sürecinde kullanılacak malzemelerin mevcudiyeti operasyon sürecini etkilediğinden önemli bir faktördür. Ayrıca cerrah ve hasta operasyon saatinde hazır olarak bulunsa bile anestezi personelinin geç kalışı hastaların operasyonuna geç başlanmasına ve çizelgede sıralamanın değişmesine, dolayısıyla da fazla mesailere sebep olabilmektedir. Bütün bu faktörlerin ayrıca etkili olması çizelgelerde iptallere neden olabilmektedir. Yapılan bir çizelgenin tamamlanamaması sadece o günlük durumu değil tüm bekleme listesindeki hastaların operasyon süreçlerinin ertelenmesi anlamına gelmektedir. Dolayısıyla tüm bu faktörler temelde hastane yöneticilerinin gerçekleştirmek istedikleri amaçları etkilemektedir. Bütün bu faktörlere dikkat edilerek kusursuz çizelgeler hazırlamak imkânsız olduğu için bu ağırlıklara dikkat ederek planlama yapılması istenilen amaçlara en yüksek oranda fayda sağlayacaktır.

5.3. Hedef Programlama Modeli

Yapılacak olan çalışma atamalarında iş mevzuatlarının izin verdiği azami mesai saatlerinin oluşturulması, her ameliyathanede bulunması gereken ekipman ve cihazların mevcudiyeti gibi çeşitli gereklilikler bulunmaktadır. Çeşitli kısıtlamalar altında cerrahların gerçekleştireceği bu operasyonların atamalarının sistematik bir şekilde yapılması gerekmektedir. Hastanelerde dış kaynaklı birçok etmen bulunduğu için yapısı gereği çok fazla belirsizliği bünyesinde barındırmaktadır. Bu sebeple yapılan ameliyathane çizelgesinde bazı varsayımlarda bulunulmuştur. Bu varsayımlar;

- Hastanelere gelen hasta sayısının değişkenliği, durumun acil olması ve benzeri diğer etmenlere bağlı olduğu için bu çalışmada yapılacak olan operasyonların sayısı sabitlenmiştir. Hastanede yapılacak olan operasyonların sayısı bellidir ve acil durumlar dikkate alınmaz.
- Operasyonları gerçekleştirecek yeterli sayıda personel ve ihtiyaç olunan bütün kaynaklar mevcuttur.
- Gerçekleştirilecek operasyonların işlem sürelerinin önceden kestirilmesi mümkün olmadığı için her bir operasyonun ortalama çalışma süresi hastaneden daha önceden alınan benzer operasyonlardaki geçmiş verilerden hesaplanmıştır.
- Bu operasyonların sürelerine hazırlık ve temizlik süreleri de dahil edilmiştir.
- Hastane yönetim komitesi kararına göre hastanede mesai saatleri 08:00-17:00 arasındadır ve bu mesai saatlerine dahil bir saat öğle arası bulunmaktadır.
- Ameliyathane hafta sonları yapılmamaktadır; bu nedenle, ameliyathaneler bu süre zarfında kapalı tutulmaktadır.

Bu varsayımlar altında oluşturulan ameliyathane çizelgeleme ile;

- Hastanede ameliyathane birimlerinden dolayı oluşan maliyetleri minimize etmek,
- Fazla mesai ve yetersiz kullanımı engelleyecek şekilde kaynakların dengeli dağıtımını yapmak,
- Aynı uzmanlığa ait operasyonların belirli zaman dilimlerinde o uzmanlığa ait cerraha atama yapacak şekilde blok çizelgeleme yapmak,

- Hasta ve personel memnuniyetini en üst seviyede sağlamak ve
- Çalışan personelden en yüksek performansı alarak hastanenin verimliliğini arttırmak istenmektedir.

Bu amaçlar doğrultusunda profesyonel şekilde planlanma zorunluluğu olan ameliyathanelerde oluşturulan çizelgeler, birimlerin etkinliğini ön plana çıkarmaktadır. Çalışmada kullanılan veriler bir devlet hastanesinden alınan operasyon sayısı, mevcut ameliyathane sayısı ve kapasiteleri, operasyonların geçmiş verilerden yararlanılarak hazırlanmış, hazırlık ve temizlik süreleri dahil işlem süreleri ve uzmanlık sayılarıdır. Çizelge 5.3’de uzmanlıklara ait operasyonlar ve bu operasyonların işlem süreleri verilmiştir.



Çizelge 5. 3. Operasyon süreleri

O		GC1		KD		P		GC2		Ü	
Op. No	İS (dk)	Op. No	İS (dk)	Op. No	İS (dk)	Op. No	İS (dk)	Op. No	İS (dk)	Op. No	İS (dk)
Op.1	135	Op.24	25	Op.50	180	Op.66	70	Op.86	50	Op.110	145
Op.2	65	Op.25	65	Op.51	200	Op.67	85	Op.87	54	Op.111	85
Op.3	55	Op.26	120	Op.52	75	Op.68	35	Op.88	100	Op.112	80
Op.4	150	Op.27	200	Op.53	240	Op.69	65	Op.89	85	Op.113	105
Op.5	100	Op.28	95	Op.54	145	Op.70	110	Op.90	100	Op.114	95
Op.6	70	Op.29	35	Op.55	165	Op.71	90	Op.91	120	Op.115	120
Op.7	175	Op.30	140	Op.56	55	Op.72	135	Op.92	90	Op.116	100
Op.8	130	Op.31	115	Op.57	135	Op.73	29	Op.93	95	Op.117	60
Op.9	75	Op.32	60	Op.58	150	Op.74	64	Op.94	60	Op.118	110
Op.10	120	Op.33	45	Op.59	75	Op.75	90	Op.95	105	Op.119	120
Op.11	130	Op.34	120	Op.60	60	Op.76	95	Op.96	75	Op.120	110
Op.12	145	Op.35	115	Op.61	75	Op.77	75	Op.97	110		
Op.13	115	Op.36	145	Op.62	85	Op.78	60	Op.98	100		
Op.14	65	Op.37	80	Op.63	50	Op.79	95	Op.99	125		
Op.15	85	Op.38	45	Op.64	45	Op.80	90	Op.100	105		
Op.16	105	Op.39	70	Op.65	95	Op.81	80	Op.101	73		
Op.17	84	Op.40	60			Op.82	115	Op.102	95		
Op.18	100	Op.41	145			Op.83	100	Op.103	135		
Op.19	115	Op.42	95			Op.84	77	Op.104	78		
Op.20	125	Op.43	200			Op.85	105	Op.105	120		
Op.21	80	Op.44	170					Op.106	140		
Op.22	120	Op.45	165					Op.107	115		
Op.23	85	Op.46	125					Op.108	77		
		Op.47	117					Op.109	115		
		Op.48	200								
		Op.49	210								

Bu verilere göre ameliyathanelerin kapasiteleri dikkate alınarak az kullanımı ve fazla mesai yapılmasını minimize eden aynı zamanda blok çizelgelemeye olanak tanıyarak bazı uzmanlıklara özel bloklar ayıran hedeflerden oluşan esnek bir model kurulmuştur. Çalışmada üç farklı durum dikkate alınarak üç farklı senaryo düşünülmüştür. Hedef programlama yöntemi ile bu hedefleri gerçekleştiren çizelgeler oluşturulmuştur.

Hastanenin geçmiş verileri dikkate alınarak benzer operasyonların işlem sürelerine göre hesaplamaları yapılan bu sürelere hazırlık ve temizlik süreleri dahil edilmiştir. 6 uzmanlık bulunan bu hastanede yapılması planlanan 120 operasyon vardır ve bu operasyonların atamalarının yapılacağı 8 ameliyathane bulunmaktadır. Blok çizelgelemeye olanak sağlayan modelde atamaların yapılacağı 10 zaman dilimi bulunmaktadır. Her zaman dilimi dört saatlik çalışma zamanını temsil ederek toplamda iki zamana diliminin bir güne denk geldiği düşünülmüştür.

Modeli Oluşturan İfadelerin Notasyonu

Karar değişkeni ve parametreler:

i : operasyon sayısı $i = 1, \dots, 120$

j : ameliyathane sayısı $j = 1, \dots, 8$

k : blok sayısı $k = 1, \dots, 10$

s : uzmanlık sayısı $s = 1, \dots, 6$

M : Yeterince büyük bir sayı

$$X_{ijk} = \begin{cases} 1, & i \text{ operasyon } j \text{ ameliyathane } k \text{ zaman dilimine atanırsa} \\ 0, & \text{diğer} \end{cases} \quad \forall i, \forall j, \forall k$$

$$Y_{jks} = \begin{cases} 1, & j \text{ ameliyathanenin } k \text{ zaman diliminde } s \text{ uzmanlığı bulunursa} \\ 0, & \text{diğer} \end{cases} \quad \forall j, \forall k, \forall s$$

$$Z_{js} = \begin{cases} 1, & j \text{ ameliyathanede } s \text{ uzmanlığı bulunursa} \\ 0, & \text{diğer} \end{cases} \quad \forall j, \forall s$$

p_i : i . operasyonun temizlik ve hazırlanma zamanları dahil çalışma süresi $\forall i$

U_{kj} : k . zaman diliminde j . ameliyathanenin günlük kullanım süresi $\forall j, \forall k$

d_s : s uzmanlığının atanması tercih edilen zaman dilimine ait set $\forall s$

Sapma değişkenleri:

u_{kj}^- : j. ameliyathane için k. zaman dilimindeki toplam kullanılabilir zamandan negatif sapma miktarı, $\forall j, \forall k$

u_{kj}^+ : j. ameliyathane için k. zaman dilimindeki toplam kullanılabilir zamandan pozitif sapma miktarı, $\forall j, \forall k$

k_j^- : j. ameliyathane de zaman dilimi dengeli dağıtımından negatif sapma miktarı, $\forall j$

k_j^+ : j. Ameliyathanede zaman dilimi dengeli dağıtımından pozitif sapma miktarı, $\forall j$

r_s^- : s. uzmanlığın ameliyathane tercihlerinden negatif sapma miktarı, $\forall s$

r_s^+ : s. uzmanlığın ameliyathane tercihlerinden pozitif sapma miktarı, $\forall s$

p_j^- : j. ameliyathanede atanan uzmanlıktan negatif sapma miktarı, $\forall j$

p_j^+ : j. ameliyathanede atanan uzmanlıktan pozitif sapma miktarı, $\forall j$

Kısıtlar ve Hedefler:

Atama Kısıtı:

$$\sum_{k=1}^r \sum_{j=1}^m x_{ijk} = 1 \quad \forall i \quad (5.1)$$

(5.1) eşitliğindeki kısıt ile her operasyonun bütün ameliyathane ve zaman dilimlerine yalnızca bir kere atandığı ifade edilmektedir.

Blok Çizelgeleme Kısıtı:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{s=1}^S Y_{jks} \leq 6 \quad \forall k \quad (5.2)$$

(5.2) eşitliğindeki kısıt ile her zaman diliminde bütün ameliyathanelere en fazla 6 farklı uzmanlığın bulunması istenilmektedir. Böylece farklı zaman dilimlerine aynı uzmanlığa ait operasyonların ataması yapılarak, o zaman dilimi içerisinde aynı ekipman ve teknik personel ile operasyonlar gerçekleştirilebilmektedir.

Atama Yapılan Ameliyathanelerin Sayısı İle İlgili Kısıt:

$$\sum_{j=1}^m Y_{jks} \leq 6 \quad \forall k, \forall s \quad (5.3)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ijk} \leq M * Y_{jks} \quad \forall i, \forall k, \forall s \quad (5.4)$$

(5.3) ve (5.4) eşitliklerindeki kısıtlar ile her zaman dilimi ve her uzmanlık bütün ameliyathanelere en fazla 6 kere atanması istenmektedir. Böylece farklı zaman dilimlerinde farklı uzmanlıkların bütün ameliyathaneler bazında dengeli dağıtımını sağlanabilmektedir. Bir uzmanlığın sadece bir ameliyathaneye yığılmasının önüne geçilebilmektedir.

Blok Kapatma İle İlgili Kısıt:

$$\sum_{k=1}^r Y_{jks} \leq M * Z_{js} \quad \forall j, \forall s \quad (5.5)$$

(5.5) eşitliğindeki kısıt ile her ameliyathanede bütün zaman dilimleri boyunca bir uzmanlığın atanması sağlanabilmektedir. Böylece aynı uzmanlığa ayrılan ameliyathanede bütün hafta boyunca ekipman ve teknik personel değişikliğinden kaynaklanan beklemler veya aksaklıklar olmadan operasyonlar gerçekleştirilebilecektir.

