



**T.C.**  
**KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**AMELİYATHANE VE PERSONEL ÇİZELGELEME  
PROBLEMLERİ İÇİN YENİ ÇÖZÜM YAKLAŞIMLARI**

**ŞEYDA GÜR**

**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN**  
**Prof. Dr. Tamer EREN**

**KIRIKKALE-2023**





**T.C.  
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**AMELİYATHANE VE PERSONEL ÇİZELGELEME  
PROBLEMLERİ İÇİN YENİ ÇÖZÜM YAKLAŞIMLARI**

**ŞEYDA GÜR**

**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN  
Prof. Dr. Tamer EREN**

**KIRIKKALE-2023**

Şeyda GÜR tarafından hazırlanan “AMELİYATHANE VE PERSONEL ÇİZELGELEME PROBLEMLERİ İÇİN YENİ ÇÖZÜM YAKLAŞIMLARI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Tamer EREN

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kırıkkale Üniversitesi

İmza.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

Başkan : Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

İmza.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye : Prof. Dr. Diyar AKAY

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Hacettepe Üniversitesi

İmza.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye : Doç. Dr. Muhammed KARADENİZ

Tıp Fakültesi Kardiyoloji Anabilim Dalı, Kırıkkale Üniversitesi

İmza.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye : Doç. Dr. Hacı Mehmet ALAKAŞ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kırıkkale Üniversitesi

İmza.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: ...../...../.....

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Doktora Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Prof. Dr. Recep ÇALIN  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ETİK BEYANI

Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

**Şeyda GÜR**

# ÖZET

## AMELİYATHANE VE PERSONEL ÇİZELGELEME PROBLEMLERİ İÇİN YENİ ÇÖZÜM YAKLAŞIMLARI

Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Tamer EREN

Şubat 2023, 100 sayfa

Ameliyathaneler, sahip olduğu pahalı ekipman ve malzemeler ile hem gelir kalemlerinde hem gider kalemlerinde yüksek bir paya sahiptir. Bu birimlerde yapılan planlamaları etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Özellikle süreci en çok etkileyen faktörlerden biri olan operasyon sürelerindeki belirsizlik çizelgeleme aşamalarının karmaşıklığını arttırmaktadır. Bu çizelgeleme sürecini zorlaştıran ve dahil edilmesi gereken bir diğer faktör ise cerrahi ekibin varlığıdır.

Bu tezde ameliyathane çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Belirsizlik türlerinden operasyon sürelerinin belirsizliği çizelgeleme aşamasında stokastik olarak modellenmiştir. Problem beş farklı senaryo oluşturularak çözülmüştür. Çözüm sürecinde kısıt programlama ve hedef programlama yöntemleri kullanılmıştır. Kısıt programlama yönteminin mantıksal kısıtları modelleyebilme yeteneğinden hedef programlama yönteminin ise modele esneklik katabilme imkanından yararlanılmıştır. Belirsizliğin modellenmesi için şans kısıtlı yaklaşım kullanılmıştır. Önerilen model, ameliyathanelerin kullanım oranlarına ve çözümün etkinliğine göre değerlendirilmiştir. Sonuçlar, önerilen modelin etkili ve verimli çizelgeleme oluşturmada başarılı olduğunu göstermiştir.

**Anahtar kelimeler:** Ameliyathane çizelgeleme, kısıt programlama, hedef programlama, şans kısıtlı programlama

# ABSTRACT

## NEW APPROACHES TO OPERATING ROOM AND PERSONNEL SCHEDULING PROBLEMS

Kırıkkale University

Institute of Science and Technology

Department of Industrial Engineering, Ph.D. Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Tamer EREN

February 2023, 100 pages

Operating rooms have a high share in income and expense items with expensive equipment and materials. There are many factors affecting the planning made in these units. In particular, the uncertainty in operation times, one factor that most affects the process, increases the complexity of the scheduling stages. Another factor that complicates this scheduling process and should be included in the presence of the surgical team.

In this thesis, the operating room scheduling problem is discussed. The uncertainty of operation times, one of the uncertainty types, is modeled stochastically in the scheduling stage. The problem was solved by creating five different scenarios. Constraint programming and goal programming methods were used in the solution process. The ability of the constraint programming method to model logical constraints and the power of the goal programming method to add flexibility to the model was utilized. In addition, a chance-constrained approach was used to model uncertainty. The proposed model was evaluated according to the usage rates of the operating rooms and the effectiveness of the solution. The results showed that the proposed model successfully created effective and efficient scheduling.

**Keywords:** Operating room scheduling, constraint programming, goal programming, chance constrained programming.

## 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 Prof. Dr. Tamer EREN'e, çalışmalarım boyunca bilgi ve birikimini hiç esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Diyar AKAY,

Doç. Dr. H. Mehmet ALAKAŞ ve Sayın. Dr. Öğr. Üyesi Mehmet PINARBAŞI hocalarıma çok teşekkür ederim. Tez savunma jürisinde yer alan kıymetli görüşleri ile katkıda bulunan Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN ve Doç. Dr. Muhammed KARADENİZ hocalarıma teşekkür ederim.

Beni attığım her adımda destekleyen, doğru ve yanlış daima öğretici yollar ile gösteren, eğitim hayatım boyunca yanımda olan ve hep olacağını bildiğim başta annem, babam, canım ikizim ve en yakın arkadaşım canım ablama çok teşekkür ederim.



# İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER DİZİNİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>x</b>
<b>KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>xi</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. TEMEL KAVRAMLAR VE YÖNTEMLER</b> .....	<b>5</b>
2.1. Ameliyathane Çizelgeme Problemi .....	5
2.2. Şans Kısıtlı Programlama .....	7
2.3. Kısıt Programlama .....	8
2.4. Hedef Programlama .....	9
2.5. Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri .....	11
2.5.1. Analitik Ağ Süreci Yöntemi .....	11
2.5.2. PROMETHEE Yöntemi .....	15
<b>3. LİTERATÜR TARAMASI</b> .....	<b>18</b>
3.1. Çizelgeme Problemleri .....	21
3.1.1. Personel Çizelgeme Problemi .....	21
3.1.2. Ameliyathane ve Personel Çizelgeme Problemi .....	22
3.2. Karar Seviyelerine ve Performans Kriterlerine Göre Ameliyathane Çizelgeme .....	23
3.3. Planlama Stratejileri .....	30
3.4. Hasta Grubu ve Belirsizlik Türleri .....	31
3.5. Çözüm Teknikleri .....	34
3.6. Tezin Literatüre Katkısı .....	35
<b>4. AMELİYATHANE ve PERSONEL ÇİZELGELEME PROBLEMİ</b> .....	<b>38</b>
4.1. Problem Tanımı ve Varsayımlar .....	38

4.2. Operasyon Sürelerinin Belirsizliğinin Dikkate Alınması.....	43
4.2.1. Genel Blok Çizelgeleme Modeli .....	47
4.2.3. Ameliyathanelerin Uzmanlık Alanlarına Göre Ayrılması .....	48
4.2.4. Karşılaştırmalı sonuçlar.....	49
4.3. Operasyon Sürelerinin Belirsizliğini Etkileyen Faktörlerin Analizi .....	51
4.3.1. Operasyon Sürelerinin Belirsizliğini Etkileyen Faktörler .....	52
4.3.2. Kriterler Arasında Etkileşim ve İlişkiler .....	53
4.3.3. Kriterlerin İkili Karşılaştırma Matrisleri ile Değerlendirilmesi .....	54
4.3.4. Veri Matrisinin Oluşturulması .....	55
4.3.5. Çizelgelerin Oluşturulması.....	57
4.4. Cerrahların Dahil Olduğu Ameliyathane Çizelgeleme Problemi .....	61
4.5. Cerrahi Ekibin Dahil Olduğu Ameliyathane Çizelgeleme Problemi .....	65
4.6. Cerrahi Ekip İçerisinde Yer Alan Cerrahın Birden Fazla Operasyonu Dolaşması.....	72
<b>5. SONUÇ.....</b>	<b>77</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>81</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>97</b>

# ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>ÇİZELGE</u>	<u>Sayfa</u>
2. 1. Saaty'nin 1-9 skalası .....	13
2. 2. Örnek karşılaştırma matrisi .....	14
3. 1. Performans kriterlerine göre çalışmalar .....	26
3. 1. Performans kriterlerine göre çalışmalar (Devam) .....	27
3. 2. Ameliyathane yukarı ve aşağı üniteleri .....	29
3. 3. Belirsizlik türleri .....	32
3. 4. Hasta grupları .....	33
3. 5. Tezin literatüre katkısı .....	36
4. 1. Tez çalışmasında problemlerin özellikleri .....	39
4. 2. Operasyon süreleri .....	40
4. 3. Modellerdeki kullanım oranları .....	50
4. 4. Model sonuçlarının karşılaştırılması .....	50
4. 5. Belirsizliği etkileyen faktörler .....	52
4. 6. Örnek ikili karşılaştırma matrisi ("Hasta" Kümesinde "İşlem Zorluğu" düğümü ile karşılaştırmalar) .....	54
4. 7. Kriter ağırlıkları .....	54
4. 8. Hastaların kriterlere göre değerleri .....	56
4. 9. Her bir operasyonun CV değeri .....	58
4. 10. Model sonuçları .....	60
4. 11. Sonuçların karşılaştırılması .....	60
4. 12. Sonuçların karşılaştırılması .....	64
4. 13. Atama sonuçları .....	70
4. 14. Kullanım oranlarının karşılaştırılması .....	71
4. 15. Elde edilen sonuçlar .....	75

# ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
2. 1. Ağ yapısı örneği.....	13
2. 2. Tercih fonksiyonları.....	16
3. 1. Yıllara göre çalışmalar.....	19
3. 2. Yayın yerleri.....	19
3. 3. Çözüm teknikleri (Gür ve Eren, 2018).....	20
3. 4. Stokastik çalışmalarda kullanılan çözüm teknikleri.....	20
3. 5. Karar verme seviyeleri.....	24
4. 1. Operasyon sürecinin modeli.....	41
4. 2. Senaryo 2 uygulama adımları.....	51
4. 3. Kriterler arası ağ yapısı.....	53
4. 4. Akış şeması.....	66

## KISALTMALAR DİZİNİ

<b>PABÜ</b>	Post Anestezi Bakım Ünitesi
<b>YBÜ</b>	Yoğun Bakım Ünitesi
<b>ACÇ</b>	Ana Cerrahi Çizelgeleme
<b>KP</b>	Kısıt Programlama
<b>AAS</b>	Analitik Ağ Süreci
<b>TO</b>	Tutarlılık Oranı
<b>TI</b>	Tutarlılık İndeksi
<b>RI</b>	Rastgele Tutarlılık İndeksi
<b>PROMETHEE</b>	Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations
<b>CV</b>	Değişkenlik Katsayısı
<b>O</b>	Ortopedi
<b>GC</b>	Genel Cerrahi
<b>KC</b>	Kardiyovasküler Cerrahi
<b>PC</b>	Plastik Cerrahi
<b>U</b>	Üroloji
<b>OP</b>	Operasyon Süresi

# 1. GİRİŞ

Günümüzde sağlık hizmetlerinde yapılan harcamalar ülke ekonomisinde yaklaşık %5'lik bir orana sahiptir (Gür vd. 2019). Hizmet kalitesi, sağlık hizmetlerinin sunulmasında dikkat edilmesi gereken en kritik noktalardan biridir. Bu amaçla hasta memnuniyetini en üst düzeyde tutacak stratejiler geliştirilmeye devam edilmektedir. Yöneticiler, sağlık sistemlerinde hizmet kalitesinin artırılmasına yönelik çalışmaları verimli ve etkin bir şekilde yürütmeye çalışmaktadırlar (Saluvan, 2015). Ameliyathaneler, karmaşık yapısı ve pahalı birçok ekipman ve malzemesi nedeniyle etkili bir şekilde yönetilmesi en zorlu birimdir (Okursoy, 2010). Hastane yöneticileri bu birimleri yaptıkları planlamalar ile verimli ve etkin bir şekilde kullanmayı hedeflemektedir. Hastaneye gelen hastaların yaklaşık %60'ı operasyon geçirmektedir (Van Oostrum vd. 2010; Gür vd. 2018). Bu durumda ameliyathaneler hastane gelirlerinin yaklaşık üçte ikisini ve giderlerin %40'ını oluşturmaktadır (Eren ve Gür, 2018; (Martinelly vd., 2014; Hamid vd., 2019). (Divatia ve Ranganathan, 2015). Bu durum ameliyathaneleri en önemli ünite haline getirmektedir ve bu birimlerdeki planlamaların önemini arttırmaktadır. Ameliyathane çizelgeleme, günlük veya haftalık yapılması gereken her bir cerrahi işlemin başlangıç ve bitiş zamanlarının mevcut kaynaklar dikkate alınarak planlanması sürecidir (Monteiro vd., 2015; Hamid vd., 2019). Planlamada gözlemlenen sorunlar bu birimlerin verimli kullanılmasını engellemekte ve verimsizliğe yol açmaktadır (Xiao vd., 2018). Ayrıca operasyonların iptaline ve uzun bekleme listelerine yol açmaktadır.