Hedef 1: Ameliyathanelerin Kapasite/Süre Kullanımı:

$$\sum_{i=1}^n p_i x_{ijk} + u_{kj}^- - u_{kj}^+ = U_{kj} \quad \forall j, \forall k \quad (5.6)$$

Ameliyathanelere aşırı yüklemeyi ve ameliyathanenin az kullanımını minimize etmeyi amaçlayan bu hedefte ulaşılabilir zaman ve çalışma zamanı arasındaki sapmaların minimize edilmesi istenmektedir. Bu hedefin amaç fonksiyonunda gösterimi (5.7) eşitliğinde verilmiştir.

$$\min \sum_{k=1}^r \sum_{j=1}^m (u_{kj}^- + u_{kj}^+) \quad (5.7)$$

Hedef 2: Ameliyathanelerin Dengeli Dağıtımı:

$$\sum_{s=1}^S \sum_{k=1}^r Y_{jks} + k_j^- - k_j^+ = 6 \quad \forall j \quad (5.8)$$

(5.8) eşitliğindeki hedef ile ameliyathanelerde atamaların yapıldığı operasyonların bütün ameliyathaneler açısından düşünüldüğünde blok yüklemelerinin bütün ameliyathanelerde dengeli dağıtılması amaçlanmıştır. Sağ tarafın 6 olarak belirlenmesi 10 zaman dilimi bulunan problemde ortalama her ameliyathanede 6 zaman dilimine atama yapılması istenmektedir. Negatif ve pozitif sapma birlikte minimize edilmektedir. Bu hedefin amaç fonksiyonunda gösterimi (5.9) eşitliğinde verilmiştir.

$$\min \sum_{j=1}^m k_j^- + k_j^+ \quad (5.9)$$

Hedef 3: Belirli Uzmanlıklara Ait Cerrahların Zaman Dilimi Tercihi:

$$\sum_{k \in d_s} Y_{jks} + r_s^- - r_s^+ = 0 \quad \forall s, \forall j \quad (5.10)$$

(5.10) eşitliğindeki hedef kısıtı ile bir uzmanlığın cerrahına ait operasyonların her ameliyathanede istenilen zaman dilimlerinde yapılması amaçlanmaktadır. Kısıt çalıştırılırken atanmasını istemediğimiz zaman dilimlerini yazarak 0'a eşitlenir. Bu hedef kısıtında pozitif yöndeki sapma minimize edilerek istenmeyen zaman dilimlerine atama yapılması engellenmeye çalışılmaktadır. Bu hedefin amaç fonksiyonunda gösterimi (5.11) eşitliğinde verilmiştir.

$$\min \sum_{s=1}^S r_s^+ \quad (5.11)$$

Hedef 4: Ameliyathanelerin Aynı Uzmanlığa Ait Olması İle İlgili Kısıt:

$$\sum_{s=1}^S Z_{js} + p_j^- - p_j^+ = 1 \quad \forall j \quad (5.12)$$

(5.12) eşitliğindeki hedef kısıtı ile her ameliyathanenin farklı uzmanlığa hafta boyunca ayrılması amaçlanmaktadır. Böylece bir uzmanlık hafta boyunca bütün zaman dilimlerinde çalışmaktadır. Bu hedef kısıtında pozitif yöndeki sapma minimize edilmektedir. Bu hedefin amaç fonksiyonunda gösterimi (5.13) eşitliğinde verilmiştir.

$$\min \sum_{j=1}^m p_j^+ \quad (5.13)$$

5.3.1. Hedef programlama çözümü

Kurulan bu matematiksel model ile üç farklı durum senaryo haline getirilmiştir.

Senaryo 1:

Bu senaryoda ortopedi, genel cerrahi 1 (GC1), plastik cerrahi, kalp-damar cerrahisi ve genel cerrahi 2 (GC2) uzmanlıklarına ait toplamda 120 operasyon için blok çizelgeleme yapılması düşünülmüştür. Blok çizelgelemede belirli zaman dilimlerine belirli uzmanlıkların çalışması mantığına göre hareket edilmektedir. Bu dikkate alınarak oluşturulan modelde blok çizelgeleme yapılmış ve modelde ameliyathane kullanımını dengeli hale getirilmeye çalışılmıştır. Fazla mesai yapılması ve az kullanımının engellenmesini sağlamak hedefiyle bloklara aynı uzmanlığa ait operasyonların ataması yapılmıştır.

Bu senaryo da amaç fonksiyonunda ameliyathanelerin kullanımını içeren süre kısıtı ile ilgili negatif yönde ve pozitif yönde sapma minimize edilmektedir.

$$\min \sum_{k=1}^r \sum_{j=1}^m (u_{kj}^- + u_{kj}^+)$$

Kısıtlarda (5.1) eşitliğinde verilen atama kısıtı (5.2) eşitliğinde verilen blok çizelgeleme kısıtı, (5.3) ve (5.4) eşitliklerindeki atama yapılan ameliyathanelerin sayısı ile ilgili kısıtlar, (5.6) eşitliğindeki ameliyathanelerin kapasite/süre ile ilgili kısıtlar bulunmaktadır.

Kurulan bu model IBM ILOG CPLEX programı ile kodlanmış ve çözüm sonuçları elde edilmiştir. Çizelge 5.4'te çözüm sonuçları gösterilmiştir.



Çizelge 5. 4. Hedef programlama ile çözüm sonucunda Senaryo 1 için oluşturulan çizelge

Gün	BLOK	A-1	KO (%)	A-2	KO (%)	A-3	KO (%)	A-4	KO (%)	A-5	KO (%)	A-6	KO (%)	A-7	KO (%)	A-8	KO (%)
1	1	O	100%	GC1	96%			GC1	84%	KD	90%	O	77%	P	98%		
	2	KD	79%	O	75%	GC1	84%	P	58%	GC2	59%					P	97%
2	3			GC2	97%	GC1	86%	O	73%	P	98%	KD	31%			O	96%
	4	O	94%	GC1	98%	P	77%	GC1	100%	O	90%					Ü	100%
3	5	GC1	82%	Ü	100%			KD	100%	GC1	79%	GC2	88%			O	50%
	6	GC2	89%			GC2	73%	KD	88%	GC2	100%	Ü	100%			KD	100%
4	7	KD	100%	O	96%	GC1	63%			KD	84%			P	87%	P	82%
	8			GC1	73%	GC2	90%	O	100%	O	77%	KD	84%	GC1	50%		
5	9	GC1	90%	GC2	100%	GC2	86%	GC2	99%			GC1	88%			GC2	90%
	10	GC1	71%	P	98%	GC1	94%	Ü	92%	Ü	79%					O	85%

Senaryo 1 incelendiğinde, her bir zaman diliminde farklı uzmanlığa ait olan operasyonların atandığı görülmektedir. Her bir senaryo için atama yapılan zaman dilimlerinin kullanım oranları hesaplanmıştır. Senaryo 1'deki atama yapılan zaman dilimlerinin kullanım oranlarına bakıldığında 11 zaman diliminin ameliyathane kapasiteleri tam anlamıyla kullanılmakta ne fazla mesai ne de az kullanım olduğu görülmektedir. Bu kullanım oranlarına bakıldığında sapmaların çok az sayıda olduğu görülmüş ve olabilecek en iyi sonuca ulaşılmıştır.

Senaryo 2:

Bu senaryoda ise ilk senaryo üzerine eklemeler yapılarak blok çizelgeme yapan ameliyathanelerde uzmanlıkların belirli zaman dilimlerinde tercih yapabilme imkânı verilerek atama yapılması istenmiştir. Bu senaryonun oluşturulmasını isteyen uzmanlara göre tercih yapabilme imkanının olması cerrahlara kendi programlarını yapabilmeleri için yarar sağladığı düşünülmektedir. Oluşturulan bu senaryoda ortopedi cerrahının her ameliyathanede 08:00-12:00 saatlerinin denk geldiği zaman dilimlerinde çalışması ve bütün uzmanlıkların genel olarak dağılımının dengeli olarak yapılması istenmektedir. Matematiksel modele bu tercih edebilme kısıtı aktarılırken ortopedi cerrahının çalışması istenmeyen zaman dilimleri yazılarak sağ taraf sıfıra eşitlenmiş ve bu hedefteki pozitif yöndeki sapma minimize edilerek istenmeyen zaman dilimlerine atama yapılması engellenmeye çalışılmıştır. Amaç fonksiyonunda fazla mesai olmasını engellemek için pozitif yöndeki sapma büyük bir sayı ile çarpılmıştır.

Bu senaryoda amaç fonksiyonunda öncelikli olarak belirli uzmanlıklara ait cerrahların zaman tercihlerine yönelik kısıtta pozitif yönde sapma, ameliyathanelerin dengeli dağıtımı ile ilgili kısıtta pozitif ve negatif yönde sapma, ameliyathanelerin kullanımını içeren süre kısıtı ile ilgili negatif yönde ve pozitif yönde sapma minimize edilmektedir. Amaç fonksiyonunda hedefler sırasıyla P1, P2 ve P3 şeklinde önceliklendirilmiştir.

$$\min P_1 \sum_{s=1}^S r_s^+ + P_2 \sum_{j=1}^m k_j^- + k_j^+ + P_3 \sum_{k=1}^r \sum_{j=1}^m (u_{kj}^- + u_{kj}^+)$$

Kısıtlarda ise (5.1) eşitliğinde verilen atama kısıtı, (5.2) eşitliğinde verilen blok çizelgeleme kısıtı, (5.3) ve (5.4) eşitliklerindeki atama yapılan ameliyathanelerin sayısı ile ilgili kısıtlar, (5.6) eşitliğindeki ameliyathanelerin kapasite/süre kısıtı, (5.8) eşitliğinde verilen ameliyathanelerin dengeli dağıtım kısıtı, (5.10) eşitliğindeki belirli uzmanlıklara ait cerrahların zaman tercihlerine ait kısıt bulunmaktadır.

Kurulan bu model IBM ILOG CPLEX programı ile kodlanmış ve çözüm sonuçları elde edilmiştir. Çizelge 5.5’de çözüm sonuçları gösterilmiştir.



Çizelge 5. 5. Hedef programlama ile çözüm sonucunda Senaryo 2 için oluşturulan çizelge

GÜN	BLOK	A-1	KO (%)	A-2	KO (%)	A-3	KO (%)	A-4	KO (%)	A-5	KO (%)	A-6	KO (%)	A-7	KO (%)	A-8	KO (%)
1	1	O	105%			P	100%			GC2	94%			GC2	100%	Ü	70%
	2	GC2	100%	GC2	100%	GC2	90%	GC1	100%			KD	100%			KD	100%
2	3	O	75%	P	105%			P	110%	GC1	100%	GC1	73%				
	4			GC1	110%	KD	100%			GC1	100%			O	100%	GC1	110%
3	5	GC1	100%			KD	110%	GC2	100%	P	115%			Ü	120%		
	6			GC2	90%			GC1	95%			O	120%	Ü	110%		
4	7	KD	100%			O	100%			P	115%	GC2	94%			GC2	100%
	8			KD	100%	O	85%	KD	110%							GC1	65%
5	9			O	105%			GC1	110%	O	120%	GC1	100%	P	110%		
	10	GC1	100%									GC2	70%	O	100%	Ü	110%

Senaryo 2 incelendiğinde, ortopedi cerrahının operasyonları günün 08:00-12:00 saatlerine denk gelen zaman dilimleri içerisinde gerçekleştiği görülmektedir. Bu senaryoda da sapmalar yine mevcuttur. Fakat istenilen durum düşünüldüğünde en iyi sonuç elde edilmiştir. Her bir ameliyathanede zaman dilimlerine atanan uzmanlıkların sayısını dengelemeye çok az sapma ile ulaşılmıştır. Yine kullanım oranlarına bakılırsa ameliyathanelerin 20 zaman diliminde kapasite %100 kullanılmıştır. Bu da eldeki kaynakların en verimli şekilde kullanıldığını göstermektedir.

Senaryo 3:

Bu senaryoda ise diğer senaryodan farklı olarak bir uzmanlığın bütün hafta boyunca aynı ameliyathanede çalışması istenmektedir. Matematiksel modele farklı kısıtlar eklenerek gerçek hayatta gerçekleştirilmesi daha çok istenen bu senaryo ile bir ameliyathanede bütün zaman dilimleri boyunca aynı uzmanlığın ataması yapılmıştır. Böylece ekipman ve teknik personel değişikliği yapılmadan uzmanlıkların operasyonları gerçekleştirilebilmektedir.

Bu senaryoda amaç fonksiyonunda öncelikli olarak ameliyathanelerin aynı uzmanlığa ait olması ile ilgili kısıtta pozitif yöndeki sapma, ameliyathanelerin kullanımını içeren süre kısıtı ile ilgili negatif yönde ve pozitif yönde sapma minimize edilmektedir. Amaç fonksiyonunda hedefler sırasıyla P1 ve P2 şeklinde önceliklendirilmiştir.

$$\min P_1 \sum_{j=1}^m p_j^+ + P_2 \sum_{k=1}^r \sum_{j=1}^m (u_{kj}^- + u_{kj}^+)$$

Kısıtlarda ise, (5.1) eşitliğinde verilen atama kısıtı, (5.2) eşitliğinde verilen blok çizelgeleme kısıtı, (5.3) ve (5.4) eşitliklerindeki atama yapılan ameliyathanelerin sayısı ile ilgili kısıtlar, (5.5) eşitliğindeki blok kapatma kısıtı, (5.6) eşitliğindeki ameliyathanelerin kapasite/süre kısıtı ve (5.12) eşitliğindeki ameliyathanelerin aynı uzmanlığa ait olması ile ilgili kısıt bulunmaktadır.

Kurulan bu model IBM ILOG CPLEX programı ile kodlanmış ve çözüm sonuçları elde edilmiştir. Çizelge 5.6'te çözüm sonuçları gösterilmiştir.

Her senaryoda bir hedef için hesaplanan sapmaları minimuma indirmek bu modelin amaç fonksiyonunu oluşturmaktadır. Böylece her bir ameliyathanede hafta boyunca her gün dengeli olacak şekilde her operasyonun ataması yapılmıştır. Bu varsayımlar ve amaçlar çerçevesinde model IBM ILOG CPLEX programı ile kodlanmış ve ozlmřtr.



Çizelge 5. 6. Hedef programlama ile çözüm sonucunda Senaryo 3 için oluşturulan çizelge

GÜN	BLOK	A-1	KO (%)	A-2	KO (%)	A-3	KO (%)	A-4	KO (%)	A-5	KO (%)	A-6	KO (%)	A-7	KO (%)	A-8	KO (%)
1	1		59%		88%				98%				88%		86%		29%
	2		84%		65%				96%				81%		86%		75%
2	3		81%		92%				100%		29%		100%		96%		
	4				71%		52%		96%		42%		92%		86%		
3	5	GC2		KD	96%	Ü	96%	GC1	98%	GC2		PC	75%	O	96%	GC2	
	6		46%				48%		96%				100%		71%		69%
4	7				67%		65%		94%		54%		98%		98%		
	8		100%				75%		94%		73%		100%		100%		
5	9				90%		75%		100%				92%		88%		84%
	10				94%		84%		92%				94%		96%		92%

Senaryo 3 incelendiğinde, gerçek hayatta olması istenen ameliyathanelerin sadece bir uzmanlığa ayrılması hedefine ulaşıldığı görülmektedir. Bu hedef ile bazı uzmanlıklara ait özel ekipmanların taşıma süreleri ve bu taşımalarından kaynaklanabilecek olası ekipman arızalarının önüne geçilmesi sağlanmıştır. Aynı zamanda Senaryo 3’de atama yapılan zaman dilimlerindeki kullanım oranlarına bakıldığında yine 7 zaman diliminde ameliyathanelerin kapasitelerinin etkin bir şekilde kullanıldığı görülmektedir.

5.3.2. Hedef Programlama Senaryo Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Senaryo sonuçlarına genel olarak bakıldığında her operasyonun ataması yapılmış ve istenilen hedeflere kurulan model bazında sapmalara izin verilerek ulaşılmıştır. Ameliyathanelerin hepsi çalışmakta olup olabildiğince fazla mesai ve az kullanım minimize edilmiştir. Bu operasyonların gerçekleşme zamanlarında yeterli sayıda doktor ve çalışan personel olduğu göz önünde bulundurulmuştur. Sonuçlara göre hafta başında alınan operasyonların hepsi gerçekleştirilmiş ve hasta memnuniyeti sağlanmıştır. Çözüm sonuçları değerlendirildiği zaman üç farklı senaryoda da istenen hedeflere sapmalar ile ulaşılmıştır.

5.4. Kısıt Programlama Modeli

Kısıt programlama yöntemi matematiksel programlama ile modellenmesi zor sayısal formülasyonları esnek bir şekilde modellemeye yardımcı olan bir araçtır. Bu tez çalışmasında kısıt programlamanın bu özelliklerinden faydalanılmıştır. Bu aşamada kısıt programlama yönteminin mantıksal ifadelerinden yararlanırken, oluşturulan modelde aynı zamanda hedef değerlere yer verilmiştir. Böylece hedef programlama yöntemi ile karşılaştırması yapılırken hedeflerden sapmalara göre değerlendirme yapılabilmektedir.

Hedef programlama yöntemi başlığı altında belirtilen amaçlar ve varsayımlar bu çözüm aşamasında da geçerlidir. Çalışmada kullanılan veriler bir devlet hastanesinden elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan operasyon işlem süreleri, operasyonların geçmiş verilerinden yararlanılarak hazırlanmış, hazırlık ve temizlik süreleri dahil işlem süreleri ve uzmanlık sayılarıdır. Çizelge 5.3’te uzmanlıklara ait operasyonlar ve bu

operasyonların işlem süreleri ile ilgili veriler kullanılmıştır. Elde edilen bu verilere göre ameliyathanelerin kapasiteleri, kaynak kullanımı dikkate alınmıştır. Ameliyathanelerin az kullanımı ve fazla mesai yapılarak fazla kullanımı minimize edilmesi yani ameliyathanelerin dengeli kullanımını sağlayan çizelgeler oluşturulması amaçlanmıştır. Bu aşamada hedef programlama yönteminde farklı durumların dikkate alınmasıyla oluşturulan üç senaryo kısıt programlama ile modellenmiştir. Kısıt programlama ile bu senaryolardaki hedefleri gerçekleştirmeye yönelik çizelgeler oluşturulmuştur. Hedef programlama ile çizelgelerin oluşturulması başlığı altındaki veriler aynen dikkate alınmıştır. Zaman dilimi ve ameliyathane indisi tek indis haline getirilerek 80 (8*10) ameliyathane-zaman olarak isimlendirme yapılmıştır.

Modeli Oluşturan İfadelerin Notasyonu:

Karar değişkeni ve parametreler:

i: operasyon sayısı $i = 1, \dots, 120$

j: ameliyathane-zaman dilimi sayısı $j = 1, \dots, 80$

s: uzmanlık sayısı $s = 1, \dots, 6$

t: ameliyathane-zaman dilimi grup sayısı $t = 1, \dots, 8$

M: Yeterince büyük bir sayı

$X_i = i.$ operasyonun atandığı ameliyathane – zaman dilimi $\forall i$

$Y_{ij} = \begin{cases} 1, & i. \text{ operasyonun } j. \text{ ameliyathane} - \text{ zamanda bulunması durumu} \\ 0, & \text{dd} \end{cases} \quad \forall i, \forall j$

$Z_{js} = \begin{cases} 1, & j \text{ ameliyathanede } s \text{ uzmanlığı bulunursa} \\ 0, & \text{dd} \end{cases} \quad \forall j, \forall s$

$V_{ts} = \begin{cases} 1, & t. \text{ grupta } s \text{ uzmanlığı bulunursa} \\ 0, & \text{dd} \end{cases} \quad \forall t, \forall s$

p_i : i. operasyonun temizlik ve hazırlanma zamanları dahil çalışma süresi $\forall i$

U_j : j. ameliyathanenin günlük kullanım süresi $\forall j$

d_s : s uzmanlığının atanması tercih edilen zaman dilimine ait set $\forall s$

Sapma değişkenleri:

u_j^- : j. ameliyathane-zaman için toplam kullanılabilir zamandan negatif sapma miktarı, $\forall j$

u_j^+ : j. ameliyathane-zaman için toplam kullanılabilir zamandan pozitif sapma miktarı, $\forall j$

r_s^- : s. uzmanlığın ameliyathane tercihlerinden negatif sapma miktarı, $\forall s$

r_s^+ : s. uzmanlığın ameliyathane tercihlerinden pozitif sapma miktarı, $\forall s$

p_t^- : t. ameliyathane-zaman grubuna atanan uzmanlıktan negatif sapma miktarı, $\forall t$

p_t^+ : t. ameliyathane-zaman grubuna atanan uzmanlıktan pozitif sapma miktarı, $\forall t$

Kısıtlar ve Hedefler:

Atama Kısıtı:

$$x_i \leq 80 \quad ; \quad x_i \geq 1 \quad \forall i \quad (5.14)$$

(5.14) eşitliğinde verilen kısıtta her operasyonun bütün ameliyathane ve zaman dilimlerine yalnızca bir kere atandığı ifade edilmektedir. i. operasyonun atanabileceği ameliyathane-zaman sınırları verilmiştir. Operasyon sayısı hastaneden elde edilen verilere göre her uzmanlığın ayrı sayıda olmak üzere toplamda 120 adettir.

Blok Çizelgeleme Kısıtı:

$$x_i \neq x_k \quad \forall i \quad (5.15)$$

(5.15) eşitliğindeki kısıt ile her zaman diliminde bütün ameliyathanelere en fazla 6 farklı uzmanlığın bulunması istenilmektedir. Böylece farklı zaman dilimlerine aynı uzmanlığa ait operasyonların ataması yapılarak, o zaman dilimi içerisinde aynı ekipman ve teknik personel ile operasyonlar gerçekleştirilebilmektedir. Kısıtta k değeri gibi bir indis eklenmiştir. Bu indis blok çizelgelemede i indisi içerisinde ilgili uzmanlığa ait operasyon sayısının sınırlarını belirlerken k indisi içerisinde kalan diğer operasyon sayısı tutulmaktadır. Her uzmanlığın operasyon sayısı için kısıt yazılmış ve her seferinde bir önceki uzmanlığın operasyon sayıları da çıkartılarak geri kalan diğer operasyon sayısı k indisinde toplanmaktadır.

Blok Kapatma İle İlgili Kısıt:

$$(x_i = j) = y_{ij} \quad \forall i, \forall j \quad (5.16)$$

$$\sum_i y_{ij} \leq M * z_{js} \quad \forall j, \forall s \quad (5.17)$$

$$\sum_i z_{js} \leq M * V_{ts} \quad \forall t, \forall s \quad (5.18)$$

(5.16), (5.17) ve (5.18) eşitliklerindeki kısıtlar ile her ameliyathanede bütün zaman dilimleri boyunca bir uzmanlığın atanması sağlanabilmektedir. Böylece aynı uzmanlığa ayrılan ameliyathanede bütün hafta boyunca ekipman ve teknik personel değişikliğinden kaynaklanan beklmeler veya aksaklıklar olmadan operasyonlar gerçekleştirilebilecektir. (5.16) eşitliğinde verilen kısıt ile i. operasyonun j ameliyathane-zaman içerisinde ataması yapılırsa bu değeri ilgili i ve j indis değerleri ile Y_{ij} karar değişkeni içerisinde saklar. (5.17) ve (5.18) eşitlikleri ile operasyonlar ait oldukları uzmanlıklara göre gruplanır ve daha sonra t indisi ile ameliyathane-zaman grubuna göre bloklanır. Böylece sütun bazında ameliyathane-zaman grubuna sadece bir uzmanlığın atanması yapılmış olur.

Hedef 1: Ameliyathanelerin Kapasite/Süre Kullanımı:

$$\sum_i (p_i * (x_i = j)) + u_j^- - u_j^+ = 240; \quad \forall j \quad (5.19)$$

Ameliyathanelere aşırı yüklemeyi ve ameliyathanenin az kullanımını minimize etmeyi amaçlayan bu hedefte ulaşılabilir zaman ve çalışma zamanı arasındaki sapmaların minimize edilmesi istenmektedir. i . operasyonun j ameliyathane-zaman içerisinde atanması yapılırsa ilgili uzmanlığın işlem süresi ile çarpılarak o zaman diliminin olması istenilen süre içerisinde çalıştırılması hedeflenir. (5.19) eşitliğindeki hedef kısıtında hem ameliyathanenin az kullanılmasını hem de fazla mesai yapılmasını engellemek için negatif ve pozitif yöndeki sapmalar aynı anda minimize edilmektedir. Yani ameliyathanelerin dengeli ve etkin bir şekilde kullanımı amaçlanmaktadır. Bu hedefin amaç fonksiyonunda gösterimi (5.20) eşitliğinde verilmiştir.

$$\min \sum_{j=1}^m (u_j^- + u_j^+) \quad (5.20)$$

Hedef 2: Belirli Uzmanlıklara Ait Cerrahların Zaman Dilimi Tercihi:

$$\sum_{c \in d_s} (x_i = k) + r_j^- - r_j^+ = 0 \quad \forall j \quad (5.21)$$

(5.21) eşitliğindeki hedef kısıtı ile bir uzmanlığın cerrahına ait operasyonların her ameliyathanede istenilen zaman dilimlerinde yapılması amaçlanmaktadır. Kısıt çalıştırılırken atanmasını istemediğimiz zaman dilimlerini yazarak 0'a eşitlenir. c indisi tercih yapmak isteyen uzmanlıkların bulunduğu küme olarak ifade edilmektedir. Bu hedef kısıtında pozitif yöndeki sapma minimize edilerek istenmeyen zaman dilimlerine atama yapılması engellenmeye çalışılmaktadır. Bu hedefin amaç fonksiyonunda gösterimi (5.22) eşitliğinde verilmiştir.

$$\min \sum_{j=1}^m r_j^+ \quad (5.22)$$

Hedef 3: Ameliyathanelerin Aynı Uzmanlığa Ait Olması İle İlgili Kısıt:

$$\sum_s V_{ts} + p_t^- - p_t^+ = 1; \quad \forall t \quad (5.23)$$

(5.23) eşitliğindeki hedef kısıtı ile her ameliyathanenin farklı uzmanlığa hafta boyunca ayrılması amaçlanmaktadır. Böylece bir uzmanlık hafta boyunca aynı ameliyathanede bütün zaman dilimlerinde çalışmaktadır. Bu hedef kısıtında pozitif yöndeki sapma

minimize edilmektedir. Bu hedefin amaç fonksiyonunda gösterimi (5.24) eşitliğinde verilmiştir.

$$\min \sum_{t=1}^T p_t^+ \quad (5.24)$$

5.4.1. Kısıt programlama çözümü

Kurulan bu model ile üç farklı durum senaryo haline getirilmiştir.

Senaryo 1:

Bu senaryoda ortopedi, genel cerrahi 1 (GC1), plastik cerrahi (P), kalp-damar cerrahisi (KD), üroloji (Ü) ve genel cerrahi 2 (GC2) uzmanlıklarına ait toplamda 120 operasyon için blok çizelgeleme yapılması düşünülmüştür. Blok çizelgelemede belirli zaman dilimlerine belirli uzmanlıkların çalışması mantığına göre hareket edilmektedir. Bu dikkate alınarak oluşturulan modelde blok çizelgeleme yapılmış ve modelde ameliyathane kullanımı dengeli hale getirilmeye çalışılmıştır. Fazla mesai yapılması ve az kullanımının engellenmesini sağlamak hedefiyle zaman dilimlerine aynı uzmanlığa ait operasyonların ataması yapılmıştır.

Bu senaryoda amaç fonksiyonunda ameliyathanelerin dengeli kullanımını içeren kapasite/süre ile ilgili negatif ve pozitif yönde sapma minimize edilmektedir.

$$\min \sum_{j=1}^m (u_j^- + u_j^+) \quad (5.20)$$

Kısıtlarda (5.14) eşitliğinde verilen atama kısıtı (5.15) eşitliğinde verilen blok çizelgeleme kısıtı, (5.19) eşitliğindeki ameliyathanelerin kapasite/süre ile ilgili kısıtlar bulunmaktadır.