Ameliyathanelerde birçok paydaşı yapısında barındırdığı ve post anestezi bakım ünitesi (PABÜ) ve yoğun bakım ünitesi (YBÜ) gibi kaynaklara sahip olduğu için belirsizlik yüksektir. Ameliyathane çizelgeleme problemlerinde karşılaşılan belirsizlikler, hasta gruplarının öngörülemeyen gelişleri ve operasyon sürelerindeki değişimler olarak örnek verilebilmektedir. Literatürde araştırmacıların yaptığı çalışmalarda çoğunlukla operasyon sürelerinin belirsizliğinin dikkate alındığı görülmektedir. Ameliyathanelerde operasyon sürelerinin belirsiz doğası göz önüne alınarak planlama yapılmasıyla ünitelerin etkin kullanımı sağlanabilmekte ve operasyonların iptali ya da ertelenmesinin önüne geçilebilmektedir (Molina-Pariente ve ark., 2018). Ameliyathane çizelgelemede verimliliği artırmak için birçok farklı strateji geliştirilmektedir. Blok çizelgeleme stratejisi bunlardan biridir. Blok çizelgelemede, hastane kapasitesi dikkate alınarak planlama ekibi, bekleme listesindeki vakaların tahmini süresini talep eder ve çizelgeleme süreci başlatılır. Bu tür atamalar genellikle geçmiş kullanım kayıtlarına dayalı olarak tasarlanmaktadır. Oluşturulan çizelgelerde ameliyathaneler yüksek kullanım oranları göstermektedir. Bu, hasta bekleme sürelerini azaltarak fazla mesaiyi en aza indirmeye yardımcı olmaktadır. Shylo vd. (2013) yüksek hacimli kullanımlarda (bir bloğa atanan çok sayıda işlem, örneğin 5-6) işlem sürelerinin belirsizliği ile başa çıkmak için her bloğa atanan işlemler için bir zaman boşluğundan bahsetmektedir. Planlanan bu zaman aralığını belirlerken operasyon süreleri normal bir dağılım izlemektedir. Araştırmacılar çalışmalarında, yüksek hacimli kullanımları planlarken bu ifadeyi merkezi limit teoremine göre doğrulamışlardır. Bu varsayım literatürde ve uygulamalarda oldukça yaygındır (Shylo vd., 2013).

Ameliyathanelerde verimliliğin sağlanabilmesi için kaynakların doğru zamanda ve doğru yerde kullanılması gerekmektedir. Bunu zamanlama veya planlama ile başarmak mümkündür. Planlama, ameliyathanelerin verimli kullanılması, fazla mesai ve âtil sürelerden kaynaklanan maliyetlerin azaltılması gibi hedefleri içermektedir. Gerçek hayatta birçok insani ve maddi kısıtlama bulunmaktadır ve bunları planlamalara yansıtma karmaşıktır. Bu nedenle literatürdeki araştırmacılar çalışmalarını deterministik veya stokastik olarak modellemektedir. Olasılıksal hesaplamalar, çalışmalarda varsayımlar altında çözümü iletirken gerçek yaşam kısıtlarını yansıtma için stokastik modellere başvurulmaktadır.

Stokastik ameliyathane çizelgeleme probleminde, gerçek hayat birçok belirsizlikten oluştuğu için gerçek hayatta karşılaşılan durumlar olasılıksal olarak ifade edilmektedir. Hastaların gelişi, operasyon sürelerinin değişkenliği, operasyon sonrası hastaların iyileşme süresinin belirsizliği gibi birçok belirsizlik bulunmaktadır. Bu durumların modellere aktarılması oldukça güçtür ve modelin çözümünü çok zorlaştırmaktadır (Jebali ve Diabat, 2015). Literatürde stokastik çalışmaların sayısı deterministik çalışmalara göre nispeten daha azdır. Bunun nedeni modellemenin karmaşık ve zor olmasıdır. Ameliyathanelerin hastaneler için önemi düşünüldüğünde bu birimlere yönelik planlamaların ve çizelgelerin önemi de aynı doğrultuda artmaktadır. Doğru planlama ile ameliyathanelerin verimliliğini artırmak mümkündür.

Planlama faaliyetlerinde gerçek hayat kısıtlarını yansıtmak karmaşıktır. Belirsizlik altında karar vermeye yardımcı olmak için kullanılan stokastik programlama bu noktada ön plana çıkmaktadır (Atalay ve Apaydın, 2011; Jebali ve Diabat, 2015). Ele alınan problemlerin yapısındaki kısıtlar arttıkça çözüm süreci de zorlaşmaktadır. Bu nedenle literatürdeki araştırmacılar genellikle varsayımlar altında farklı çözüm teknikleri geliştirmektedirler. Analiz işlemi her yöntemin üstünlüğü kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Matematiksel kısıtların yanı sıra mantıksal kısıtların da bulunması çözüm yöntemlerinde mantıksal ifadelerin yansıtılmasında eksikliğe neden olmaktadır. Bu noktada kısıt programlama yönteminin ifade gücünden yararlanılmaktadır. Bazı kritik durumlarda kısıtların yumuşatılması gerekebilmektedir. Kısıt programlamanın devreye girdiği yer burasıdır. Bu tezde, gerçek hayatın katı kısıtları göz önüne alındığında, kısıt programlama mümkün olan en iyi çözümü sunmaya yardımcı olacaktır (Kamran vd., 2018). Kısıt programlama yöntemi tanım setinde birkaç çözüm alanı bulundurur ve çözüm alanı içinde en uygun olanını seçmektedir. Ancak çözüm sürecinde optimal bir çözüme ulaşmak her zaman mümkün olmamaktadır. Bu durumda katı kısıtlara da esneklik sağlamak gerekmektedir. Bu, gerçek dünya kısıtlarının daha doğru yansıtılmasını sağlar ve karar vericilerin işini kolaylaştırmaktadır (Gür ve Eren, 2018). Bu noktada da hedef programlama yöntemi ön plana çıkmaktadır.



Bu tez, ameliyathane kullanımını optimum düzeyde tutmak için ameliyathane çizelgeleme problemini çözmeyi amaçlamaktadır. Operasyon sürelerinin belirsizliğini hesaba katan bir şans-kısıtlı stokastik model önerilmiştir. Bu tezin literatüre katkıları arasında problemin çözümü için kısıt programlama ve hedef programlama yöntemleri kullanılmıştır (i), farklı tipteki cerrahi operasyonların hastanedeki gerçek süreleri hakkında veri toplamak ve bu sürelerin dağılımı modele aktarılmaktadır. Aynı zamanda, belirsizliğin modellendiği stokastik problemin çözümü için (ii) kısıt programlama yöntemi uygulanmıştır. (iii) cerrahlar ve cerrahi ekibin farklı gereksinimleri gibi gerçek hayattaki kısıtlar dikkate alınmıştır. (iv) Fazla mesai ve yetersiz kullanımı önlemek için kaynakların dengeli dağılımı amaçlanmıştır. Aynı zamanda (v) tüm bu amaçları bir araya getiren hasta ve çalışan memnuniyetinin en üst düzeyde sağlanması istenmiştir. Böylece bu hedeflere ulaşarak hem çalışanın sağladığı performans düzeyi hem de ameliyathanelerin verimliliği artırılabilecektir (Vali-Siar vd., 2018; Gordon vd., 1988).

## 2. TEMEL KAVRAMLAR VE YÖNTEMLER

### 2.1. Ameliyathane Çizelgeme Problemi

Ameliyathane çizelgeme problemi sağlık kurumları için oldukça önemli bir sorundur. Bunun nedeni, ameliyathanelerin hastanelerde gelir ve gider açısından en önemli birimler olmasıdır. Bu birimleri hastane yöneticileri ameliyathaneleri mümkün olan en verimli şekilde kullanmayı hedeflemektedir. Literatürde önemli bir yere sahip olan ameliyathane çizelgeme problemi için farklı çözüm yöntemleri ile çözüm süreçleri geliştirilmiştir. Bu çalışmaları derleyen çalışmalara bakıldığında, Çayırılı ve Veral (2003), Cardoen vd. (2010), Guerriero ve Guido (2011), Gür ve Eren (2018), Zhu vd. (2019) ve Harris ve Claudio (2022), hastanelerde yönetim ve ameliyathane yönetiminde atılan adımlar hakkında ayrıntılı bilgi vermektedir. Ameliyathanelerle ilgili mevcut çalışmaları inceleyerek bu ünitelerin nasıl daha verimli hale getirilebileceği konusunda yapılan uygulamaları aktarmışlardır. Ayrıca, ameliyathane planlaması için gelecekteki araştırma eğilimlerini açıklamışlardır. Literatürdeki çalışmalarda problem farklı boyutlarda kategorize edilmiştir. Bunlardan ilki hasta tipleridir (Hosseini ve Taaffe, 2014). Hastalar üç gruba ayrılmaktadır: acil gelişleri dikkate alan seçmeli olmayan hasta grubu, bekleme listesini dikkate alan seçmeli hasta grubu ve ayaktan hasta grubu. Seçmeli hasta grubu için (Eren vd., 2016; Al-Refaie vd., 2017; Landa vd., 2018; Gür vd. 2019; Khaniyev vd., 2020; Park vd., 2020; Azar vd., 2021) planlama ufku boyunca bekleme listesinde olan öncelikler dikkate alınarak planlama yapılmaktadır. Ayrıca acil bir durumda bu hasta grubunun ameliyatlarının ertelenme olasılığı vardır. Literatürde planlama stratejileri arasında gösterilen açık planlama stratejisi, ameliyathanelerin bir kısmının seçmeli olmayan hasta grubuna tahsis edildiği bir stratejidir (Duma ve Aringhieri 2018; Schiele vd. 2021; Amrollahibiouki ve Beauregard, 2021). Diğer stratejilerden biri olan blok planlama stratejisi ise bekleme listesindeki hasta grubu için bir planlama stratejisidir. Bekleme listesindeki hastaları mümkün olduğunca geciktirmeden hasta akışının sağlanması amaçlanmaktadır.

Bu stratejide çizelgeleme, ameliyathanelerde mevcut kaynakların kullanımını en üst düzeye çıkarmak için belirli bir planlama ufku boyunca her bir operasyonun başlangıç ve bitiş zamanlarının uzmanlaşmalar dikkate alınarak yapılmaktadır (Addis vd., 2016; Visintin vd., 2017; Luo ve Wang 2019; Zhang vd., 2020; Saleh vd., 2021; Ghandehari ve Kianfar, 2022). Ameliyathaneler yapıları gereği birçok belirsizlik içermektedir. Literatürde gerçek yaşam için çok önemli olan operasyon sürelerinin belirsizliği veya acil vakaların olasılığı sıklıkla tartışılmaktadır. Bu durumları göz önünde bulundurmamak problemin yapısını zorlaştırmaktadır. Operasyon süreleri çoğunlukla önceki yıllardaki benzer operasyonlara göre tahmin edilmektedir. Ayrıca sorunun yapısını zorlaştıran bir diğer unsur ise ameliyathanelerin yapısındaki paydaşlardır. Bu paydaşlar cerrahi ekipten (cerrah-hemşire-anestezi uzmanı) oluşmaktadır (Hamid vd., 2019). Ameliyathaneleri bir birim olarak ele almak son derece zor iken, planlama süreçlerini personel ile birlikte düşünerek gerçekleştirmek daha da zordur. Literatürde hem ameliyathaneyi hem de personeli ele alan çok az çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda planlama çoğunlukla cerrahi ekipten ya sadece cerrahlar ile ya da sadece hemşirelerle yapılmaktadır. Bu tezde, operasyon sürelerinin belirsizliğini içeren ameliyathane çizelgeleme problemi için yeni bir çözüm yaklaşımı sunulmaktadır. Planlama yapısında, birkaç günlük sınırlı bir planlama ufku boyunca, ameliyathanelere her gün operasyon geçirecek farklı seçmeli hastalar atanmaktadır. Operasyon sürelerinin belirsizliği, ameliyathanelerin etkin kullanımını büyük ölçüde etkilemektedir (Najjarbashi ve Lim, 2020). Bu nedenle, operasyon sürelerinin belirsizliği dikkate alınarak, kullanım oranının iyileştirilmesi ve dolaylı olarak fazla veya eksik kullanımdan kaynaklanan maliyetlerin önlenmesi amaçlanmaktadır. Literatürde, operasyon sürelerinin belirsizliği, sabit bir değişkenlik katsayısı varsayımı altında ele alınmaktadır. Ancak gerçek hayatta operasyon süreleri her hasta bazında değişiklik gösterebilmektedir. Hastanelerde hastanın sağlık öyküsü, hastaların geç gelmesi gibi diğer nedenlerin yanı sıra ortalama tahmini ameliyat süresinin uzamasına neden olabilmektedir. Gerçek hayatta bu durumla karşılaşıldığında yapılan planların bozulması, aksamaların olduğunu göstermektedir. Her hasta özel olarak tıbbi açıdan muayene edilmelidir. Bu durumun aksine hastalar özel olarak değerlendirilmediğinde yani değişkenlik sabit alındığında planlamanın doğruluğu ve etkinliği olumsuz yönde etkilenmektedir.

## 2.2. Şans Kısıtlı Programlama

Charnes ve Cooper tarafından geliştirilen şans kısıtlı programlama, bir problemin belirsizliğini modellemek için kullanılmaktadır (Charnes ve Cooper, 1959). Şans kısıtlı programlamanın temel mantığı, olasılıksal kısıtları deterministik eşdeğerlere dönüştürmektir. Programlamanın verileri rastgele verilerdir ve bu verilerin belirli bir olasılık seviyesine kadar bozulmasına kadar esneklik sağlar. Eğer model yapısındaki doğrusal kısıtlar, bir noktaya kadar bozulmasına izin verilen kısıtlarda bozulmaların genişliğini belirten olasılık ölçülerinin kümesiyle birleştiriliyorsa şans kısıtlı programlama olarak adlandırılmaktadır. Şans kısıtının yapısı aşağıdaki gibidir:

$$P \left\{ \sum_{i=1}^N a_i x_i \leq b \right\} \geq \alpha, \quad x_i \geq 0 \forall i, \quad 0 < \alpha < 1 \quad (2.1)$$

Denklem 2.1'de,  $a_i$  bağımsız ve normal dağılan bir parametredir. Denklem 2.1, toplam parametrenin, karar verici tarafından belirlenen en az önceden belirlenmiş bir güven düzeyine eşit veya bundan küçük olduğu anlamına gelmektedir. Denklem 2.1, aşağıdaki gibi deterministik eşdeğere dönüştürülebilir:

$$P \left\{ \underbrace{\frac{\sum_{i=1}^N a_i x_i - \sum_{i=1}^N \mu_{a_i} x_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^N \sigma_{a_i}^2 x_i}}}_A \leq \underbrace{\frac{b - \sum_{i=1}^N \mu_{a_i} x_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^N \sigma_{a_i}^2 x_i}}}_B \right\} \geq \alpha \quad (2.2)$$

Eşitlik 2.2' de, A, ortalaması sıfır ve varyansı bir olan standart bir normal varyasyonu tanımlar. Daha sonra, stokastik şans-sınırlı eşitsizlik aşağıdaki gibi dönüştürülür:

$$\phi(B) \geq \phi^{-1}(\alpha) \quad (2.3)$$

Burada  $\phi(B)$  standart normal kümülatif dağılım fonksiyonunu temsil eder. Son olarak, şans-kısıtlı eşitsizlikler deterministik olarak aşağıdaki eşitsizliğe dönüştürülür:

$$\sum_{i=1}^N \mu_{a_i} x_i + \phi^{-1}(\alpha) \times \sqrt{\sum_{i=1}^N \sigma_{a_i}^2 x_i^2} \leq b \quad (2.4)$$

Bu dönüşüm kullanılarak, stokastik doğrusal olmayan denklem deterministik eşdeğere dönüştürülmektedir. Bu şekilde herhangi bir problem için stokastik matematiksel modeli kolaylıkla modellenmesi mümkündür.

### 2.3. Kısıt Programlama

Kısıt programlama (KP), doğrusal programlamanın optimal çözümü ve mantıksal ifadelerin kolay tanımlanması için oluşturulmuş alternatif bir programlama tekniğidir. Kısıt programlamada, doğrusal programlamada tanımlanması zor olan kısıtlar mantıksal ifadeler kullanılarak kolayca tanımlanabilmektedir (Apt, 2003). Kısıt programlama yöntemi, bir tamsayı programlama olarak karar değişkenleri, doğrusal kısıt kümeleri ve karar değişkenlerinin kısıt türetme ile amaç fonksiyonlarına sahiptir. Kısıt programlamanın diğer ana kavramlarından biri de kısıtlardır. Kısıtlar, bazı değişkenler ve bunların kısıt türetme arasındaki ilişki ile ilgilidir (Bukchin ve Raviv, 2018). Genel kısıtlar (örneğin pack), karar değişken alanlarını azaltmak için bazı güçlü algoritmalarda kullanılan kısıtlardır. Kısıt programlama, çözümü boş bir atama ile başlatır. Daha sonra, amaç fonksiyonu değerini elde etmek için çözüm kümesinde azaltarak değişkene bir değer atamaya devam etmektedir (Bukchin ve Raviv, 2018). Kısıt programlama, çeşitli pratik sistemlerin geliştirilmesinde faydalı olabilecek temel araçlardan biridir. Kısıt programlamanın en önemli özelliği matematiksel kısıtlar içermesi ve mantıksal veya sembolik tipte olabilmesidir. Bu mantıksal veya sembolik türün kısıtlarına genel kısıtlar da denilmektedir. Ayrıca matematiksel ifadeler ve mantıksal kısıtların birleşiminden oluşan bir değişken tanımlamak da mümkündür (Focacci vd., 2003).

Kısıt programlama tanımlamalarında  $\{X, D, C\}$  ifadeleri kullanılmaktadır. Bu ifadelerde  $X$  ifadesi karar değişkeni olarak  $X_i = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  şeklinde tanımlanmaktadır.  $D$  ifadesi ise karar değişkenlerinin alabileceği değerler kümesidir ve  $v_i \in D(x_i) \quad i = 1, 2, \dots, n$  olarak tanımlanmaktadır. Son olarak  $C$  ifadesi ise kısıtlar olarak gösterilmektedir.  $C_j = \{C_1, C_2, \dots, C_m\}$  şeklinde tanımlanmaktadır.

Tüm kısıtlar çalıştırılırken karşılık gelen kümelerde yer alan tüm değişkenlere değer atanır. Problemden çözüm alanı ise  $D_1 x \dots x D_n$  olarak ifade edilmektedir. Aynı zamanda bu problem çoğunlukla  $H(X_1, \dots, X_n)$  olarak ifade edilen amaç fonksiyonunu da göstermektedir.

Kısıt programlama yapısı ise şu şekilde ifade edilmektedir:

$$\min H (X_1, \dots, X_n)$$

s. t.

$$C_j = \{C_1, \dots, C_m\} \quad \forall j \in \{1, \dots, m\} \quad (2.5)$$

$$X_i \in D_i \quad \forall i \in \{1, \dots, n\} \quad (2.6)$$

Ele alınan problemde çözüm elde edilebilmesi için değişkenlerin tanım kümeleri içerisindeki değerlerden birini alması gerekmektedir ve bu değer tüm kısıtları sağlamalıdır.

## 2.4. Hedef Programlama

Karar verme problemlerinde karar vericilerin ele aldıkları problemde optimize edilmesi gereken amaçlar ve aynı anda incelenmesi gereken kısıtlar olabilmektedir. Daha çelişkili hedefleri yönetmek ve esneklik sağlamak için hedef programlama yöntemi karar vericiler tarafından tercih edilmektedir. Hedef programlama yöntemi gerçekleştirilmesi istenilen her bir hedefi kısıt haline dönüştürerek bu hedeflerde sapmalara izin vermektedir. Günlük hayatta aynı doğrultuda olan ya da birbirleriyle çelişebilen bu hedefleri eş zamanlı gerçekleştirebilmeye olanak tanımaktadır. Bu matematiksel modellerde amaç fonksiyonunda hedef kısıtlarındaki pozitif yöndeki ya da negatif yöndeki sapmalar yer almaktadır. Optimal değer karar vericilerin izin verdiği çözüm aralığında aranmaktadır. Hedef programlama yöntemi doğrusal programlama yöntemi gibi amaç fonksiyonu ve kısıtlara sahiptir. Birbirlerinden farkı ise hedef programlama yöntemi sahip olduğu hedef kısıtları sebebiyle aynı anda birden çok amacı dikkate almaktadır. Matematiksel modellemede karar vericiler öncelikle değeri bulunmak istenilen ifadeleri karar değişkeni olarak tanımlamaktadır. Daha sonra hedef kısıtları ve diğer sistem kısıtları oluşturulmaktadır. Kısıt yapısı oluşturulan model için gerçekleştirilmesi gereken hedefler amaç fonksiyonuna aktarılmaktadır. Amaç fonksiyonunda bu hedef kısıtlarındaki sapmalar minimize edilmektedir. Karar vericilerin literatürde hedef programlama yöntemi için sıklıkla kullandıkları amaç fonksiyonu yapısı olarak öncelikli ve ağırlıklı olarak modellenmektedir.

Karar vericiler bazı durumlarda hedeflerine ulaşabilmek için çözüm seçeneklerini önceliklendirme durumunda kalmaktadır. Yani kurulan modelde hedefler öncelik sıralamasına göre minimize edilmektedir. Öncelik sıralamasına göre model çözülürken her bir çözülen model sonucu kısıt olarak eklendikten sonra sıralamadaki diğer hedef kısıtı amaç fonksiyonuna yazılmaktadır. Çözüm süreci bu şekilde ilerletilmektedir. Öncelik sıralamasında en son sırada yer alan hedef çözülene kadar model çalıştırılmaya devam edilmektedir. Önceliklendirilmiş hedef programlama yönteminde amaç katsayısı olarak gösterilen  $P_i$  ifadesi ile her amacın öncelik sırası belirtilmektedir. Önceliklendirme  $P_1 \gg P_2 \gg P_3 \gg \dots \gg P_n$  şeklinde ifade edilmektedir.

Karar vericilerin sıklıkla kullandığı diğer yöntem ise ağırlıklandırılmış hedef programlama yöntemidir. Bu yöntemde ise gerçekleştirilmesi istenilen hedeflerin belirli bir ağırlık seviyeleri bulunmaktadır. Amaç fonksiyonunda bu hedeflerin ağırlıklı toplamı minimize edilmektedir. Her bir hedefin görece bir ağırlık seviyesi bulunmaktadır. Bu ağırlıklar çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden ağırlıklandırma yöntemleri kullanılarak hesaplanabileceği gibi farklı yöntemler ile de elde edilebilmektedir. Ağırlıklandırma yönteminde hedefler arasında öncelik tayin edilmemektedir. Ağırlıklı hedef programlama yönteminin matematiksel gösterimde amaç fonksiyonu gösterimi şu şekildedir;

$$\text{Min } Z = \sum_i^k (u_i d_i^- + v_i d_i^+) \quad (2.7)$$

Ağırlıklı hedef programlama yönteminde temel mantık görece ağırlıklara sahip hedeflerin toplamı minimize edilmektedir. Hedef programlama yönteminde modelin çözümünde gerçekleştirilmesi gereken kısıtlara sistem kısıtları, esnekliğe izin verilen kısıtlara hedef kısıtları ve sistem kısıtlarının sağ tarafında mevcut olan kaynak miktarına ise sağ taraf sabitleri denilmektedir. Hedef programlama yönteminin genel gösterimi şu şekildedir;

Öncelikli hedef programlama yöntemi için amaç fonksiyonu:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m P_i (d_i^+ + d_i^-) \quad (2.8)$$

Ağırlıklandırılmış hedef programlama yöntemi için amaç fonksiyonu:

$$\text{Min } Z = \sum_i^k (u_i d_i^- + v_i d_i^+) \quad (2.9)$$

Kısıtlar:

$$f_i(x) + d_i^- - d_i^+ = b_i \quad i = 1 \dots Q, x \in C_s \quad (2.10)$$

$$d_i^-, d_i^+ \geq 0 \quad i = 1 \dots Q \quad (2.11)$$

Ağırlıklı veya öncelikli hedef programlama yönteminin kısıt yapısı (2.10) ve (2.11) eşitliklerinde gösterildiği gibidir. Verilen ifadelerde  $f_i(x)$  x'in doğrusal bir fonksiyonunu,  $b_i$  gerçekleştirilmesi istenilen sağ taraf sabitini,  $d_i^-, d_i^+$  hedef kısıtlarındaki negatif ve pozitif yöndeki sapma değerlerini temsil etmektedir.  $C_s$  ise doğrusal programlama içerisindeki kısıtların kümesini ifade etmektedir. Öncelikli hedef programlama yöntemi için amaç fonksiyonunda eşitlik (2.8) kullanılmaktadır. Ağırlıklı hedef programlama yöntemi için amaç fonksiyonunda ise eşitlik (2.9) kullanılmaktadır.