Kurulan bu model IBM ILOG CPLEX programı ile kodlanmış ve çözüm sonuçları elde edilmiştir. Çizelge 5.7’te çözüm sonuçları gösterilmiştir. Bu senaryo modelin karmaşılaşmasına izin veren ifadelerin yer alması sebebiyle 5400 saniye çalıştırılmış ve bu süre içerisinde en iyi çözüm sonuçları elde edilmiştir.

Çizelge 5. 7. Kısıt programlama ile çözüm sonucunda Senaryo 1 için oluşturulan çizelge

GÜN	BLOK	A-1	KO (%)	A-2	KO (%)	A-3	KO (%)	A-4	KO (%)	A-5	KO (%)	A-6	KO (%)	A-7	KO (%)	A-8	KO (%)
1	1	KD	106%	GC2	59%	O	36%	O	98%	O	90%	O	87%	KD	63%	GC2	50%
	2	O	81%	O	90%	GC2	73%	P	46%	GC1	71%	P	75%	KD	32%	GC2	88%
2	3	Ü	50%	GC1	61%	Ü	86%	P	83%	GC1	61%	GC1	88%	GC2	98%	P	80%
	4	KD	100%	GC1	50%	P	71%	GC1	52%	P	40%	KD	40%	GC2	84%	GC2	50%
3	5	P	57%	Ü	71%	Ü	50%	GC2	56%	GC1	98%	Ü	42%			P	50%
	6	P	40%	GC2	84%	GC2	76%	KD	84%	GC1	25%	GC1	84%	Ü	61%	GC1	40%
4	7	Ü	36%	P	63%	GC1	84%	KD	61%	Ü	33%	GC1	30%	GC1	82%	O	50%
	8	GC1	48%	KD	77%	GC2	52%	O	48%	O	80%	O	102%	O	84%	Ü	44%
5	9	P	48%	GC1	27%	GC1	106%	O	50%	GC1	50%	GC2	86%	KD	104%	GC1	59%
	10	GC2	73%	O	42%	O	100%	P	44%	GC1	40%	KD	98%	GC2	42%	O	61%

Senaryo 1 incelendiğinde, ameliyathanelerin her bir zaman dilimine farklı uzmanlığa ait operasyonların ataması yapılmıştır. Blok çizelgeleme yapılarak aynı zaman dilimine farklı uzmanlığa ait operasyonun girmesi engellenmiştir. Senaryo 1 sonucu oluşturulan çizelgede ameliyathanelerin bir zaman dilimi hariç tüm zaman dilimlerine atama yapıldığı görülmektedir. Boşta kalan zaman dilimi sayısı sadece 1 tanedir. Bu da modelin mantığında tüm operasyonların birkaç zaman dilimine yığılmasını engellediği ve operasyonları dağıttığını göstermektedir. Ameliyathanelerin kullanım oranlarına bakıldığında ise ameliyathanelerin kapasiteleri tam anlamıyla kullanılmadığı ve 4 zaman dilimlerinde fazla mesai yapıldığı görülmektedir. Tüm zaman dilimindeki kullanım oranı ise ortalama %70'dir. Bu kullanım oranı bütün açıdan bakıldığında makul kabul edilebilecek bir oran olmaktadır.

Senaryo 2:

Bu senaryoda ise ilk senaryo üzerine eklemeler yapılarak blok çizelgeleme yapan ameliyathanelerde uzmanlıkların belirli zaman dilimlerinde tercih yapabilme imkânı verilerek atama yapılması istenmiştir. Oluşturulan bu senaryoda ortopedi cerrahının her ameliyathanede 08:00-12:00 saatlerinin denk geldiği zaman dilimlerinde çalışması ve bütün uzmanlıkların genel olarak dağılımının dengeli olarak yapılması istenmektedir. Modele bu tercih edebilme kısıtı aktarılırken ortopedi cerrahının çalışması istenmeyen zaman dilimleri yazılarak sağ taraf 0'a eşitlenmiş ve bu hedefteki pozitif yöndeki sapma minimize edilerek istenmeyen zaman dilimlerine atama yapılması engellenmeye çalışılmıştır.

Bu senaryoda amaç fonksiyonunda öncelikli olarak belirli uzmanlıklara ait cerrahların zaman tercihlerine yönelik kısıtta pozitif yönde sapma, ameliyathanelerin kullanımını içeren süre kısıtı ile ilgili negatif yönde ve pozitif yönde sapma minimize edilmektedir. Amaç fonksiyonunda hedefler sırasıyla P1 ve P2 şeklinde önceliklendirilmiştir.

$$\min P_1 \sum_{j=1}^m r_j^+ + P_2 \sum_{j=1}^m (u_j^- + u_j^+)$$

Kısıtlarda ise (5.14) eşitliğinde verilen atama kısıtı, (5.15) eşitliğinde verilen blok çizelgeleme kısıtı, (5.19) eşitliğindeki ameliyathanelerin kapasite/süre kısıtı, (5.21) eşitliğindeki belirli uzmanlıklara ait cerrahların zaman tercihlerine ait kısıt bulunmaktadır.

Kurulan bu model IBM ILOG CPLEX programı ile kodlanmış ve çözüm sonuçları elde edilmiştir. Çizelge 5.8'da çözüm sonuçları gösterilmiştir. Bu senaryo modelin karmaşıklaşmasına izin veren ifadelerin yer alması sebebiyle 5400 saniye çalıştırılmış ve bu süre içerisinde en iyi çözüm sonuçları elde edilmiştir.



Çizelge 5. 8. Kısıt programlama ile çözüm sonucunda Senaryo 2 için oluşturulan çizelge

GÜN	BLOK	A-1	KO (%)	A-2	KO (%)	A-3	KO (%)	A-4	KO (%)	A-5	KO (%)	A-6	KO (%)	A-7	KO (%)	A-8	KO (%)
1	1	O	%63	KD	%63	GC1	%88	Ü	%81	GC2	%46	KD	%46	P	%86	GC2	%48
	2	GC2	%79	GC2	%82	P	%50	P	%38			P	%90	KD	%100	O	%55
2	3	O	%48	O	%54	GC2	%46	O	%50	GC2	%50	P	%59	GC1	%48	P	%46
	4	Ü	%50	GC1	%50	O	%109	GC1	%46	GC2	%46	O	%98	P	%69	GC1	%81
3	5	GC1	%68	O	%61	KD	%92	GC2	%96	GC1	%84	P	%69	GC1	%49	GC2	%44
	6	P	%88	Ü	%59	O	%46	O	%50	O	%92	GC2	%59	KD	%100	O	%56
4	7	P	%73	GC2	%69	KD	%96	GC1	%71	GC1	%84	O	%94	GC2	%46	O	%54
	8	GC1	%61	GC1	%100	KD	%94	KD	%84	GC1	%61	GC2	%50	Ü	%71	GC1	%96
5	9	O	%50	P	%64	GC1	%84	GC1	%48	GC2	%38	GC2	%98	Ü	%61	KD	%100
	10	GC1	%123	Ü	%59	Ü	%50	Ü	%73	GC1	%38	GC2	%93	Ü	%50	GC2	%46

Senaryo 2'ye bakıldığında, ortopedi cerrahına istenilen zaman dilimi içerisinde çalışabilme tercihi verilmektedir. Günün 08:00-12:00 saatlerine denk gelen zaman dilimleri içerisinde çalışması için modelleme yapılmıştır. Bu senaryoda oluşturulan çizelgede mümkün olduğunca istenilen zaman dilimlerine ataması yapılmış fakat sapmaların yine de oluştuğu görülmektedir. Oluşan bu sapmalar ile ortopedi cerrahi günün 13:00-17:00 saatlerine denk gelen zaman dilimleri içerisinde ataması yapılmıştır. Kullanım oranlarına bakıldığında ise kapasitelerin tamamının kullanıldığı zaman dilimleri azınlıktadır ve 4 zaman dilimi bulunmaktadır. Tüm zaman dilimlerindeki kullanım oranı ise ortalama %70'dir.

Senaryo 3:

Bu senaryoda ise diğer senaryodan farklı olarak bir uzmanlığın bütün hafta boyunca aynı ameliyathanede çalışması istenmektedir. Modele farklı kısıtlar eklenerek gerçek hayatta gerçekleştirilmesi daha çok istenen bu senaryo ile bir ameliyathanede bütün zaman dilimleri boyunca aynı uzmanlığın ataması yapılmıştır.

Bu senaryoda amaç fonksiyonunda öncelikli olarak ameliyathanelerin aynı uzmanlığa ait olması ile ilgili kısıtta pozitif yöndeki sapma, ameliyathanelerin kullanımını içeren süre kısıtı ile ilgili negatif yönde ve pozitif yönde sapma minimize edilmektedir. Amaç fonksiyonunda hedefler sırasıyla P1 ve P2 şeklinde önceliklendirilmiştir.

$$\min P_1 \sum_{t=1}^T p_t^+ + P_2 \sum_{j=1}^m (u_j^- + u_j^+)$$

Kısıtlarda ise, (5.14) eşitliğinde verilen atama kısıtı, (5.15) eşitliğinde verilen blok çizelgeleme kısıtı, (5.16), (5.17), (5.18) eşitliklerindeki blok kapatma ile ilgili kısıtlar, (5.19) eşitliğindeki ameliyathanelerin kapasite/süre kısıtı ve (5.23) eşitliğindeki ameliyathanelerin aynı uzmanlığa ait olması ile ilgili kısıt bulunmaktadır.

Kurulan bu model IBM ILOG CPLEX programı ile kodlanmış ve çözüm sonuçları elde edilmiştir. Çizelge 5.9'de çözüm sonuçları gösterilmiştir. Bu senaryo modelin

karmaşıklaşmasına izin veren ifadelerin yer alması sebebiyle 5400 saniye çalıştırılmış ve bu süre içerisinde en iyi çözüm sonuçları elde edilmiştir.



Çizelge 5. 9. Kısıt programlama ile çözüm sonucunda Senaryo 3 için oluşturulan çizelge

GÜN	BLOK	A-1	KO (%)	A-2	KO (%)	A-3	KO (%)	A-4	KO (%)	A-5	KO (%)	A-6	KO (%)	A-7	KO (%)	A-8	KO (%)
1	1	O	121%	GC2	88%	Ü	40%	KD	63%	GC1	28%	P	113%	KD		GC1	50%
	2		67%		110%		61%		63%		88%		111%				
2	3		121%		92%		94%				84%		34%				50%
	4		98%		50%		34%				67%		60%		100%		84%
3	5		102%		86%		46%		82%		80%		57%		84%		84%
	6		117%		111%						88%		38%		25%		42%
4	7		104%		84%						20%		38%		75%		71%
	8		84%		150%		86%				110%		65%		34%		61%
5	9		110%		90%		42%		100%		130%		98%		67%		73%
	10		92%		63%		71%		75%		25%		88%				

Senaryo 3 incelendiğinde ise, çoğu hastanede gerçek hayatta her ameliyathanenin aynı uzmanlığa ait operasyonların çalıştırılması durumu modellenmiştir. Böylece ameliyathanelerde ekipman ve teçhizat taşımalarından kaynaklanan taşıma sürelerinin ve bu taşımalar süresinde meydana gelebilecek arızaların önüne geçilmesi amaçlanmaktadır. Senaryo 3'e göre oluşturulan çizelgede her ameliyathanede tüm zaman dilimleri boyunca aynı uzmanlık çalıştırılmaktadır. Kullanım oranlarına bakıldığında ameliyathanelerin 13 zaman diliminde fazla mesai yapıldığı görülmektedir. Bir ameliyathane sadece bir uzmanlığa ayrıldığı için bu durum olası ve kabul edilebilir sonuçlar arasında yer aldığı düşünülmektedir. Yine çoğu ameliyathanenin kapasiteleri mümkün olduğunda kullanıldığı görülmektedir. Tüm zaman dilimlerindeki kullanım oranlarına bakıldığında ise ortalama %79 kullanım oranı bulunmaktadır. Bu durumda ise ameliyathanelerin mümkün olduğunca kabul edilebilir seviyede çalıştırıldığı sonucuna varılmaktadır.

5.4.3. Kısıt Programlama Senaryo Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Hedef programlama ile daha önce oluşturulan senaryolar kısıt programlama ile modellenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre tüm operasyonların ataması yapılmıştır. Kurulan model bazında istenilen hedeflere sapmalar ile birlikte ulaşılmıştır. Ameliyathanelerin neredeyse hepsi çalışmaktadır. Senaryolarda fazla mesai yapıldığı görülmektedir. Aynı zamanda senaryoların bazı zaman dilimlerinde ise az kullanım olduğu görülmektedir. Bu durumda ameliyathanelerin çoğunun çalıştığı görülmektedir. Ameliyathanelerin kullanım oranlarına bakıldığında çoğu ameliyathanede kabul edilebilir seviyelere ulaşıldığı görülmektedir. Bu da sonuçların makul olduğunu ve oluşturulan çizelgelerin etkinlik açısından istenilen seviyede olduğunu göstermektedir. Bu operasyonların gerçekleşme zamanlarında yeterli sayıda doktor ve çalışan personel olduğu göz önünde bulundurulmuştur. Sonuçlara göre hafta başında alınan operasyonların hepsi gerçekleştirilmiş ve hasta memnuniyeti sağlanmıştır. Çözüm sonuçları değerlendirildiği zaman üç farklı senaryoda da istenen hedeflere sapmalar olsa bile ulaşıldığı görülmektedir.