## 2.5. Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri

### 2.5.1. Analitik Ağ Süreci Yöntemi

Karar verme problemlerinde sıklıkla kullanılan Saaty tarafından geliştirilmiş analitik ağ süreci (AAS) yöntemi çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden biridir. Ele alınan problemin yapısını basitleştirerek karar ortamındaki karmaşık durumların çözümünde etkili bir yöntemdir. Verilen kararların somut olması için niteliksel faktörleri niceliksel olarak değerlendirilmesine imkân tanımaktadır.



Birçok karar problemi hiyerarşik olarak modellenememektedir. Bazı problem yapılarında kriterler arasında etkileşim olduğu görülmektedir. Bu etkileşim karşılıklı bağımlılıkları ifade etmektedir. Alt seviyedeki bir kriterin bir üst seviyedeki kriter ile ya da kendi seviyesindeki kriterler ile etkileşime sahip olması kriterler arasındaki yapısının karmaşıklaşmasına sebep olmaktadır. Bu karmaşık yapının doğru bir şekilde modellenebilmesi için analitik ağ süreci yöntemi geliştirilmiştir. Analitik ağ süreci yöntemi karar probleminde kriterler arasındaki seviyelerin birbirinden bağımsız olduğunu düşünmeden karmaşık ilişkileri modellemesine yardımcı olan bir yöntemdir. Kriterler arasındaki etkileşimleri, geri beslemeleri ve ilişkileri dikkate almaktadır (Saaty and Vargas 2006).

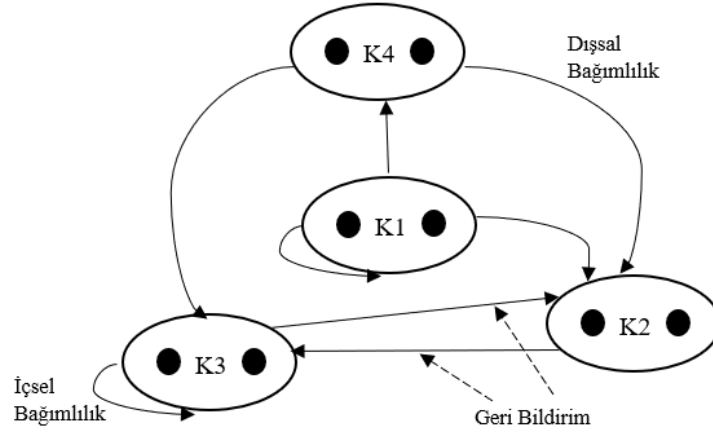
Analitik ağ süreci yönteminin genel özellikleri;

- Analitik hiyerarşi süreci üzerine geliştirilmiştir.
- Kriterler arasındaki bağımlılıkları dikkate almaktadır. Kriterlerin bağımsız olduğu varsayımı ile hareket etmemektedir.
- Kriter seviyelerindeki etkileşimleri modelleyerek kriterlerin kendi seviyelerindekiler ile iç bağımlılık kendi seviyesinden olmayanlar ile dış bağımlılıkları incelemektedir.
- Analitik ağ süreci tüm yapıyı dikkate alarak bir ağ yapısı oluşturmaktadır.

Analitik ağ süreci yönteminin uygulama adımları;

**Adım 1:** Karar probleminin tanımlanması ve ağ yapısının oluşturulması

Öncelikle karar vericiler ele aldıkları sorunun yapısını tanımlamaları gerekmektedir. Kriterler, alt kriterler varsa alternatifler belirlenmektedir. Bunlar belirlendikten sonra ağ yapısını oluşturmak için aralarındaki etkileşim ve ilişkiler oluşturulmalıdır. Ele alınan problemin anlaşılabilirliğini kolaylaştırmak için ağ yapısının oluşturulması gerekmektedir. Ağ yapısı içerisinde kriterler kendi seviyelerinde gösterilirken aralarındaki ilişki ve etkileşimler oklar yardımıyla ifade edilmektedir. Şekil 2.1.'de örnek bir ağ yapısı gösterilmektedir.



Şekil 2. 1. Ağ yapısı örneği

Şekil 2.1'deki kriterler arasındaki bağları gösteren okların yönü bağımlı yönünü göstermektedir. Bu bağlar iç bağımlılık ya da dış bağımlılıkları ifade etmektedir.

**Adım 2:** Kriterler arası ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması ve öncelik vektörünün hesaplanması

İç bağımlılık, dış bağımlılık ve geri beslemeleri dikkate alan ağ yapısı modeli oluşturulduktan sonra, her bir etkileşim içerisinde olan kriterler için ikili karşılaştırma matrisi kurulmaktadır. İkili karşılaştırma matrislerinde kriterleri birbirine göre değerlendirmek için Saaty'nin geliştirmiş olduğu 1-9 skalası kullanılmaktadır. Çizelge 2.1'de 1-9 skalası gösterilmektedir.

Çizelge 2. 1. Saaty'nin 1-9 skalası

Önem Dereceleri	Tanım	Açıklama
1	Eşit önem	İki kriter hedefe eşit derecede katkıda bulunur.
3	Orta derecede önem	Bir kriter diğer kriterine göre biraz tercih edilir.
5	Güçlü önem	Bir kriter diğerine göre şiddetle tercih edilir.
7	Çok güçlü veya ispat edilmiş önemli	Bir kriter diğer kriterine göre güçlü bir şekilde şiddetle tercih edilir.
9	Aşırı önem	Bir kriteri diğerine tercih eden durum, mümkün olan en yüksek onay düzeyi
2,4,6,8	Ara değer	İki değer arasında kararsız kaldığında kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasında düşen değerler

Her bir matris yapısı simetrik olarak modellenmektedir ve böylece her bir kriter birbirine göre değerlendirilebilmektedir. Karşılaştırması yapılan kriterlerin birbirine göre üstünlüğü belirtilirken kullanılan 1-9 skalası için farklı üstünlük değerleri Çizelge 2.1’de gösterilmektedir. Bu skala kullanılarak ilişki içerisindeki tüm kriterlerin karşılaştırma matrisleri ile vektör ağırlıkları hesaplanabilmektedir. Çizelge 2.2’te örnek bir karşılaştırma matrisi yapısı gösterilmektedir.

**Çizelge 2. 2.** Örnek karşılaştırma matrisi

Kriter A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriter B
Kriter A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriter C
Kriter B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriter C

Kurulan karşılaştırma matrisleri kriterlerin karşılıklı değerlendirilmesine imkân tanımaktadır. Çizelge 2.2’te gösterilen örnek matris yapısında A kriterinin B kriterine baskın ise eğer üstünlük derecesi kendi tarafındaki skala ile işaretlenmektedir. Eğer tersi durum söz konusu ise yani B kriterinin A kriterine baskınlığı söz konusu ise B kriterinin tarafındaki skala üzerinde üstünlüğün belirlenmesi gerekmektedir. Karşılaştırmaları tamamlanan kriterlerin öz vektör ağırlıkları hesaplanmaktadır.

### **Adım 3:** Karşılaştırma matrislerinin tutarlılık analizlerinin yapılması

Oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerinde değerlendirmeler yapıldıktan sonra bu değerlendirmelerin doğruluğunun kontrol edilmesi gerekmektedir. Bunun için tutarlılık analizleri yapılmaktadır. Tutarlılık oranı (TO), tutarlılık indeksi (TI)’nın rastgele tutarlılık indeksi (RI)’ya bölümü ile elde edilmektedir. Yapılan karşılaştırmaların tutarlı ve doğru olduğunu söyleyebilmek için hesaplanan oranın 0,1’den düşük olması gerekmektedir. Elde edilen değer 0,1’den büyük olması yapılan değerlendirmelerin tutarsız ve yanlış olduğunu göstermektedir.

### **Adım 4:** Süpermatris yapısının oluşturulması

Analitik ağ süreci yönteminde üç farklı süper matris yapısı bulunmaktadır. Bunlar, ağırlıklandırılmamış, ağırlıklandırılmış ve limit matris olarak ifade edilmektedir. Parçalı matris yapısına sahip olan süpermatris, iki kriter arasındaki model yapısıdır. Tüm elemanlar matris yapısında bir kolon olarak yerleştirilmektedir. Her bir kriter arasında etkileşim olmak zorunda değildir bu yüzden bu durumun etkisi matris yapısında sıfır ile gösterilir.

Ağırlıklandırılmamış süpermatris ilk olarak oluşturulmuş ikili karşılaştırma matrislerini ve vektör ağırlıklarının gösterildiği matris yapısıdır. Daha sonra her bir bileşen ait olduğu grubun ağırlığı ile çarpılarak ağırlıklandırılmış süpermatris yapısı oluşturulmuş olmaktadır. En son yapılan işlem ise ağırlıklandırılmış süper matris yapısındaki değerlerin  $2k+1$  üzeri kuvveti alınarak önem ağırlıklarının bir noktada eşitleninceye kadar limiti hesaplanmaktadır. Buradaki  $k$  değeri çok büyük bir sayıdır. En son elde edilen matris ise limit süpermatris olarak adlandırılmaktadır.

### **2.5.2. PROMETHEE Yöntemi**

Promethee (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) yöntemi karar problem için alternatifler arasında en iyi seçimi yapmaya yardımcı olan çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden birisidir. Karar problemi üzerinde etkili olan kriterlerin her birini kendi özelinde değerlendirerek alternatifler arasında en iyiden en az iyiye kadar sıralama yapılmasına olanak tanımaktadır. Temelinde kriterler göz önünde bulundurularak tercih fonksiyonları ve kriter ağırlıkları ile alternatifler arasında karşılaştırmalar yapılmaktadır. Promethee yöntemi birçok farklı alanda uygulama imkânı bulmaktadır. Promethee yönteminin uygulama adımları:

#### **Adım 1:** Veri matris yapısının oluşturulması

Ele alınan karar problemi için veri matris yapısının oluşturulduğu adımdır. Veri matrisinde problem üzerinde etkili olan kriterler ve seçim yapılması istenilen alternatifler yer almaktadır.

#### **Adım 2:** Tercih fonksiyonlarının belirlenmesi

Her bir kriter için veri matrisinde tercih fonksiyonları belirlenmektedir. Tercih fonksiyonları altı tanedir. Her kriterin kendi yapısına göre ayrı ayrı tercih fonksiyonu seçilebilmektedir. Promethee yöntemi her kriteri kendi başına değerlendirmeye imkân tanınması açısından diğer yöntemlere göre çözüm sürecinde karar vericilere esneklik sağlamaktadır. Karar probleminde incelenen alternatifler tercih fonksiyonları ile değerlendirilmektedir. Her bir kriter için ayrı ayrı belirlenmektedir. Şekil 2.2'de tercih fonksiyonları gösterilmektedir.