5.5. Model Sonuçlarının Karşılaştırılması ve Mevcut Duruma göre Analizi

Bu çalışmada bir devlet hastanesinden alınan veriler kullanılarak ameliyathane çizelgeleme süreçlerinde hedef programlama ve kısıt programlama yöntemi kullanılmıştır. Karmaşık yapıda olan bu süreci modelleme esnekliği açısından bakıldığında her iki yöntem de kolaylık sağlayan araçlardır. Her iki yöntem de karar değişkenlerine, amaç fonksiyonuna ve kısıtlayıcı denklemlere sahiptir. Kısıt programlama yöntemi bilgisayar programlamada kullanılan dillerin benzeri yapısını kullanmasından dolayı şart ifadeleri ile modelleme süreçleri kolaylaşmaktadır. Çizelge 5.10'da mevcut durumun ve senaryoların özeti verilmiştir.

Çizelge 5. 10. Mevcut durum ve senaryoların özeti

	<i>Mevcut Durum</i>	SENARYO 1		SENARYO 2		SENARYO 3	
		<i>HP</i>	<i>KP</i>	<i>HP</i>	<i>KP</i>	<i>HP</i>	<i>KP</i>
Fazla Mesai Çalışan Blok Sayısı	45	-	4	17	2	-	13
Az Kullanım Çalışan Blok Sayısı (%50 altında)	15	-	20	-	16	5	10
Tam Kapasite Çalışan Blok Sayısı	5	11	2	20	4	7	2
Kullanılmayan Blok Sayısı	-	20	1	32	1	21	13
Toplam Kullanım Oranı	52%	85%	70%	95%	70%	80%	79%
Tercih durumu				√	√		
Ameliyathane kapatma						√	√
Blok planlama stratejisi	√	√	√	√	√	√	√
Dengeli atama		√	√	√	√	√	√

Hedef programlama ve kısıt programlama ile modellenen senaryolara bakıldığında Senaryo 1 toplam kullanım oranı hedef programlama yönteminde %85'lik başarıya sahipken kısıt programlama yönteminde ise %70'lik bir başarıya sahiptir. Senaryo 2'de ise her iki yöntem de 5400 saniye çalıştırılmıştır. Hedef programlama yönteminde toplam kullanım oranı başarısı %95 iken kısıt programlama yönteminde bu başarı oranı %70'dir. Senaryo 3'te her iki yöntem 5400 saniye çalıştırılmıştır. Hedef programlama yönteminde toplam kullanım oranı %80 iken bu başarı oranı kısıt

programlama yönteminde %79'lik bir değere sahiptir. Detaylı olarak oluşturulan çizelgelere bakıldığında senaryo 1; hedef programlama yönteminde tüm operasyonların ataması yapılmıştır. Ameliyathanelerde 11 zaman diliminde tam kapasite kullanma oranına sahiptir. Böylece bazı zaman dilimlerinde ameliyathaneler kapatılarak boşta beklemesinin önüne geçilmiştir. Ayrıca fazla mesai durumu olmadan cerrahların çalışma süreleri mesai saatleri içerisinde programlanmıştır. Fazla mesailerden kaynaklanan maliyetler engellenmiş ve cerrahların memnuniyeti arttırılmıştır. Kısıt programlama da ise oluşturulan çizelgede sadece yedinci ameliyathane üçüncü gün 08.00-12.00 saat dilimleri arasında çalışmamaktadır. Diğer tüm zaman dilimlerine operasyon ataması yapılmıştır. Bekleme listesindeki hastaların operasyonlarının tümü gerçekleştirilmiştir. Bu da hastaların memnuniyet seviyesini arttırmaktadır. Fakat ameliyathanelerin 20 zaman diliminde kapasite istenilen kullanım oranı seviyesinin altındadır. Modelleme süreçlerinde kolaylık sağlanmıştır. Fakat çözüm sonuçlarına göre ameliyathanelerin kullanım oranları düşmüştür. Bu durumun ameliyathanelerin boşta beklemesinden kaynaklanan maliyetlere sebep olma olasılığı vardır. Senaryo 2; hedef programlama yönteminde tüm operasyonların ataması yapılmıştır. Ameliyathanelerin kullanım oranlarının hepsi tam kapasiteyi kullanmaya yöneliktir. Fakat 17 zaman diliminde fazla mesai yapıldığı görülmektedir. Bu durumda cerrahların memnuniyet seviyesinde azalma meydana gelebilir aynı zamanda cerrahlardan istenilen verimliliğin elde edilmesi etkilenebilir. Ayrıca fazla mesai maliyetlerinin artmasına neden olunabilmektedir. Ortopedi cerrahinin sabah saatlerinde atanma tercihi çok az sapma ile gerçekleştirilmiştir. Böylece cerrahların tercihlerine yer verilebilen modellemeler oluşturulmuştur. Kısıt programlama da ise ameliyathanelerde istenilen seviyede kapasite kullanım başarısına sahiptir. Bu yöntemde sadece 2 zaman diliminde fazla mesai yapıldığı görülmekte ve tüm bekleme listesindeki hastaların operasyonları gerçekleştirilmiştir. Fazla mesai yapılmadan hem cerrahların hem de hastaların memnuniyet seviyesi arttırılmıştır. Ayrıca fazla mesailerden kaynaklanan maliyetlerin önüne geçilmiştir. Ortopedi cerrahının istenilen zaman dilimlerinde çalışması tercihi de yine çok az sapma ile gerçekleştirilmiştir. Senaryo 3; hedef programlama yönteminde tüm operasyonların ataması gerçekleştirilmiştir. Ameliyathaneler belirli uzmanlıklara ayrılarak tüm zaman dilimlerinde o uzmanlığın çalışması kısıtı sağlanmıştır. Ameliyathanelerin kullanım oranları neredeyse %100' yakındır ve fazla mesai yapılmadan çalışmaktadır. Kısıt

programlama da ise yine bekleme listesindeki tüm hastaların operasyonları gerçekleştirilmiştir. Fakat ortopedi cerrahinin atandığı ameliyathanelerde fazla mesai yapıldığı görülmüştür. Bu da operasyonların zaman dilimlerinde dağıtılmasında modelin zorlandığını göstermektedir. İki yöntem sonuçlarına göre oluşturulan çizelgelerde toplam kullanım oranı başarısının birbirine çok yakın olduğu görülmektedir.

Oluşturulan tüm çizelgeler mevcut duruma göre analiz edildiğinde hastane yöneticilerin gerçekleştirmek istedikleri amaçların modellenmesinin yapıldığı görülmektedir. Daha önce manuel olarak yapılan bu çizelgeler bir sistematik yapı içerisinde oluşturularak hem zamandan hem emekten tasarruf edilebilmektedir. Oluşturulan bu sistem daha sonraki çizelgeleme süreçlerinde de rahatlıkla kullanılabilir durumdadır. Mevcut durumda çizelgeler manuel olarak hazırlandığı için tüm operasyonlar çizelgelere aktarılamadığından hastaların bekleme sürelerinin artmasına neden olmaktadır. Oluşturulan bu çizelgeler ile hem olası birçok farklı durum senaryolaştırılmış hem de bütün operasyonların ataması gerçekleştirilmiştir. Böylece hastaların gerçek durumlarda memnuniyet seviyelerindeki azalmalar oluşturulan bu sisteme göre hazırlanan çizelgeler ile arttırılmıştır. Oluşturulan çizelgelerde zaman dilimlerinde fazla mesai durumu olsa da ameliyathaneler tam kapasite ile kullanılmaktadır. Mevcut durumda ise operasyonların ataması dengeli bir şekilde yapılamadığından ameliyathanelerin kullanımını etkin değildi. Bu ise hem fazla mesailere sebep olmakta hem de ameliyathanelerin az kullanılmasına neden olarak verimliliği düşürmekteydi.

6. SONUÇ

Günümüzde hastanelerde yaşanan problemlerden olan, cerrahların ameliyatlara zamanında girememesi hem hastanenin var olan kapasitesinin etkin bir şekilde kullanılmamasına hem de hastalara sunulan hizmet kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. Bu tez çalışmasında ameliyathane çizelgeleme problemi ele alınmıştır ve bahsedilen hizmet kalitesinin artırılması amaçlanmıştır. Aynı zamanda hastanede çoğu zaman manuel olarak yapılan bu çizelgelemenin sistematik hale getirilmesinin amaçlarından biri, hastane kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılmasını sağlayarak beraberinde hasta/personel memnuniyetinin de artırılmasıdır. Bu tez çalışmasında bu amaçlara yönelik olarak dengeli ve etkin bir çizelgeleme yapmaya olanak sağlayan hedef programlama yöntemi ve kısıt programlama yöntemi ile kurulmuş esnek bir model önerisi sunulmuştur. Bir devlet hastanesinden ameliyathane sayısı, bekleme listesindeki operasyon sayısı ve bu operasyonların ait oldukları cerrahi klinik sayısı ile ilgili veriler alınmıştır. Hastane yöneticilerinin gerçekleştirmek istedikleri amaçlara yönelik üç farklı senaryo oluşturulmuştur. İlk senaryoda ameliyathanelerin blok çizelgeleme stratejisi temelinde operasyonların ameliyathanelere dengeli dağıtımını ve ameliyathanenin etkin kullanımı hedeflenmiştir. İkinci senaryoda bu hedeflere ek olarak ortopedi cerrahının sadece sabah saatlerinde çalışmasına yönelik bir hedef belirlenmiş ve ek olarak operasyonların zaman dilimlerine dengeli dağıtımını istenmiştir. Üçüncü senaryoda ameliyathanenin etkin ve dengeli kullanımının yanı sıra bir ameliyathanenin bütün zaman dilimleri boyunca sadece bir uzmanlığa ayrılması istenmiştir. Bütün bu senaryolar hedef programlama ve kısıt programlama yöntemleri ile ayrı ayrı modellenmiştir. Daha sonra yöntem sonuçları karşılaştırılmış ve mevcut duruma göre analizi yapılmıştır. Aynı zamanda ameliyathane çizelgelemede etkili olan faktörler uzmanlara danışılarak ağırlıklandırılmış ve sürece etkisi yorumlanmıştır.

Hastanede çeşitli sebeplerden dolayı ortaya çıkan verimsizliklerin önüne geçilmesini ve aynı zamanda hastane ekibinin ve birimlerinin koordine çalışmasını sağlayacak etkin bir planlama yaparak belirlenen hedeflere ulaşılmıştır. Model oluşturulurken zaman dilimi indisi ile birlikte problemin yapısını karmaşık hale getirmeden aynı zamanda haftalık çizelge oluşturulmaya çalışılmıştır. Yapılan uygulama mevcut bir

devlet hastanesinden alınan ameliyathane sayısı, operasyon sayısı ve bu operasyonların geçmiş verilerden öngörerek hesaplanmış çalışma süreleri, uzmanlık sayıları ve bu uzmanlıklara ait operasyonların verilerinden oluşmaktadır. Model sonuçlarına göre her iki yöntemde de bekleme listesindeki bütün operasyonların ataması yapılmıştır. Senaryolarda kullanım oranları ameliyathane kapasitesinin etkin bir şekilde kullanıldığını gösteren ölçüdedir. Bu da yöntemlerin süreci sistematik hale getirmeye yardımcı olduğunu ve istenilen amaçları gerçekleştirmeye yönelik araçlar olduğunu göstermektedir. Bazı senaryolarda ameliyathanelerde fazla mesai oluşsa da çoğu ameliyathanede çalışma süreleri mesai saatleri içerisindeydir. Bu da cerrahların memnuniyet seviyesini arttırmış ve alınan verimi üst düzeye çıkarmıştır. Aynı zamanda fazla mesailerden kaynaklanan maliyet artışlarının önüne geçilmesine olanak sağlamıştır. Mevcut duruma göre manuel hazırlanan çizelgelerin oluşturulan modeller ile etkinliği artırılmış ve ameliyathanenin kullanımından mümkün olan en iyi verim alınmıştır. Ameliyathane çizelgelemeyi etkileyen faktörlerde görüldüğü gibi en çok ağırlığa sahip olan cerrahlar ile ilgili faktörler süreçte çok etkili olmaktadır. Cerrahların çalışma süreleri elde edilen model sonuçlarında da görüldüğü gibi çizelgeleme süreçlerinde önemli faktörlerdendir. Bu faktörlere dikkat edilerek hazırlanan çizelgeler ile ameliyathanelerden elde edilen verimlerin artırılması mümkün olabilmektedir.

Hastanelerde doğru yapılan ameliyathane çizelgeleri ile hastane kaynaklarının kullanımında öngörülen sapmaları azaltmaya olanak sağlanabilmektedirler. Ameliyathanelerde gerçekleştirilen faaliyet geniş zaman çerçevesinde incelendiğinde hastanenin diğer birçok bölümündeki faaliyetleri de etkilemektedir. Bu yüzden yapılacak çizelgelerin etkinliği ve verimliliği ön plana çıkmaktadır. Yapılan bu tez çalışmasının ileride yapılacak olan çalışmalara bir örnek olması amaçlanmıştır. Kısıt programlama ve hedef programlama entegrasyonu ile çizelgelerde etkinliğin artırılması literatüre katkı sağlanmıştır. Bu iki entegrasyon ile diğer çalışmalardan ayrılarak gerçekleştirilmesi istenilen amaçlar senaryolaştırılmıştır. İlerleyen çalışmalarda farklı kısıtların eklenmesiyle doktorların çalışma durumlarındaki özel koşulların dikkate alınması ya da cerrahların tercihlerine göre operasyonlarda çok ölçütlü karar verme yöntemleri kullanılarak önceliklendirme ile atamaların yapılması veya personeller ile ilgili özel durumların kısıtlara yansıtılması gibi çeşitli durumlar

göz önünde bulundurulabilir. Ayrıca modellemelerde istenmeyen durumlar için ceza maliyeti eklenerek çizelgelerin etkinliği artırılabilir.