Tercih Fonksiyonu	Parametreler	Fonksiyon	Fonksiyonun[p(x)] Grafiği
Olağan (Birinci Tip)	-	$p(x) = \begin{cases} 0 & , & x \leq 0 \\ 1 & , & x > 0 \end{cases}$	
U tipi (İkinci Tip)	l	$p(x) = \begin{cases} 0 & , & x \leq l \\ 1 & , & x > l \end{cases}$	
V tipi (Üçüncü Tip)	m	$p(x) = \begin{cases} \frac{x}{m} & , & x \leq m \\ 1 & , & x > m \end{cases}$	
Seviyeli (Dördüncü Tip)	q,p	$p(x) = \begin{cases} 0 & , & x \leq q \\ \frac{1}{2} & , & q < x \leq q + p \\ 1 & , & x > q + p \end{cases}$	
Doğrusal (Beşinci Tip)	s,r	$p(x) = \begin{cases} 0 & , & x \leq s \\ \frac{(x-s)}{r} & , & s \leq x \leq s+r \\ 1 & , & x \geq s+r \end{cases}$	
Gaussian (Altıncı Tip)	$\sigma$	$p(x) = \begin{cases} 0 & , & x \leq 0 \\ 1 - e^{-x^2/2\sigma^2} & , & x \geq 0 \end{cases}$	

**Şekil 2. 2.** Tercih fonksiyonları

Birinci tip tercih fonksiyonu, nitel değerlendirmelere sahip kriterler için uygundur. Kriter için ölçek değeri evet/hayır ya da beşli likert ölçeği gibi küçük değere sahipse ve küçük sapmalar göz ardı edilebiliyorsa bu fonksiyon seçilmektedir.

İkinci tip tercih fonksiyonu, karar vericinin belirlediği bir sınır üstünde var olan alternatiflerin seçilmesinin istendiği durumlar için kullanılmaktadır. Belirlenen sınırın üzerinde yer alan alternatifler değerlendirilmektedir.

Üçüncü tip tercih fonksiyonu, karar verici yine kendi belirlediği sınır üzerinde yer alan alternatifleri değerlendirmek istediği zaman bu fonksiyon kullanılmaktadır. Aynı zamanda bu fonksiyonda karar verici kendi belirlediği sınır altında yer alan alternatifleri de göz ardı etmek istememektedir. Bu sebeple bu tercih fonksiyonu ile sınır üzerinde ve altında yer alan alternatifleri değerlendirebilmektedir.

Dördüncü tip tercih fonksiyonu, karar vericinin kriter için bir değer aralığı belirlemek istediği zaman kullanılmaktadır. Bu değer aralığında yer alan alternatifler değerlendirilmektedir.

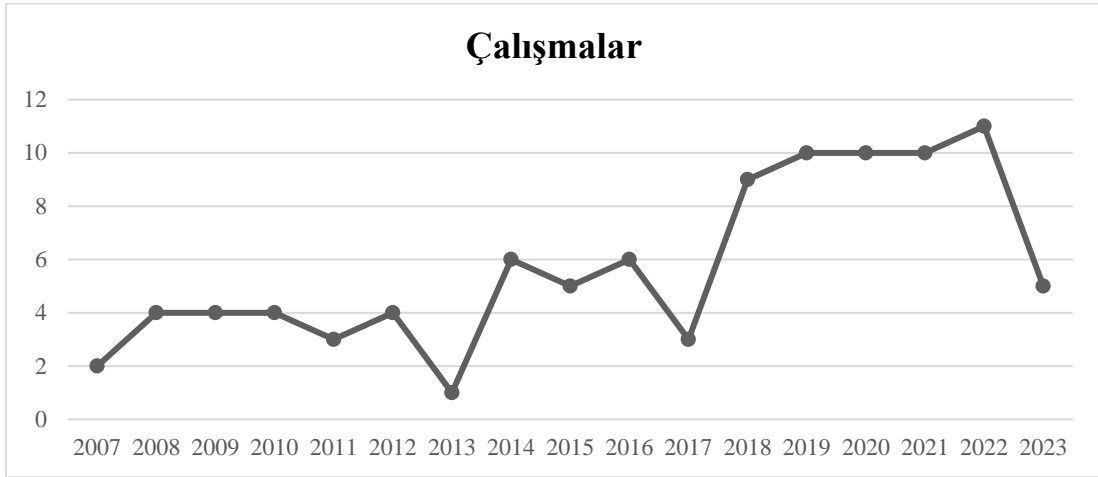
Beşinci tip tercih fonksiyonu, karar vericilerin belirlediği ortalama bir değer üzerinde olan alternatiflerden yana tercih yapıldığı durumlar için uygundur.

Altıncı tip tercih fonksiyonu, ortalama sapma değerleri göz önünde bulundurulmaktadır. Bu değerlere sahip alternatiflerin tercih edildiği durumdur (Brans and De Smet 2016).

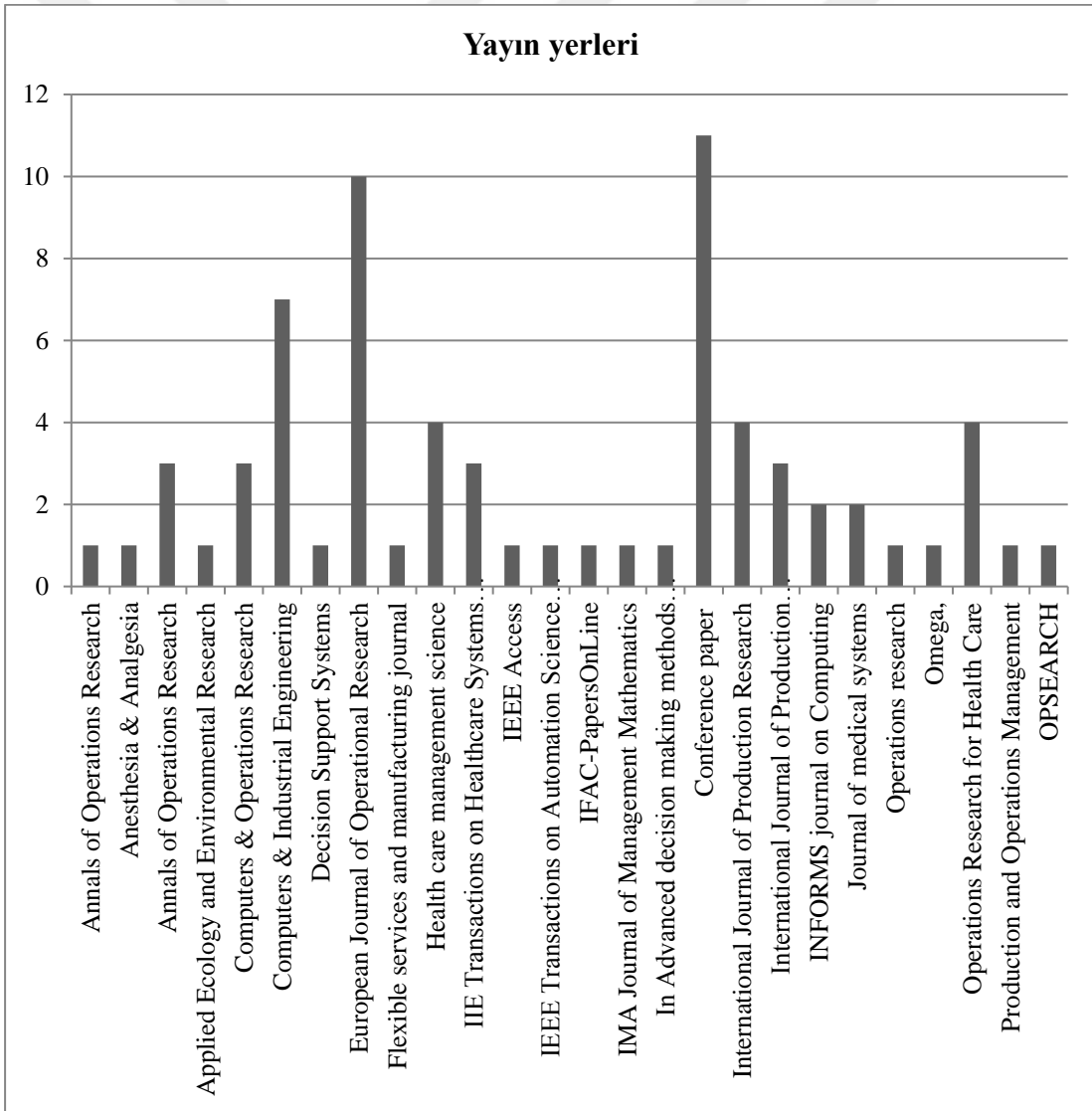
### 3. LİTERATÜR TARAMASI

Ameliyathanelerde zamanında tedavi ve artan verimlilik, uygun bir yönetim politikasını gerektirmektedir. Literatürde, ameliyathane planlaması için etkin yönetim ve planlamaya dikkat çekilmektedir (Yahia vd., 2016). Ameliyathane çizelgeleme problemi, hastaneye gelecek hastaların ameliyata başlama zamanı ile ameliyat döneminde tahsis edilen kaynakların dengelenmesini içeren bir optimizasyon problemidir (Nazif, 2018). Ameliyathanelerin birçok kaynağı (cerrahi ekip ve ekipman) olduğu için karmaşıklık artmaktadır (Hamid vd., 2019). Bu durum çizelgeleme süreçlerinde zorluklara neden olmaktadır. Doğru planlama yapmanın en büyük zorluğu, çizelgeleme süreçlerine ilişkin belirsizliktir. Deterministik çalışmalarda bu belirsizlikler varsayımlar altında yok sayılmaktadır. Stokastik çalışmalarda bu belirsizlikler sürece dahil edilmektedir. Literatürde en çok tartışılan belirsizlik türleri operasyon sürelerinin belirsizliği ve vakaların gelişlerinin belirsizliğidir (Cardoen vd., 2010). Araştırmacılar bu belirsizlikleri yönetmek için genellikle stokastik programlama yaklaşımlarını kullanmaktadırlar.

Çalışmalar (Saadouli vd., 2015; Díaz-López vd, 2018; Kumar vd., 2018; Liu vd, 2018; Noorizadegan ve Seifi 2018; Pang vd., 2018; Wang vd, 2018; Nasiri vd, 2019; Shehadeh vd, 2019; Varmazyar vd, 2020; Zhang vd, 2019), genel olarak operasyon döneminde yaşanan belirsizlikleri ele almıştır (Gür ve Eren, 2018). İncelenen çalışmalarda, araştırmacılar çözüm sürecinin etkinliğini artırmak için farklı çözüm yaklaşımları kullanmışlardır. Şekil 3.1, çalışmaların yıllara göre dağılımını göstermektedir. Şekil 3.2'de çalışmaların yayınlandığı yerler gösterilmiştir. Şekil 3.3, çalışmalarda kullanılan yöntemleri göstermektedir. Şekil 3.4'te ise sadece stokastik çalışmaların yer aldığı çalışmalar gösterilmiştir.