KAYNAKLAR

- Abdallah, M., Kapelan, Z., Iterative extended lexicographic goal programming method for fast and optimal pump scheduling in water distribution networks. *Journal of Water Resources Planning and Management* 143(11): 04017066, 2017.
- Abedini, A., W. Li, Ye, H., An optimization model for operating room scheduling to reduce blocking across the perioperative process. *Procedia Manufacturing* 10: 60-70, 2017.
- Adan, I., Bekkers, J., Dellaert, N., Jeunet, J., Vissers, J., Improving operational effectiveness of tactical master plans for emergency and elective patients under stochastic demand and capacitated resources. *European Journal of Operational Research* 213(1): 290-308, 2011.
- Adan, I., Bekkers, J., Dellaert, N., Vissers, J., Yu, X., Patient mix optimisation and stochastic resource requirements: A case study in cardiothoracic surgery planning. *Health care management science* 12(2): 129, 2009.
- Addis, B., Carello, G., Grosso, A., Tanfani, E., Operating room scheduling and rescheduling: a rolling horizon approach. *Flexible Services and Manufacturing Journal* 28(1-2): 206-232, 2016.
- Agnetis, A., Coppi, A., Corsini, M., Dellino, G., Meloni, C., Pranzo, M., A decomposition approach for the combined master surgical schedule and surgical case assignment problems. *Health care management science* 17(1): 49-59, 2014.
- Al-Refaie, A., Judeh, M., Chen, T., Optimal multiple-period scheduling and sequencing of operating room and intensive care unit. *Operational Research*: 1-26, 2017

- Alağaç, H. M., Karma Modelli Montaj Hattı Dengeleme Problemi için Kısıt Programlama Modeli ve Arama Stratejileri, Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara, 2017.
- Allen, R. W., Taaffe, K.M., G. Ritchie, G., Surgery Rescheduling Using Discrete Event Simulation: A Case Study. *Proceedings of the 2014 Winter Simulation Conference, IEEE Press*, 2014.
- Apt, K., Principles Of Constraint Programming, Cambridge university press, Birleşik Krallık, 2003.
- Arenas, M., Bilbao, A., Caballero, R., Gómez, T., Rodriguez, M., Ruiz, F., Analysis via goal programming of the minimum achievable stay in surgical waiting lists." *Journal of the Operational Research society* 53(4): 387-396, 2002.
- Aringhieri, R., Duma, D., The optimization of a surgical clinical pathway. *Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications*, Springer: 313-331, 2015
- Aringhieri, R., Landa, P., Soriano, P., Tànfani, E., Testi, A., A two level metaheuristic for the operating room scheduling and assignment problem. *Computers & Operations Research* 54: 21-34, 2015.
- Aringhieri, R., Landa, P., Tànfani, E., Assigning surgery cases to operating rooms: A VNS approach for leveling ward beds occupancies. *Electronic Notes in Discrete Mathematics* 47: 173-180, 2015.
- Arnaut, J.-P. M., Kulbashian, S., Maximizing the Utilization of Operating Rooms With Stochastic Times Using Simulation. *Proceedings of the 40th conference on winter simulation, Winter Simulation Conference*, 2008.

- Atighehchian, A., Sepehri, M. M., Shadpour, P., Operating room scheduling in teaching hospitals: a novel stochastic optimization model. *International Journal of Hospital Research* 4(4): 171-176, 2015.
- Augusto, V., Xie, X., Perdomo, V., Operating theatre scheduling using Lagrangian relaxation. *European Journal of Industrial Engineering* 2(2): 172-189, 2008.
- Augusto, V., Xie, X., Perdomo, V., Operating theatre scheduling with patient recovery in both operating rooms and recovery beds." *Computers & Industrial Engineering* 58(2): 231-238, 2010.
- Azaiez, M. N., Al Sharif, S. S., A 0-1 goal programming model for nurse scheduling. *Computers & Operations Research* 32(3): 491-507, 2005.
- Badri, M. A., Davis, D. L., Davis, D. F., Hollingsworth, J., A multi-objective course scheduling model: Combining faculty preferences for courses and times. *Computers & operations research* 25(4): 303-316, 1998.
- Baesler, F., Gatica, J., Correa, R., Simulation optimisation for operating room scheduling. *Int J Simul Model* 4(2): 215-226, 2015.
- Bağ, N., Özdemir, N. M., Eren, T., 0-1 Hedef programlama ve ANP yöntemi ile hemşire çizelgeleme problemi çözümü. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi* 4(1): 2-6, 2012.
- Bai, M., Storer, R. H., Tonkay, G. L., A sample gradient-based algorithm for a multiple-or and pacu surgery scheduling problem. *IIE Transactions* 49(4): 367-380, 2017
- Bam, M., Denton, B. T., Van Oyen, M. P., Cowen, M. E., Surgery scheduling with recovery resources. *IIE Transactions* 49(10): 942-955, 2017.

- Banditori, C., Cappanera, P., Visintin, F., A combined optimization–simulation approach to the master surgical scheduling problem. *IMA Journal of Management Mathematics* 24(2): 155-187, 2013
- Batun, S., Denton, B. T., Huschka, T. R., Schaefer, A. J., Operating room pooling and parallel surgery processing under uncertainty. *INFORMS journal on Computing* 23(2): 220-237, 2011.
- Bedir, N., Eren, T., Dizdar, E. N., Ergonomik personel çizelgeleme ve perakende sektöründe bir uygulama. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi* 5(3): 657-674, 2017.
- Beliën, J., Demeulemeester, E., Building cyclic master surgery schedules with leveled resulting bed occupancy. *European Journal of Operational Research* 176(2): 1185-1204, 2007.
- Beliën, J., Demeulemeester, E., A branch-and-price approach for integrating nurse and surgery scheduling. *European journal of operational research* 189(3): 652-668, 2008.
- Beliën, J., Demeulemeester, E., Cardoen, B., Visualizing the demand for various resources as a function of the master surgery schedule: A case study. *Journal of medical systems* 30(5): 343, 2006.
- Beliën, J., Demeulemeester, E., Cardoen, B., A decision support system for cyclic master surgery scheduling with multiple objectives. *Journal of scheduling* 12(2): 147, 2009.
- Bhattacharya, U., A chance constraints goal programming model for the advertising planning problem. *European Journal of Operational Research* 192(2): 382-395, 2009.

- Blake, J. T., Dexter, F., Donald, J., Operating room managers' use of integer programming for assigning block time to surgical groups: a case study. *Anesthesia & Analgesia* 94(1): 143-148, 2002.
- Bouguerra, A., Sauvey, C., Sauer, N., Online Assignment Strategies for Emergent, Urgent And Work-In-Cases Surgeries in an Operating Theatre. Control, *Decision and Information Technologies (CoDIT), 2016 International Conference on, IEEE, 2016*
- Bourdais, S., Galinier, P., Pesant, G., HIBISCUS: A Constraint Programming Application To Staff Scheduling In Health Care. *International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming, Springer, 2003.*
- Bowers, J., Mould, G., Managing uncertainty in orthopaedic trauma theatres. *European Journal of Operational Research* 154(3): 599-608, 2004.
- Büyükyazıcı, M., Analitik Ağ Süreci, Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 2000.
- Cappanera, P., Visintin, C. F., Banditori, Addressing conflicting stakeholders' priorities in surgical scheduling by goal programming. *Flexible Services and Manufacturing Journal: 1-20, 2016.*
- Cappanera, P., Visintin, C. F., Banditori, A goal-programming approach to the master surgical scheduling problem. *Health Care Systems Engineering for Scientists and Practitioners, Springer: 155-166, 2016.*
- Cardoen, B., Demeulemeester, E., Beliën, J., Operating room planning and scheduling: A literature review. *European journal of operational research* 201(3): 921-932, 2010.
- Cayirli, T., Veral, E., Outpatient scheduling in health care: a review of literature. *Production and operations management* 12(4): 519-549, 2003.

- Chaabane, S., Meskens, N., Guinet, M. A., Laurent, Comparison of two methods of operating theatre planning: application in Belgian hospital." *Journal of Systems Science and Systems Engineering* 17(2): 171-186, 2008.
- Chandoul, W., Hammadi, S., Camus, H., Zgaya, H., Di Pompeo, C., Trincaretto, F., (2012). Evolutionary Approach for Multi-Objective Scheduling in Surgical Unit. *Conférence Francophone Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers (GISEH 2012)*, 2012.
- Charnes, A., Cooper, W., Management Models and Industrial Applications of Linear Programming. John Wiley and Sons, New York, 1961.
- Clavel, D., Mahulea, C., Albareda, J., Silva, M., Operation Planning of Elective Patients in an Orthopedic Surgery Department. *Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 2016 IEEE 21st International Conference on, IEEE*, 2016.
- Conforti, D., Guerriero, F., Guido, R., A Multi-Objective Block Scheduling Model for the Management of Surgical Operating Rooms: New Solution Approaches Via Genetic Algorithms. *Health Care Management (WHCM), 2010 IEEE Workshop on, IEEE*, 2010.
- Çekiç, B., Ameliyathanelerin çizelgelenmesi, bir karışık tamsayılı programlama yaklaşımı. *Verimlilik Dergisi* 2: 7-28, 2015.
- Çivril, H., Hemşire Çizelgeleme Problemlerinin Genetik Algoritma ile Çözümü, Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 2009.
- De Silva, A., Combining constraint programming and linear programming on an example of bus driver scheduling. *Annals of Operations Research* 108(1-4): 277-291, 2001.

- Dellaert, N., Jeunet, J., A variable neighborhood search algorithm for the surgery tactical planning problem. *Computers & Operations Research* 84: 216-225, 2017.
- Denton, B., Viapiano, J., Vogl, A., Optimization of surgery sequencing and scheduling decisions under uncertainty." *Health care management science* 10(1): 13-24, 2007.
- Denton, B. T., Rahman, A. S., Nelson, H., Bailey, A. C., Simulation of A Multiple Operating Room Surgical Suite. *Simulation Conference, 2006. WSC 06. Proceedings of the Winter, IEEE, 2006.*
- Di Martinelly, C., Baptiste, P., Maknoon, M., An assessment of the integration of nurse timetable changes with operating room planning and scheduling. *International Journal of Production Research* 52(24): 7239-7250, 2014.
- Dios, M., Molina-Pariente, J. M., Fernandez-Viagas, V., Andrade-Pineda, J. L., Framinan, J. M., A decision support system for operating room scheduling. *Computers & Industrial Engineering* 88: 430-443, 2015.
- Duma, D., Aringhieri, R., An online optimization approach for the real time management of operating rooms." *Operations Research for Health Care* 7: 40-51, 2015.
- Duma, D., Aringhieri, R., Aringhieri, The real time management of operating rooms. *Operations Research Applications in Health Care Management, Springer: 55-79, 2018.*
- Erdem, E., Qu, X., Shi, J., Rescheduling of elective patients upon the arrival of emergency patients. *Decision Support Systems* 54(1): 551-563, 2012.

- Eren, T., Kodanlı, E., Altundağ, B., Malkoç, S. K., Ünlüsoy, S., Biçer, İ., Tutuk, K.,
Ameliyathane çizelgeleme ve örnek uygulama. *Ekonomi, İşletme, Siyaset ve Uluslararası İlişkiler Dergisi* 2(1): 71-85 2016.
- Eren, T., Ünal, F. M., Hedef programlama ile nöbet çizelgeleme probleminin çözümü." *Academic Platform-Journal of Engineering and Science* 4(1), 2016.
- Eren, T., Varlı, E., Vardiya Çizelgeleme Problemi ve Bir Örnek Uygulama." *International Journal Of Informatics Technologies* 10(2): 185, 2017.
- Eren, T., Varlı, E., Aktürk, M. S., Tam gün vardiyalı ve özel izin istekli hemşire çizelgeleme probleminin hedef programlama ile çözümü. *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 7(2): 1-16, 2017.
- Erkol, Ü., Ağırbaş, İ., Hastanelerde maliyet analizi ve faaliyet tabanlı maliyetleme. *Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası* 64(02): 087-095, 2011.
- Farzad, G., Mohammad, S. M., A stochastic surgery sequencing model considering the moral and human virtues. *Modern Applied Science* 10(9): 68, 2016.
- Fei, H., Chu, C., Meskens, N., Solving a tactical operating room planning problem by a column-generation-based heuristic procedure with four criteria. *Annals of Operations Research* 166(1): 91, 2009.
- Fei, H., Chu, C., Meskens, N., Artiba, A., Solving surgical cases assignment problem by a branch-and-price approach. *International Journal of Production Economics* 112(1): 96-108, 2008.
- Fei, H., Meskens, N., Chu, C., An Operating Theatre Planning and Scheduling Problem in the Case of A" Block Scheduling" Strategy. *Service Systems and Service Management, International Conference on, IEEE*, 2006.