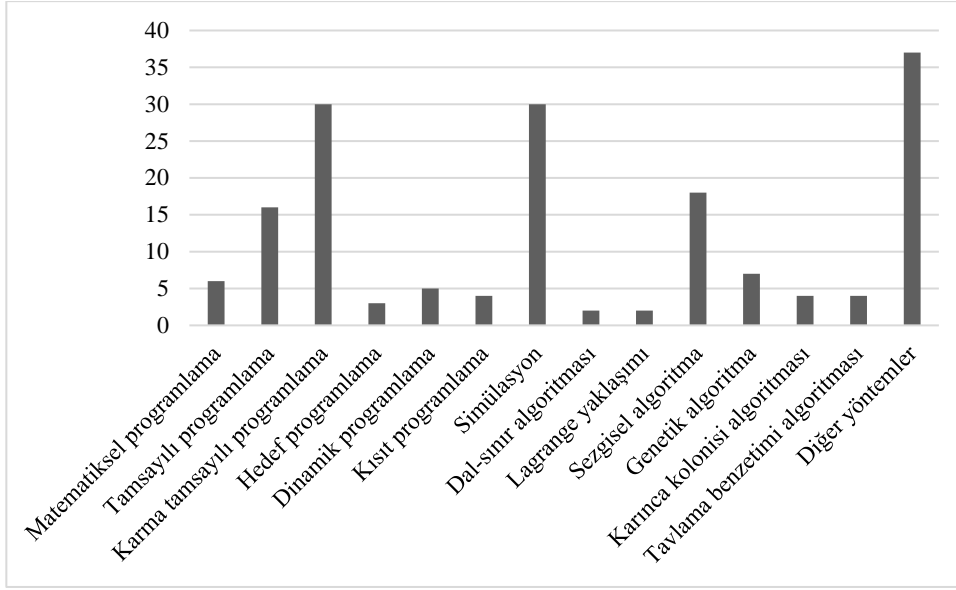


Şekil 3. 1. Yıllara göre çalışmalar

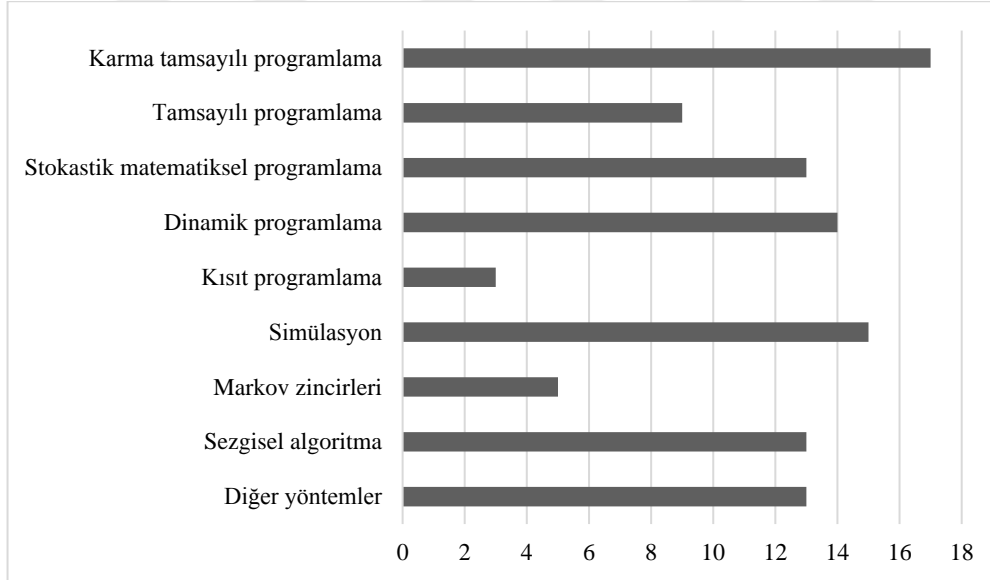


Şekil 3. 2. Yayın yerleri





**Şekil 3. 3.** Çözüm teknikleri (Gür ve Eren, 2018)



**Şekil 3. 4.** Stokastik çalışmalarda kullanılan çözüm teknikleri

Şekil 3.3 ve Şekil 3.4 (Zhu vd., 2019; Moosavi and Ozturk, 2020; Rahimi and Gandomi, 2020) literatürdeki son çalışmalarda kullanılan çözüm tekniklerini göstermektedir. Şekil 3.3'te, çalışmalar belirsizliği dikkate almadan deterministik ve stokastik çalışmalarda yöntemlerin dağılımını göstermektedir. Şekil 3.4 sadece stokastik çalışmalara odaklanmaktadır. Bu şekillerde de görülebileceği gibi, araştırmacılar farklı teknikler denemekte ve çözüm sürecini iyileştirmek için yöntemlerin avantajlarını kullanmaktadır. Şekil 3.4'e göre, belirsizliği yönetmek için optimizasyon tekniklerini kullanan daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Bu noktada şans kısıtlı programlama, problem parametreleri de dahil olmak üzere kısıtların belirli dağılımların olasılık seviyelerine göre esnetilmesine olanak sağlayan etkin bir yaklaşım haline gelmektedir (Atalay ve Apaydın, 2011). Literatürdeki şans kısıtlı programlama, ameliyathanelerde dengeli bir kullanım oranını garanti etmektedir (Wang vd., 2019). Noorizadegan ve Seifi'nin (2018) çalışmasında, ameliyathaneler belirsiz ameliyat süreleri ile karakterize edilmiştir. Seçmeli hasta grubu üzerinde çalışılması, ameliyathane açma maliyetini ve devir sürelerine bağlı cezaları en aza indirmeyi amaçlamıştır. Wang vd., (2019), şans-kısıtlı programlama ile açık ameliyathane sayısını en aza indirmeyi amaçlamıştır. Kısıtların kısmen bozulmasına izin veren bu programlama ile araştırmacılar, bir ameliyathaneyi fazla mesai olmadan bitirme konusunda yaklaşık güvenilirlik sağlar.

### **3.1. Çizelgeleme Problemleri**

#### **3.1.1. Personel Çizelgeleme Problemi**

Personel çizelgeleme problemi, üretim ve hizmet sektöründe araştırmacılar tarafından sıklıkla ele alınan geniş bir çalışma alanına sahiptir. Personel çizelgeleme üzerinde araştırmacıların literatürdeki çalışmalarına da bakıldığında, günümüze kadar modellemelerin ve yaklaşımların kapsamının genişletildiği görülmektedir. Değişen teknoloji ve talep yapısına göre personel çizelgeleme problemlerinde de dikkate alınan kısıtların yapısı farklılaşmış ve gelişmiştir. İşgücünün dengeli dağıtımı, vardiyaların sırası, izin günlerinin eşit ve dengeli olması, çalışanların yetkinlik seviyeleri, işgücü maliyeti, özel isteklerin ve taleplerin dikkate alınması durumları gibi kısıtlar ile modellemeler yapılmaktadır (Pawar ve Hanchate, 2013; Özder vd., 2020). Literatürde cerrah çizelgeleme çalışmalarının derlemesini yapan Erhard vd., (2018), bir hastanede en pahalı ve değerli kaynak olarak cerrahları işaret etmektedir. Bu durum da bu tezin hastanedeki en önemli kaynakların -ameliyathane-cerrah-hemşire- birlikte planlama yapılması gerektiğini destekler niteliktedir. Hastanelerin acil servislerinde cerrah çizelgeleme probleminin ele alındığı çalışmalarda (Beaulieu vd., 2000; Carter ve Rapiere, 2001; Wang vd., 2007; Brunner vd., 2009; Lo ve Lin, 2011; Huele ve Vanhoucke 2014), personelin niteliği, deneyimi ve vardiya türleri gibi kısıtlar dikkate alınmaktadır. Personel çizelgeleme probleminin ana yapısını oluşturan bu kısıtlar işletmenin doğrudan servis kalitesini ve mali kaynaklarını etkilemektedir (Özder vd., 2020).

### 3.1.2. Ameliyathane ve Personel Çizelgeleme Problemi

Ameliyathane çizelgeleme probleminde dikkate alınan performans ölçütlerine bakıldığında çoğunlukla maliyet arttırıcı faktörlerin etkisini azaltmak ve kapasitenin dengeli kullanılmasının gerekliliği ön plana çıkartılmaktadır. Bu performans ölçütlerinin yanı sıra araştırmacılar insan faktörünün de çizelgeleme sürecinde büyük bir etkiye sahip olduğunu belirtmektedir. Bu problem tipine insan faktörünün eklendiği ve cerrahi personelin çalışma vardiyalarının dikkate alındığı çok az çalışma bulunmaktadır.

Ameliyathane çizelgeleme problemi içerisinde cerrahların atanması yaklaşımını öneren ilk çalışmalardan olan Pradenas vd., (2012) çalışması iki aşamada yürütülmektedir. İlk aşamada tam sayılı matematiksel model ile ameliyathanelerin haftalık çizelgelemesi yapılmıştır. Sonraki aşamada ise belirlenen ameliyathanelere sezgisel bir yaklaşım ile cerrahların ataması yapılmıştır. Deterministik yaklaşımların yanı sıra belirsiz cerrahi süreleri dikkate alan Liu vd., (2018) çalışmalarında ameliyathane çizelgeleme problemi üzerine cerrahların atanmasını incelemiştir. İstatistiksel dağılımlar ile cerrahi sürelerin tahminlemesi yapılmıştır. Daha sonra karma tam sayılı programlama ile ilk olarak gerekli ameliyathane sayısı belirlenmiş ve ikinci aşamada bu ameliyathanelere cerrahların ataması yapılmıştır. Wang vd., (2021) çalışmalarında da iki aşamalı bir model önerilmektedir. İlk aşamada ameliyathanelere cerrah ataması yapılırken, ikinci aşama için cerrahın sürdüreceği operasyonlar için başlama ve bitiş zamanlarına karar verilmektedir.

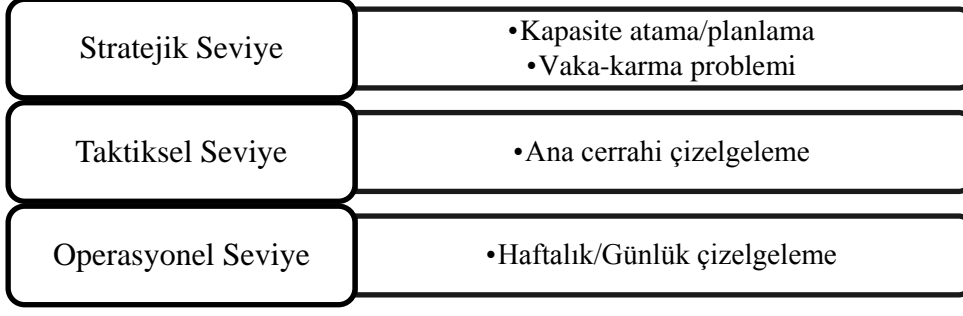
Hemşirelerin tercihleri ve teknik becerileri ile ilgili kısıtları dikkate alan çalışmalara bakıldığında, Xiang vd., (2015) ameliyathanelerin kaynak kullanımını dengelerken hemşireler ile ilgili kısıtları da dikkate almışlardır. Di Martinelli vd., (2014); Guo vd., (2016) çalışmalarında ameliyathane çizelgeleme süreçlerine hemşirelerin çalışma durumlarını ekledikleri görülmektedir. Bu çalışmalar operasyon sürecinde görevli olan hemşirelerin ameliyathane çizelgelemesi ile birlikte eş zamanlı olarak çizelgelenmesini önermektedir. Böylece hastanelerde personel çizelgeleme ve operasyonların çizelgelenmesi durumlarının ayrı ayrı yapıldığı zaman karşılaşılan hataların önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Hemşirelerin çalışma saatlerindeki değişimlerin yansıtılması ve vardiyalardaki karışıklığın önüne geçilebilmesi amaçlanmıştır.

Penn vd., (2017) çalışmalarında ameliyathanelere seçmeli hasta gruplarının atanmasının yanı sıra hemşirelerin tercihleri ve teknik becerileri de göz önünde bulundurulmuştur.

Ameliyathane çizelgeleme probleminde operasyonların ve hemşirelerin ya da operasyonların ve doktorların birlikte çizelgelendiği çalışmalar olsa da cerrahi ekibin bir bütün olarak ele alındığı bir çalışma rastlanılmamıştır. Bu durum da literatürde aslında ameliyathane çizelgeleme süreçlerinde cerrahi ekip içinde diğer paydaşların etkisinin arka planda bırakıldığını göstermektedir.

### **3.2. Karar Seviyelerine ve Performans Kriterlerine Göre Ameliyathane Çizelgeleme**

İşletmelerde yönetsel hedefler oluşturmak için karar verme seviyeleri bulunmaktadır. Bu seviyelerde, hedefleri gözden geçirmek ve hedefe ulaşmak için çeşitli stratejik adımlar planlanmaktadır. Karar seviyelerinde belirlenen stratejiler, bir işletmenin başarısını veya başarısızlığını belirleyen en önemli olgulardır. Bu nedenle karar verme, yönetsel faaliyetlerin en önemlisidir. Ülke ekonomisinin en önemli kaynaklarından biri olan sağlık sistemlerinde karar verme aşamaları, hastalara kaliteli hizmet sunulması açısından dikkatle yürütülmesi gereken bir faaliyettir. Hastanelerdeki yöneticiler sağlıklı kararlar almak için geçmiş verileri kullanmayı tercih etmektedir. Yanlış kararlar vermek sadece hastane için maliyetli olmakla kalmayıp, hastanın sağlığını etkileyebilecek sonuçlarla da karşılaşılmasına neden olmaktadır. Bu nedenle yanlış kararlara yol açan hatalardan kaçınılmalıdır. Hastanelerin karar verme süreçlerine bakıldığında hiyerarşik olarak stratejik düzey, taktik düzey ve operasyonel düzey vardır. Bu seviyelere göre belirlenen stratejiler, hastanelerin en önemli birimleri olan ameliyathanelerde farklılık göstermektedir. Karar seviyeleri Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



**Şekil 3. 5.** Karar verme seviyeleri

Kararlar uzun vadede stratejik düzeyde alınır. Genellikle talep tahmini, cerrahlara ayrılması gereken çalışma süresini içerir. Bu bölüme kapasite planlaması denir. Kapasite planlamasına odaklanan çalışmalarda, ekipman ve kaynak belirsizliğini deneyimlemek için stratejiler belirlenir. Stratejik yönetim süreci daha çok sorunların tanımlanmasına ve çözümüne odaklanmaktadır. Bu süreçte dış çevre ile hastane içi arasındaki ilişkiye odaklanılarak pozitif bir ağ kurulması amaçlanmaktadır. Bu açıdan değişken ve dinamik bir ortamda uzun vadeli hedeflerine ulaşabilmesi için organizasyon içinde güçlü bir iletişim ağının kurulması önemlidir. Bu süreçte yöneticiler sürekli kalite iyileştirmeye odaklanmışlardır. Stratejik düzeyde sorunlar, kapasite planlama ve kapasite tahsisi sorunları olarak belirtilmektedir (Lamiri vd, 2008b; Wachtel ve Dexter, 2008; Choi ve Wilhelm, 2012; Choi ve Wilhelm, 2014b; Razmi vd, 2015; Koppka vd, 2018; Abdeljaouad vd, 2020). Taktiksel düzeyde, odak nokta hasta planlamasıdır. Orta dönemi kapsayan hedeflere ulaşmak için stratejilerin belirlendiği aşamadır. Birincil amaç, hastaların sunulan hizmete eşit erişimini sağlamaktır. Bu seviyede kaynaklar, hizmete olan talep tahmin edilerek planlanır. Taktik planlamada hastaların hastaneye geldiklerinde taleplerine cevap vermeye ve diğer yandan personel iş gücünü dengelemeye ve hizmet sunmaya odaklanmışlardır. Bekleme listesindeki hastaların ameliyat süreleri orta uzunlukta bir planlama ile belirlenmektedir. Bu seviyedeki problemler aynı zamanda ana cerrahi çizelgeleme (ACÇ) problemidir.