- Fei, H., Meskens, N., Chu, C., A planning and scheduling problem for an operating theatre using an open scheduling strategy. *Computers & Industrial Engineering* 58(2): 221-230, 2010.
- Flavell, R., A new goal programming formulation. *Omega* 4(6): 731-732, 1976.
- Focacci, F., Laburthe, F., Lodi, A., Local search and constraint programming. *Handbook of metaheuristics*, Springer: 369-403, 2003.
- Fügener, A., An integrated strategic and tactical master surgery scheduling approach with stochastic resource demand. *Journal of Business Logistics* 36(4): 374-387, 2015.
- Fügener, A., Hans, E. W., Kolisch, R., Kortbeek, N., Vanberkel, P. T., Master surgery scheduling with consideration of multiple downstream units. *European Journal Of Operational Research* 239(1): 227-236, 2014.
- Gartner, D., Kolisch, R., Scheduling the hospital-wide flow of elective patients. *European Journal of Operational Research* 233(3): 689-699, 2014.
- Gerami, F., Saidi-Mehrabad, M., Stochastic reactive scheduling model for operating rooms considering the moral and human virtues. *Applied Ecology And Environmental Research* 15(3): 563-592, 2017.
- Ghazalbash, S., Sepehri, M. M., Shadpour, P., Atighehchian, A., Operating room scheduling in teaching hospitals. *Advances in Operations Research* 2012: 1-16, 2012.
- Ghazalbash, S., Sepehri, M. M., Shadpour, P., Atighehchian, A., Operating room scheduling in teaching hospitals. *Advances in Operations Research* 2012, 2012

- Goel, V., Slusky, M., van Hoes, W.-J., Furman, K. C., Shao, Y., Constraint programming for LNG ship scheduling and inventory management." *European Journal of Operational Research* 241(3): 662-673, 2015.
- Gomes, C., Almada-Lobo, B., Borges, J., Soares, C., Integrating Data Mining and Optimization Techniques on Surgery Scheduling. *International Conference on Advanced Data Mining and Applications, Springer, 2012.*
- Göktaş, B., Hastanemiz Ameliyathanesinde İş Akışı, Tıpta Uzmanlık. Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 2012.
- Guda, H., Dawande, M., Janakiraman, G., Jung, K. S., Optimal policy for a stochastic scheduling problem with applications to surgical scheduling. *Production and Operations Management* 25(7): 1194-1202, 2016.
- Guerriero, F., Guido, R., Operational research in the management of the operating theatre: a survey. *Health care management science* 14(1): 89-114, 2011.
- Guido, R., Conforti, D., A hybrid genetic approach for solving an integrated multi-objective operating room planning and scheduling problem. *Computers & Operations Research* 87: 270-282, 2017.
- Guinet, A., Chaabane, S., Operating theatre planning. *International Journal of Production Economics* 85(1): 69-81, 2003.
- Güler, M. G., A hierarchical goal programming model for scheduling the outpatient clinics. *Expert Systems with Applications* 40(12): 4906-4914, 2013.
- Güler, M. G., İdi, K., Güler, E. Y., A goal programming model for scheduling residents in an anesthesia and reanimation department. *Expert Systems with Applications* 40(6): 2117-2126, 2013.

- Güngör, M., Umarusman, N., Güneş, M., Sermaye kısıtları altında hedef programlama ve bulanık hedef programlamanın en iyi fiyat belirleme süreçlerinde kullanılması ve bir uygulama. 1-8, 2011.
- Gür, Ş., Eren, T., Application of operational research techniques in operating room scheduling problems: literature overview. *Journal of Healthcare Engineering*, (In Press.), 2018.
- Hachicha, H. K., Mansour, F. Z., Two-MILP models for scheduling elective surgeries within a private healthcare facility. *Health care management science*: 1-17, 2016.
- Hamilton, D.M., Breslawski, S., Operating Room Scheduling. *AORN Journal*, 59(3): 665-680, 1994.
- Hamurcu, M., Ünal, F., Eren, T., The Solution Of Shift Scheduling Problem By Using Analytic Network Process and Goal Programming Method. *The International Conference on Multiple Objective Programming*, 2015.
- Hans, E., Wullink, G., Van Houdenhoven, M., Kazemier, G., Robust surgery loading. *European Journal of Operational Research* 185(3): 1038-1050, 2008.
- Hanset, A., Meskens, N., Duvivier, D., Using Constraint Programming to Schedule an Operating Theatre. *Health Care Management (WHCM), 2010 IEEE Workshop on, IEEE*, 2010.
- Hashemi Doulabi, S. H., Rousseau, L.-M., Pesant, G., A constraint-programming-based branch-and-price-and-cut approach for operating room planning and scheduling. *INFORMS Journal on Computing* 28(3): 432-448, 2016.
- Herring, W. L., Herrmann, J. W., A stochastic dynamic program for the single-day surgery scheduling problem. *IIE Transactions on Healthcare Systems Engineering* 1(4): 213-225, 2011.

- Herring, W. L., Herrmann, J. W., The single-day surgery scheduling problem: sequential decision-making and threshold-based heuristics. *OR spectrum* 34(2): 429-459, 2012.
- Hosseini, N., Taaffe, K., Evaluation of Optimal Scheduling Policy for Accommodating Elective and Non-Elective Surgery Via Simulation. *Proceedings of the 2014 Winter Simulation Conference, IEEE Press*, 2014.
- Hosseini, N., Taaffe, K. M., Allocating operating room block time using historical caseload variability. *Health care management science* 18(4): 419-430, 2015.
- Hotvedt, J. E., Application of linear goal programming to forest harvest scheduling. *Journal of Agricultural and Applied Economics* 15(1): 103-108, 1983.
- Huang, G. X., Xiang, W., Li, C., Zheng, Q., Zhou, S., Shen, B. Q., Chen, S. F., Surgical scheduling based on hybrid flow-shop scheduling. *Applied Mechanics and Materials, Trans Tech Publ*, 201: 1004-1007, 2012.
- IBM ILOG CPLEX, "12.6." CPLEX User's Manual, 2014.
- Jeang, A., Chiang, A.-J., Economic and quality scheduling for effective utilization of operating rooms. *Journal of medical systems* 36(3): 1205-1222, 2012.
- Jebali, A., Diabat, A., A Chance-constrained operating room planning with elective and emergency cases under downstream capacity constraints. *Computers & Industrial Engineering* 114: 329-344, 2017.
- Jinturkar, A., Deshmukh, S., A fuzzy mixed integer goal programming approach for cooking and heating energy planning in rural India. *Expert Systems with Applications* 38(9): 11377-11381, 2011.

- Kao, C., Brodie, J. D., Goal programming for reconciling economic, even-flow, and regulation objectives in forest harvest scheduling. *Canadian Journal of Forest Research* 9(4): 525-531, 1979.
- Karabacak, G., Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve Analitik Ağ Süreci ile Mühimmat Seçimi, Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 2012.
- Kharraja, S., Albert, P., Chaabane, S., Block Scheduling: Toward A Master Surgical Schedule. *Service Systems and Service Management, International Conference on, IEEE*, 2006.
- Kim, S.-C., Horowitz, I., Scheduling hospital services: the efficacy of elective-surgery quotas. *Omega* 30(5): 335-346, 2002.
- Kırış, Ş., AHP and multichoice goal programming integration for course planning. *International Transactions in Operational Research* 21(5): 819-833, 2014.
- Kougias, P., Tiwari, V., Berger, D. H., Use of simulation to assess a statistically driven surgical scheduling system. *Journal of Surgical Research* 201(2): 306-312, 2016.
- Körpeli, S., Şahin, B., Eren, T., Hedef programlama ile menü planlaması: Bir örnek uygulama. *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 2(1), 2012.
- Krepels, K.-H., Panchenko, A., An Approach For Automated Surgery Scheduling. *Proceedings Of The Sixth International Conference On The Practice And Theory Of Automated Timetabling*, 2006.
- Kwak, N., Lee, C., A linear goal programming model for human resource allocation in a health-care organization. *Journal of Medical Systems* 21(3): 129-140, 1997.

- Lahijanani, B., Zarandi, M. F., Farahani, F. V., Proposing A Model For Operating Room Scheduling Based on Fuzzy Surgical Duration. *Fuzzy Information Processing Society (NAFIPS), Annual Conference of the North American, IEEE*, 2016.
- Lamiri, M., Dreoj, J., Xie, X., Operating Room Planning With Random Surgery Times. *Automation Science and Engineering, CASE, IEEE International Conference on, IEEE*, 2007.
- Lamiri, M., Xie, X., Dolgui, A., Grimaud, F., A stochastic model for operating room planning with elective and emergency demand for surgery. *European Journal of Operational Research* 185(3): 1026-1037,2008.
- Lamiri, M., Xie, X., Zhang, S., Column generation approach to operating theater planning with elective and emergency patients. *Iie Transactions* 40(9): 838-852, 2008.
- Landa, P., Aringhieri, R., Soriano, P., Tànfani, E., Testi, A., A hybrid optimization algorithm for surgeries scheduling. *Operations Research for Health Care* 8: 103-114, 2016.
- Landa, P., Sonnessa, M., Tànfani, E., Testi, A., Multiobjective bed management considering emergency and elective patient flows. *International Transactions in Operational Research* 25(1): 91-110, 2018.
- Lee, C., Kwak, N., Information resource planning for a health-care system using an AHP-based goal programming method. *Journal of the operational research society* 50(12): 1191-1198, 1999.
- Lee, S. M., Goal Programming For Decision Analysis, Auerbach Publishers Philadelphia, 1972.

- Levary, R. R., Choi, T. S., A linear goal programming model for planning the exports of emerging countries. *Journal of the Operational Research Society* 34(11): 1057-1067, 1983
- Li, F., Gupta, D., Potthoff, S., Improving operating room schedules. *Health care management science* 19(3): 261-278, 2016.
- Li, W., Mitchell, V. L., Nault, B. R., Inconsistent Objectives in Operating Room Scheduling. *IIE Annual Conference. Proceedings, Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE)*, 2014.
- Liang, F., Guo, Y., Fung, R. Y., Simulation-based optimization for surgery scheduling in operation theatre management using response surface method. *Journal of medical systems* 39(11): 159, 2015.
- Lin, Q.-L., Liu, L., Liu, H.-C., Wang, D.-J., Integrating hierarchical balanced scorecard with fuzzy linguistic for evaluating operating room performance in hospitals. *Expert Systems with Applications* 40(6): 1917-1924, 2013.
- Liu, Y., Chu, C., Wang, K., Aggregated State Dynamic Programming For Operating Theater Planning. *Automation Science and Engineering (CASE), IEEE Conference on, IEEE*, 2010.
- Liu, Y., Chu, C., Wang, K., A new heuristic algorithm for the operating room scheduling problem. *Computers & Industrial Engineering* 61(3): 865-871, 2011.
- Luo, L., Luo, Y., You, Y., Cheng, Y., Shi, Y., Gong, R., A MIP model for rolling horizon surgery scheduling. *Journal of medical systems* 40(5): 127, 2016.
- Maaroufi, F., Camus, H., Korbaa, O., A Mixed Integer Linear Programming Approach to Schedule the Operating Room. *Systems, Man, and Cybernetics (SMC), IEEE International Conference on, IEEE*, 2016.

- Mannino, C., Nilssen, J., Nordlander, T. E., A pattern based, robust approach to cyclic master surgery scheduling. *Journal of Scheduling* 15(5): 553-563, 2012.
- Marques, I., Captivo, M. E., Different stakeholders' perspectives for a surgical case assignment problem: Deterministic and robust approaches. *European Journal of Operational Research* 261(1): 260-278, 2017.
- Marques, I., Captivo, M. E., Pato, M. V., Exact and heuristic approaches for elective surgery scheduling." *Proceedings of the CLAIO/SBPO*: 3729-3738, 2012.
- Marques, I., Captivo, M. E., Pato, M. V., An integer programming approach to elective surgery scheduling. *OR spectrum* 34(2): 407-427, 2012.
- Marques, I., Captivo, M. E., Pato, M. V., Scheduling elective surgeries in a Portuguese hospital using a genetic heuristic. *Operations Research for Health Care* 3(2): 59-72, 2014.
- Marques, I., Captivo, M. E., Pato, M. V., A bicriteria heuristic for an elective surgery scheduling problem. *Health care management science* 18(3): 251-266, 2015.
- Mateus, C., Marques, I., Captivo, M. E., Local search heuristics for a surgical case assignment problem. *Operations Research for Health Care*: 1-11, 2017.
- Meskens, N., Duvivier, D., Hanset, A., Multi-objective operating room scheduling considering desiderata of the surgical team. *Decision Support Systems* 55(2): 650-659, 2013.
- Min, D., Yih, Y., Scheduling elective surgery under uncertainty and downstream capacity constraints. *European Journal of Operational Research* 206(3): 642-652, 2010.

- Molina-Pariente, J. M., Fernandez-Viagas, V., Framinan, J. M., Integrated operating room planning and scheduling problem with assistant surgeon dependent surgery durations. *Computers & Industrial Engineering* 82: 8-20, 2015.
- Monteiro, T., Meskens, N., Wang, T., Surgical scheduling with antagonistic human resource objectives. *International Journal of Production Research* 53(24): 7434-7449, 2015.
- Neyshabouri, S., Berg, B. P., Two-stage robust optimization approach to elective surgery and downstream capacity planning. *European Journal of Operational Research* 260(1): 21-40, 2017.
- Nino, L., Harris, S., Claudio, D., A Simulation of Variability-Oriented Sequencing Rules On Block Surgical Scheduling. *Proceedings of the 2016 Winter Simulation Conference, IEEE Press*, 2016.
- Nouaouri, I., Nicolas, J.-C., Jolly, D., Operating room scheduling under unexpected events: the case of a disaster. *Journal of Applied Operational Research* 3(3): 163-176, 2011.
- Ogulata, S. N., Erol, R., A hierarchical multiple criteria mathematical programming approach for scheduling general surgery operations in large hospitals. *Journal of Medical Systems* 27(3): 259-270, 2003.
- Ortuño, M. T., Vitoriano, B., A goal programming approach for farm planning with resources dimensionality. *Annals of operations research* 190(1): 181-199, 2011.
- Ozkarahan, I., Allocation of surgeries to operating rooms by goal programming. *Journal of Medical Systems* 24(6): 339-378, 2000.