ACC, planlama sürecinde iş yükünün eşit dağılımını planlamaktadır (Adan vd., 2009; Lee ve Yih 2014; Razmi vd., 2015; Kumar vd., 2018; Moosavi ve Ebrahimnejad 2018; Bovim vd., 2020). Operasyonel düzeyde, sağlık hizmetlerinin sunulmasına yönelik kısa vadeli planlamayı içerir. Bu seviyede çoğunlukla günlük çizelgeler oluşturulur ve bu çizelgelerdeki esneklik marjı çok düşük tutulur. Bekleme listesindeki hastaların günlük taleplerine ve isteklerine hızlı bir şekilde cevap vermek gerekmektedir. Çünkü öngörülemeyen taleplere tepki verecek bir mekanizma geliştirmiş olmalıdır. Bu düzeydeki problem türleri, hasta planlama problemleridir (Lamiri vd., 2009; Erdem vd., 2012; Choi ve Wilhelm, 2014; Saadouli vd., 2015; Xiao vd., 2018; Jebali ve Diabat, 2017; Belkhamisa vd., 2018; Najjarbashi ve Lim, 2019).

Literatür incelendiğinde çalışmaların çoğu operasyonel düzeyde yapılmaktadır. Gerçek hayat değişken bir yapıya sahip olduğu için her an acil bir hastayı tedavi etmek gerekebilir. Bu duruma cevap verebilecek çalışmalarda da benzer bir tasarım oluşturulmuştur. Araştırmacılar, çalışmalarında öncelikle yaptıkları planlamanın esnek bir yapıya sahip olmasına odaklanmaktadır. Bu, bekleme listesindeki hastaların tedavisine devam ederken gelen acil hastaya cevap verebilmektir. Tüm bunlara ek olarak hem hastane kaynaklarını hem de çalışan personelin memnuniyeti göz önünde bulundurulmak zorundadır. Genellikle günlük planlamada ameliyathanenin mümkün olduğunca optimum kullanılması hedeflenir. Cerrahların veya hastaların bekleme süreleri azaltılmaya veya olası gecikmelerden dolayı zamanla önüne geçilmeye çalışılmaktadır. Ameliyathanelerdeki en ufak bir gecikme ya da sorun, yanıt olarak maliyetli olabilir. Bu nedenle planlamada mümkün olduğunca tüm durumları yansıtmaya çalışmak gerekmektedir. Ancak eklenen her kısıtlama, yani performans kriteri, problemin yapısını zorlaştırmaktadır. Çizelge 3.1 literatürdeki çalışmalarda dikkate alınan performans kriterlerini göstermektedir.

**Çizelge 3. 1. Performans kriterlerine göre çalışmalar**

Yazar(lar)	Maliyet					Kullanım		Bekleme Süresi		OR maksimum kullanımı	Diğer
	Fazla mesai maliyeti	Erteleme maliyeti	Boşta kalma maliyeti	OR kullanım maliyeti	Diğer kaynakların maliyeti	Hasta reddetme maliyeti	Boşta kalma	Aşırı kullanım	Hasta		
Jebali and Diabat (2015)											√
Razmi vd. (2015)											√
Abdeljaouad vd. (2020)										√	√
Lee and Yih (2014)							√		√		√
Kumar vd. (2018)											√
Saadouli vd. (2014)							√	√			√
Adan vd. (2009)											√
Moosavi and Ebrahimnejad (2018)		√					√	√	√		
Fei vd. (2009)	√									√	
Belkhamisa, vd. (2018)									√		
Erdem vd. (2012)	√	√			√	√		√			
Najjarbashi and Lim (2019)	√		√								
Xiao vd. (2016)	√					√					√
Saadouli vd. (2015)							√	√			
Jebali and Diabat (2017)				√							
Lamiri vd. (2009)	√										
Choi and Wilhelm (2014)	√		√								
Wang vd. (2014)				√		√					
Mancilla and Storer (2009)	√						√		√		
Gerami and Saidi-Mehrabad (2017)											√
Arnaout and Kulbashian (2008)										√	
Atighehchian vd. (2015)	√						√				
Herring and Herrmann (2011)		√									
Vandenberghe vd. (2019)									√		√
Najı and Nazemı (2019)										√	√
Khaniyev vd. (2020)											√
Najjarbashi and Lim (2020)	√								√		
Atighehchian vd. (2019)							√	√			

**Çizelge 3. 2.** Performans kriterlerine göre çalışmalar (Devam)

Yazar(lar)	Maliyet					Hasta reddetme maliyeti	Kullanım		Bekleme Süresi		OR maksimum kullanımı	Diğer
	Fazla mesai maliyeti	Erteleme maliyet	Boşta kalma maliyeti	OR kullanım maliyeti	Diğer kaynakların maliyeti		Boşta kalma	Aşırı kullanım	Hasta	Cerrah		
Sigurpalsson vd. (2019)												√
Guo vd. (2021)											√	
Zhang vd. (2020)				√					√			
Nasiri vd. (2019)	√										√	
Varmazyar vd. (2020)											√	
Vandenberghes vd. (2020)				√								
Davoudkhanian vd. (2019)	√						√					√
Min and Yih (2010)												√
Mancilla and Storer (2013)	√						√			√		
Jung vd. (2019)	√						√	√				
Denton vd. (2010)	√											
Batun vd. (2011)	√		√									
Wullink vd. (2007)	√								√		√	
Denton vd. (2007)	√						√			√		
Landa vd. (2016)									√		√	
Maghzi vd. (2022)											√	
Boosaiedi vd. (2022)										√	√	
Lotfi and Behnamian (2022)	√											
Hashemi Doulabi and Khalilpourazari (2022)	√											
Ghandehari, and Kianfar (2022)	√	√										



Çizelge 3.1'e bakıldığında, araştırmacıların maliyet unsurunu detaylandırıdıkları görölmektedir. Ameliyathanenin açılış maliyetine ek olarak fazla mesai, boşta beklemek, hastayı geciktirmek, hatta reddetmekten kaynaklanan maliyetler bulunmaktadır. Tüm çalışmalarda ameliyathanenin en etkin şekilde kullanılması ortak amaçtır. Buna göre ameliyathanelerde fazla mesai veya boşta bekleme istenmemektedir. Çalışmaların çoğunun bunların azaltılmasını ve bunlardan kaynaklanan maliyetleri dikkate aldığı görölmektedir. Çizelge 3.2'de ameliyathanelerle birlikte çalışmalarda dikkate alınan diğer kaynaklar listelenmiştir.



**Çizelge 3. 3. Ameliyathane yukarı ve aşağı üniteleri**

Author	Ameliyathane	PABÜ	YBÜ	Ameliyat öncesi bekleme ünitesi
Jebali and Diabat (2015)	√		√	
Lamiri vd. (2008b)	√			
Razmi vd. (2015)	√			
Abdeljaouad vd. (2020)	√			
Lee and Yih (2014)	√	√		
Kumar vd. (2018)	√		√	
Saadouli vd. (2014)	√			
Adan vd. (2009)	√			
Moosavi and Ebrahimnejad (2018)	√	√		√
Belkhamza vd. (2018)	√	√		√
Erdem vd. (2012)	√	√		
Najjarbashi and Lim (2019)	√			
Xiao vd. (2016)	√			
Saadouli vd. (2015)	√		√	
Jebali and Diabat (2017)	√		√	
Lamiri vd. (2009)	√			
Choi and Wilhelm (2014)	√			
Mancilla and Storer (2009)	√			
Gerami and Saidi-Mehrabad (2017)	√			
Arnaout and Kulbashian (2008)	√			
Atighehchian vd. (2015)	√			
Herring and Herrmann (2011)	√			
Vandenberghe vd. (2019)	√			
Khaniyev vd. (2020)	√			
Najjarbashi and Lim (2020)	√			
Atighehchian vd. (2019)	√			
Sigurpalsson vd. (2019)	√			
Guo vd. (2021)	√			
Zhang vd. (2020)	√		√	
Nasiri vd. (2019)	√			
Varmazyar vd. (2020)	√	√		
Vandenberghe vd. (2020)	√			
Davoudkhania vd. (2019)	√			
Min and Yih (2010)	√		√	
Mancilla and Storer (2013)	√			
Jung vd. (2019)	√			
Denton vd. (2010)	√			
Landa vd. (2016)	√			
Latorre-Núñez vd. (2016)	√	√		
Heydari and Soud (2016)	√	√		
Azaiez vd. (2022)	√			
Dodaro vd. (2022)	√		√	
Mateus vd., (2017)	√			
Fügener vd., (2014)		√	√	
Kougias vd., (2016)	√			
Timucin and Birogul	√			
Augustin vd. (2022)			√	

Hastanelerde ameliyathanelerin bağı olduğu üst ve alt birimler bulunmaktadır. Bir hasta hastaneye geldiğinde önce operasyon geçirip geçirmeyeceği belirlenmektedir. Daha sonra anestezi uzmanları tarafından ameliyata hazır hale getirilir. Operasyon geçiren hasta, anestezi sonrası bakım ünitesine veya YBÜ'ye transfer edilmektedir. Tüm bu birimler ameliyathane bölümünü oluşturmaktadır. Çalışmalarda ele alınan birimlerin Çizelge 3.2'de karar düzeyleri ile ele alınan birimler arasında bir ilişki olup olmadığına bakılmaktadır. Çizelgeye bakıldığında böyle bir ilişkinin varlığından söz edilmemektedir. Çalışmalar çoğunlukla ameliyathaneyi tek bir birim olarak ele almaktadır. Bunun nedeni, eklenen her birimin sorunu karmaşık hale getirmesidir.

### **3.3. Planlama Stratejileri**

Ameliyathanelerde etkin ve verimli yönetim sağlamak için planlama sistemleri kurulmuştur. Günlük veya haftalık yapılacak her cerrahi işlem için mevcut kaynaklar göz önünde bulundurularak planlama yapılmaktadır. Her sürecin başlangıç ve bitiş zamanlarını planlanmaktadır. Bu süreçlerde yönetim, hastalara kaliteli ve uygun maliyetli sağlık hizmeti sunmayı amaçlamaktadır. Bunun için maliyet düşürme ve kaliteye odaklanırken aynı zamanda personel memnuniyetini de sağlanmaktadır. Bu konuda etkin bir planlama sistemine ihtiyaç bulunmaktadır. Ameliyathane çizelgeleme işlemleri üç farklı şekilde gerçekleştirilir: açık çizelgeleme, blok çizelgeleme ve modifiye edilmiş blok çizelgeleme.