- Özder, E. H., Tedarikçi Seçiminde Analitik Ağ Süreci ve Hedef Programlama Tekniklerinin Entegrasyonu: Örnek Olay Çalışması. Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, 2015.
- Penn, M., Potts, C. N., Harper, P. R., Multiple criteria mixed-integer programming for incorporating multiple factors into the development of master operating theatre timetables. *European Journal of Operational Research* 262(1): 194-206, 2017.
- Persson, M., Persson, J. A., Optimization Modelling Of Hospital Operating Room Planning: Analyzing Strategies and Problem Settings. *Operational Research for Health Policy: Making Better Decisions: Proceedings of the 31st Annual Conference of the European Working Group on Operational Research Applied to Health Services, Peter Lang, 2007.*
- Pham, D.N., Klinkert, A., Surgical case scheduling as a generalized job shop scheduling problem. *European Journal of Operational Research* 185(3): 1011-1025, 2008.
- Pinedo, M., Planning And Scheduling In Manufacturing And Services. Springer, New York, 2005.
- Pradenas, L., Vidal, F., Parada, L., Melgarejo, E., An algorithm to surgery scheduling and surgeons assignment in a public hospital. *Revista del Instituto Chileno de Investigación de Operaciones* 2(1): 20-29, 2012.
- Pulido, R., Aguirre, A. M., Ibáñez-Herrero, N., Ortega-Mier, M., García-Sánchez, Á., Méndez, C. A., Optimization methods for the operating room management under uncertainty: Stochastic programming vs. decomposition approach. *J Appl Oper Res* 201(6): 3, 2014.
- Rachuba, S., Werners, B., A fuzzy multi-criteria approach for robust operating room schedules. *Annals of Operations Research* 251(1-2): 325-350, 2017.

- Riise, A., Burke, E., Mannino, C., A hybrid evolutionary algorithm for the generalized surgery scheduling problem. *PATAT 2012*: 426, 2012.
- Riise, A., Burke, E. K., Local search for the surgery admission planning problem. *Journal of Heuristics* 17(4): 389-414, 2011.
- Riise, A., Mannino, C., Burke, E. K., Modelling and solving generalised operational surgery scheduling problems. *Computers & Operations Research* 66: 1-11, 2016.
- Roland, B., Di Martinelly, C., Riane, F., Operating Theatre Optimization: A Resource-Constrained Based Solving Approach. *Service Systems and Service Management, 2006 International Conference on, IEEE*, 2006.
- Romero, C., Handbook Of Critical Issues In Goal Programming, Elsevier, New York, 2014.
- Roshanaei, V., Luong, C., Aleman, D. M., Urbach, D., Propagating logic-based Benders' decomposition approaches for distributed operating room scheduling. *European Journal of Operational Research* 257(2): 439-455.
- Rubilar, I. C., Duran, R. M., A GRASP algorithm for the elective surgeries scheduling problem in a Chilean public hospital. *IEEE Latin America Transactions* 14(5): 2333-2338, 2016.
- Saadouli, H., Jerbi, B., Dammak, A., Masmoudi, L., Bouaziz, A., A stochastic optimization and simulation approach for scheduling operating rooms and recovery beds in an orthopedic surgery department." *Computers & Industrial Engineering* 80: 72-79, 2015.
- Saaty, T. L., The Analytic Network Process, RWS Publications, Pittsburg, PA, 1996.

- Samanlioglu, F., Ayag,, Z., Batili, B., Evcimen, E., Yilmaz, G., Atalay, O., Determining Master Schedule Of Surgical Operations By Integer Programming: A Case Study. *IIE Annual Conference. Proceedings, Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE)*, 2010.
- Santibáñez, P., Begen, M., Atkins, D., Surgical block scheduling in a system of hospitals: an application to resource and wait list management in a British Columbia health authority." *Health care management science* 10(3): 269-282, 2007.
- Schultz, J., Claudio, D., Variability Based Surgical Scheduling: A Simulation Approach. *Proceedings of the 2014 Winter Simulation Conference, IEEE Press*, 2014.
- Sciomachen, A., Tanfani, E., Testi, A., Simulation models for optimal schedules of operating theatres. *International Journal of Simulation* 6(12-13): 26-34, 2005.
- ShahabiKargar, Z., Khanna, S., Good, N., Sattar, A., Lind, J., O'Dwyer, J., Predicting Procedure Duration to Improve Scheduling of Elective Surgery. *Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence, Springer*, 2014.
- Sharma, D. K., Ghosh, D., Alade, J. A., A fuzzy goal programming approach for regional rural development planning. *Applied Mathematics and Computation* 176(1): 141-149, 2006.
- Siqueira, C. L., Arruda, E. F., Bahiense, L., Bahr, G. L., Motta, G. R., Long-term integrated surgery room optimization and recovery ward planning, with a case study in the Brazilian National Institute of Traumatology and Orthopedics (INTO). *European Journal of Operational Research* 264(3): 870-883, 2018.
- Souki, M., Operating theatre scheduling with fuzzy durations. *Journal of Applied Operational Research* 3(3): 177-191, 2011.

- Stuart, K., Koza, E., Reactive scheduling model for the operating theatre. *Flexible Services and Manufacturing Journal* 24(4): 400-421, 2012.
- Su, M.-C., Lai, S.-C., Wang, P.-C. Hsieh, Y.-Z., Lin, S.-C., A SOMO-based approach to the operating room scheduling problem., *Expert Systems with Applications* 38(12): 15447-15454, 2011.
- Subulan, K., Taşan, A. S., Baykasoğlu, A., A fuzzy goal programming model to strategic planning problem of a lead/acid battery closed-loop supply chain. *Journal of Manufacturing Systems* 37: 243-264, 2015.
- Sufahani, S., Ismail, Z., A Real Scheduling Problem for Hospital Operation Room." *Applied Mathematical Sciences* 8(114): 5681-5688, 2014.
- Sundari, V., Mardiyati, S., Solving Cyclical Nurse Scheduling Problem Using Preemptive Goal Programming. *AIP Conference Proceedings*, AIP Publishing, 2017.
- Sungur, B., Özgüven, C., Kariper, Y., Shift scheduling with break windows, ideal break periods, and ideal waiting times. *Flexible Services and Manufacturing Journal* 29(2): 203-222, 2017.
- Tan, Y., El Mekkawy, T., Peng, Q., Oppenheimer, L., Mathematical Programming For The Scheduling Of Elective Patients In The Operating Room Department. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association*, 2011.
- Tanfani, E., Testi, A., A pre-assignment heuristic algorithm for the master surgical schedule problem (MSSP). *Annals of Operations Research* 178(1): 105-119, 2010.
- Testi, A., Tanfani, E., Torre, G., A three-phase approach for operating theatre schedules. *Health Care Management Science* 10(2): 163-172, 2007.

- Topaloglu, S., A multi-objective programming model for scheduling emergency medicine residents. *Computers & Industrial Engineering* 51(3): 375-388, 2006.
- Trilling, L., Guinet, A., Le Magny, D., Nurse scheduling using integer linear programming and constraint programming. *IFAC Proceedings Volumes* 39(3): 671-676, 2006.
- Türkoğlu, S. P., Karar vermede hedef programlama yöntemi ve uygulamaları. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 1(2): 29-46, 2017.
- Ünsal, Ö., Constraint Programming Approach to Quay Crane Scheduling Problem. Yüksek Lisans Tezi. Koç Üniversitesi, İstanbul, 2013.
- van Essen, J. T., Hans, E. W., Hurink, J. L., Oversberg, A., Minimizing the waiting time for emergency surgery. *Operations Research for Health Care* 1(2-3): 34-44, 2012.
- van Essen, J. T., Hurink, J. L., Hartholt, W., van den Akker, B. J., Decision support system for the operating room rescheduling problem. *Health care management science* 15(4): 355-372, 2012.
- Van Huele, C., Vanhoucke, M., Analysis of the integration of the physician rostering problem and the surgery scheduling problem. *Journal of medical systems* 38(6): 43, 2014.
- Van Huele, C., Vanhoucke, M., Operating theatre modelling: integrating social measures. *Journal of Simulation* 9(2): 121-128, 2015.

- Van Oostrum, J. M., Bredenhoff, E., Hans, E. W., Suitability and managerial implications of a master surgical scheduling approach. *Annals of Operations Research* 178(1): 91-104, 2010.
- van Oostrum, J. M., Parlevliet, T., Wagelmans, A. P., Kazemier, G., A method for clustering surgical cases to allow master surgical scheduling. *INFOR: Information Systems and Operational Research* 49(4): 254-260, 2011.
- van Oostrum, J. M., Van Houdenhoven, M., Hurink, J. L., Hans, E. W., Wullink, G., Kazemier, G., A master surgical scheduling approach for cyclic scheduling in operating room departments. *OR spectrum* 30(2): 355-374, 2008.
- van Veen-Berkx, E., Bitter, J., Kazemier, G., Scheffer, G. J., Gooszen, H. G., Multidisciplinary teamwork improves use of the operating room: a multicenter study. *Journal of the American College of Surgeons* 220(6): 1070-1076, 2015.
- Vancroonenburg, W., Smet, P., Bergh, G. V., A two-phase heuristic approach to multi-day surgical case scheduling considering generalized resource constraints. *Operations Research for Health Care* 7: 27-39, 2015.
- Varlı, E., Ergişi, B., Eren, T., Özel kısıtlı hemşire çizelgeleme problemi: hedef programlama yaklaşımı. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 0 (49): 189-206, 2017.
- Vijayakumar, B., Parikh, P. J., Scott, R., A. Barnes, J. Gallimore, A dual bin-packing approach to scheduling surgical cases at a publicly-funded hospital. *European Journal of Operational Research* 224(3): 583-591, 2013.
- Visintin, F., Cappanera, P., Banditori, C., Evaluating the impact of flexible practices on the master surgical scheduling process: an empirical analysis. *Flexible Services and Manufacturing Journal* 28(1-2): 182-205, 2016.

- Visintin, F., Cappanera, P., Banditor, C., Danese, P., Development and implementation of an operating room scheduling tool: an action research study. *Production Planning & Control* 28(9): 758-775, 2017.
- Vissers, J., Adan, I. J., Bekkers, J. A., Patient mix optimization in tactical cardiothoracic surgery planning: a case study. *IMA journal of Management Mathematics* 16(3): 281-304, 2005.
- Wachtel, R. E., Dexter, F., Reducing tardiness from scheduled start times by making adjustments to the operating room schedule. *Anesthesia & Analgesia* 108(6): 1902-1909, 2009.
- Wang, B., Han, X., Zhang, X., Zhang, S., Predictive-reactive scheduling for single surgical suite subject to random emergency surgery. *Journal of Combinatorial Optimization* 30(4): 949-966, 2015.
- Wang, D., Liu, F., Yin, Y., Wang, J., Wang, Y., Prioritized surgery scheduling in face of surgeon tiredness and fixed off-duty period. *Journal of Combinatorial Optimization* 30(4): 967-981, 2015.
- Wang, D., Xu, J., A Fuzzy Multi-Objective Optimizing Scheduling For Operation Room In Hospital. *Industrial Engineering and Engineering Management, 2008. IEEM 2008. IEEE International Conference on, IEEE, 2008.*
- Wang, J., Xu, R., Surgical Scheduling With Participators' Behavior Considerations Under Multiple Resource Constraints. *Service Systems and Service Management (ICSSSM), 2017 International Conference on, IEEE, 2017.*
- Wang, T., Chan, F., Yang, T., The integration of group technology and simulation optimization to solve the flow shop with highly variable cycle time process: a surgery scheduling case study. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014.

- Wang, T., Meskens, N., Duvivier, D., A Comparison Of Mixed-Integer Programming And Constraint Programming Models For Scheduling Problem In Operating Theatres. *International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain*, 2012.
- Weil, G., Heus, K., Francois, P., Poujade, M., Constraint programming for nurse scheduling. *IEEE Engineering in medicine and biology magazine* 14(4): 417-422, 1995.
- Xiang, W., A multi-objective ACO for operating room scheduling optimization. *Natural Computing* 16(4): 607-617, 2017.
- Xiang, W., Yin, J., Lim, G., An ant colony optimization approach for solving an operating room surgery scheduling problem. *Computers & Industrial Engineering* 85: 335-345, 2015.
- Xiang, W., Yin, J., Lim, G., A short-term operating room surgery scheduling problem integrating multiple nurses roster constraints. *Artificial intelligence in medicine* 63(2): 91-106, 2015.
- Xiao, G., van Jaarsveld, W., Dong, M., J. van de Klundert, Models, algorithms and performance analysis for adaptive operating room scheduling. *International Journal of Production Research*: 1-25, 2017.
- Yahia, Z., Eltawil, A. B., Harraz, N. A., The operating room case-mix problem under uncertainty and nurses capacity constraints. *Health care management science* 19(4): 383-394, 2016.
- Yahia, Z., Iijima, J., Harraz, N. A., Eltawil, A. B., A design and engineering methodology for organization-based simulation model for operating room scheduling problems. *Simulation* 93(5): 363-378, 2017.

- Yang, Y., Shen, B., Gao, W., Liu, Y., Zhong, L., A surgical scheduling method considering surgeons' preferences. *Journal of Combinatorial Optimization* 30(4): 1016-1026, 2015.
- Yin, J., Xiang, W., Ant Colony Algorithm For Surgery Scheduling Problem. *International Conference in Swarm Intelligence*, Springer, 2012.
- Zhang, B., Murali, P., Dessouky, M., Belson, D., A mixed integer programming approach for allocating operating room capacity. *Journal of the Operational Research Society* 60(5): 663-673, 2009.
- Zhou, B.-h., Yin, M., Lu, Z.-q., An improved Lagrangian relaxation heuristic for the scheduling problem of operating theatres. *Computers & Industrial Engineering* 101: 490-503, 2016.
- Zhu, Y., Zhang, Y., Jiao, Z., Li, D., Surgical scheduling under patients' uncertain anesthesia recovery time. *Service Systems and Service Management (ICSSSM), 2015 12th International Conference on, IEEE*, 2015.
- Zonderland, M. E., Boucherie, R. J., Litvak, N., Vleggeert-Lankamp, C. L., Planning and scheduling of semi-urgent surgeries. *Health Care Management Science* 13(3): 256-267, 2010.