Açık çizelgelemede acil bekleyen hasta uygun bir ameliyathanede gerçekleştirilmektedir (Fei vd., 2009; Min ve Yih, 2010; Mancilla ve Storer, 2013; Atighehchian vd., 2015; Molina-Pariente vd., 2018; Davoudkhanian vd., 2019). Literatürdeki bazı çalışmalar cerrahların her zaman operasyonu yapmaya hazır olduğunu varsaymaktadır. Blok çizelgelemede ameliyathaneler bloklara ayrılmaktadır. Başka bir deyişle, ameliyathane süresi gün içerisinde belirli aralıklara bölünmektedir (Arnaout ve Kulbashian, 2008; Denton vd., 2010; Herring ve Herrmann, 2011; Choi ve Wilhelm, 2014; Razmi vd., 2015; Kumar vd., 2018; M'Hallah ve Visintin, 2019). Bu sistemde bir blok tek bir uzmanlığa bölünmüştür. Blok içinde iki farklı uzmanlığın çalışmasına izin verilmemektedir. Modifiye edilmiş blok çizelgeleme ise diğer iki sistemin entegrasyonudur (Wullink vd., 2007; Kamranet vd., 2018; Jung vd., 2019). Bu sistem esnekliklidir. Ameliyathanelerin bir kısmı açık çizelgeleme, bir kısmı ise blok çizelgeleme olarak çalıştırılmaktadır.

Olası bir acil durumda hastanın servis talebine anında cevap verebilmek adına avantajlı bir sistemdir. Çizelge 3.4 incelendiğinde acil hastalar ile seçmeli hastalar birlikte değerlendirilmektedir. Bu durumda çalışmalardaki çizelgelerin esnek bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Çünkü çalışmalarda ameliyathanelerin bir kısmı seçmeli hastalara, bir kısmı da acil talebe cevap vermek için ayrılmıştır. Bu, acil durum hastalarının reddetmeden veya planlamayı beklemeden tedavi almalarını sağlamaktadır. Literatürdeki çalışmalara bakıldığında planlama sisteminin çoğunlukla net olarak belirlenmediği görülmektedir. Bu durum çalışmaların daha çok açık çizelgeleme kullandığını göstermektedir. Blok planlamada, ameliyathane belirli bir uzman veya cerrah grubuna ayrıldığından, odak seçmeli hasta grubu üzerindedir. Acil hastaların gelişleri belirsiz olduğu için planlamada değişiklik yapılamamaktadır. Bazı çalışmalarda, açık çizelgeleme kullanılmazsa, modifiye bir blok çizelgeleme stratejisi kullanılmaktadır. Bu sistemde acil hastalar için âtil bir ameliyathane tutulmaktadır. Hastanın aciliyet seviyesi yüksekse, ameliyat edecek cerrahın aynı anda başka bir ameliyatı olması durumunda ertelenebilir mümkündür.

### **3.4. Hasta Grubu ve Belirsizlik Türleri**

Ameliyathaneler, hastanede ameliyat olacak hasta için uygun ortam koşullarını sağlayan steril tesislerdir. Hastaneye gelen hastaların yaklaşık %60'ının ameliyat olduğu düşünüldüğünde bu durum ameliyathaneleri en önemli ünite haline getirmektedir (Van Oostrum vd., 2010; Gür vd., 2019). Ameliyathaneler yapısında birden fazla kaynak barındırmaktadır. Her kaynağın aynı anda kontrolü mümkün değildir. Ameliyathane kaynaklarından (cerrahi ekip/makine/ekipman) elde edilen performans, ameliyathanelerin etkin kullanımı ile doğru orantılıdır (Di Martinelly vd., 2014; Hamid vd., 2019). Günlük hayatın dinamik ve değişken doğası bu kaynaklarda birçok belirsiz duruma neden olmaktadır. Araştırmacılar problemin doğası gereği belirsizlikler nedeniyle karmaşık ve zor olduğunu belirtmektedirler. Birincil amaç çoğunlukla ameliyathanenin kullanımını optimize etmektir. Ameliyathane planlama süreçlerinde karşılaşılan belirsizlikler, ameliyat sürelerinin belirsizliği, hastaların gelişleri, ameliyat sonrası kalış süreleri, ekipman mevcudiyeti ve malzemeler listelenmektedir. Aynı zamanda ameliyathanelerin birçok paydaşa sahip olması ve PABÜ ve YBÜ gibi kaynaklara sahip olması belirsizliğe neden olmaktadır. Çizelge 3.3 literatürdeki çalışmaların odaklandığı belirsizlik türlerini göstermektedir.

### Çizelge 3. 4. Belirsizlik türleri

Author	Operasyon süresi	Acil hasta gelişi	Kalma süresi	Kaynak mevcudiyeti	Yatak mevcudiyeti
Belkhamsa vd. (2018)					
Erdem vd. (2012)		√			
Najjarbashi and Lim (2019)	√				
Xiao vd. (2016)	√			√	
Saadouli vd. (2015)	√				
Jebali and Diabat (2017)	√		√		
Lamiri vd. (2008b)		√			
Choi and Wilhelm (2014)	√				
Lee and Yih (2014)	√				
Kumar vd. (2018)			√		
Lamiri vd. (2009)		√			
Zhu (2011)	√				
Wang vd. (2014)	√				
Landa vd. (2016)	√				
Razmi vd. (2015)				√	
Mancilla and Storer (2009)	√				
Gerami vd. (2017)		√			
Arnaout and Kulbashian (2008)	√				
Saadouli vd. (2014)	√				
Atighehchian vd. (2015)	√				
Herring and Herrmann (2011)					
Jebali and Diabat (2015)	√		√		
Adan vd. (2009)			√		
Vandenberghé vd. (2019)			√		
Naji And Nazemi (2019)	√				
Khaniyev vd. (2020)	√				
Najjarbashi and Lim (2020)	√				
Atighehchian vd. (2019)	√				
Sigurpalsson vd. (2019)					√
Abdeljaouad vd. (2020)	√				
Guo vd. (2021)	√				
Zhang vd. (2020)	√		√		
Nasiri vd. (2019)	√		√		
Varmazyar vd. (2020)	√		√		
Vandenberghé vd. (2020)	√	√			
Davoudkhanian vd. (2019)	√				
Min and Yih (2010)	√				
Mancilla and Storer (2013)	√				
Xiao vd. (2016)	√				
Moosavi and Ebrahimnejad (2018)	√				
Jung vd. (2019)		√			
Denton vd. (2010)	√				
Batun vd. (2011)	√				
van Essen vd. (2012)	√	√			
Bruni vd. (2015)	√	√			
Ripon and Nyman (2020)	√				
Breuer vd., (2020)	√	√			
Norouzi vd. (2022)	√				
Agrawal vd. (2022)	√				
Shehadeh and Padman (2022)	√				
Wang vd. (2022)	√				
Fu vd. (2022)	√				
Azar vd. (2022)	√				

Operasyon sürelerinin belirsizliğini etkileyen birçok faktör vardır. Hastaların tipi de bu belirsizliği etkilemektedir. Literatürde hastalar iki gruba ayrılmaktadır. Çizelge 3.4’te hasta grupları gösterilmektedir.

**Çizelge 3. 5.** Hasta grupları

Author	Seçmeli	Seçmeli olmayan
Jebali and Diabat (2015)	√	
Lamiri vd. (2008b)	√	√
Razmi vd. (2015)	√	√
Abdeljaouad vd. (2020)	√	
Lee and Yih (2014)	√	
Kumar vd. (2018)	√	
Saadouli vd. (2014)	√	
Moosavi and Ebrahimnejad (2018)	√	
Fei vd. (2009)	√	
Belkhamza vd. (2018)	√	
Erdem vd. (2012)		√
Najjarbashi and Lim (2019)	√	
Xiao vd. (2016)		√
Saadouli vd. (2015)	√	
Jebali and Diabat, A. (2017)	√	√
Lamiri vd. (2009)	√	√
Choi and Wilhelm (2014)		
Wang vd. (2014)		√
Mancilla and Storer (2009)	√	
Gerami and Saidi-Mehrabad (2017)	√	√
Arnaout and Kulbashian (2008)	√	
Atighehchian vd. (2015)	√	
Herring and Herrmann (2011)	√	
Vandenberghé vd. (2019)		√
Naji and Nazemi (2019)	√	
Khaniyev vd. (2020)	√	
Najjarbashi and Lim (2020)	√	
Atighehchian vd. (2019)	√	
Sigurpalsson vd. (2019)	√	
Guo vd. (2021)	√	
Zhang vd. (2020)	√	
Nasiri vd. (2019)	√	
Varmazyar vd. (2020)	√	
Vandenberghé vd. (2020)		√
Davoudkhania vd. (2019)	√	
Min and Yih (2010)	√	
Jung vd. (2019)	√	
Wullink vd. (2007)	√	√
Landa vd. (2016)	√	
van Essen vd. (2012)	√	√
Silva and de Souza (2020)	√	√
Ferrand vd. (2010)	√	√
Stuart ve Kozan (2012)		√
Rachuba ve Werners (2017)		√
Marques vd., (2015)	√	
Li vd. (2022)	√	√
Patrão vd. (2022)	√	

Birinci grup seçmeli hastalardır; ikinci grup seçmeli değildir (acil hastalar). Literatürde çok fazla bahsedilmese de bir diğer hasta grubu ayaktan tedavi görmektedir. Ayaktan hastalar gün içerisinde hastaneye kabul edilmekte, operasyon süreci tamamlanarak aynı gün taburcu edilmektedir (Lee ve Yih, 2014; Jebali ve Diabat, 2015; Saadouli vd, 2015; Belkhamsa vd, 2018; Kumar vd, 2018; Atighehchian vd, 2019; Najı ve Nazem, 2019; Najjarbashi ve Lim, 2019; Abdeljaouad vd, 2020; Varmazyar vd, 2020; Zhang vd, 2020). Seçmeli hasta grubu hemen tedaviye ihtiyaç duymaz ve önceden belirlenmiş bir zaman diliminde yapılabilir. Öte yandan seçmeli olmayan hasta grubunun gelişleri bilinmemekle birlikte acil tedaviye ihtiyaçları vardır (Li vd., 2017). M'Hallah ve Visintin (2019) seçmeli hasta grubunu göz önünde bulundurarak cerrahi zaman belirsizliğini değerlendirmiştir. Ayrıca yoğun bakım saatlerinin ve ameliyat sonrası hastanede kalış sürelerinin belirsizliğini de hesaba katmışlardır. Acil hastaların özel tesislerde tedavi edildiği seçmeli olmayan hasta grupları için literatürde yaygın bir varsayım olarak benimsenmiştir (Cardoen vd., 2010; Guerriero ve Guido, 2011; Gür ve Eren, 2018). Acil hastaların gelişlerinde farklı bir politika benimseyen Kamran vd., (2018), operasyon sürelerinin rastgele tahsis edildiğini kabul etmiştir. Çalışmada acil hastaların gelişleri için ameliyathane planlamasında kapasiteyi belirlemişler ve programda ayrı bir gevşeklik imkânı sunmuşlardır. Böylece ameliyathane kapasitesinin bir kısmı acil hastalara ayrılmıştır. Bu kapsamda toplam hasta bekleme süresini en aza indirmeyi amaçlamışlardır (Belkhamsa vd., 2018; Molina-Pariente vd., 2018).

### **3.5. Çözüm Teknikleri**

Ameliyathanelerde zamanında tedavi ve artan verimlilik, uygun bir yönetim politikası gerektirir. Literatürde ameliyathane planlaması için etkin yönetim ve planlamaya dikkat çekilmektedir (Yahia vd., 2016). Ameliyathane planlama problemi, hastaneye gelecek hastaların başlangıç zamanı ile operasyon sırasında ayrılan kaynakların dengelenmesini içeren bir optimizasyon problemidir (Nazif, 2018). Ameliyathane çizelgeleme problem tipinin öncelikli amacı bu ünitelerin etkin kullanımını sağlayacak stratejilerin belirlenmesidir. Bu problem tipinde hazırlanan planlarda belirsizlik kaynaklarının varlığı ve ameliyathanelerde gerçekleştirilmesi gereken hedefler arttıkça problemin çözümü zorlaşmaktadır. Ameliyathanelerin birçok kaynağı (cerrahi ekip ve ekipman) olduğu için karmaşıklık artar (Hamid vd., 2019).

Planlamada gözlemlenen sorunlar bu birimlerin verimli kullanılmasını engellemekte ve verimsizliğe neden olmaktadır (Xiao vd., 2018). Ayrıca operasyonların iptaline ve uzun bekleme listelerine yol açabilmektedir. Planlama faaliyetlerinde tüm gerçek yaşam kısıtlarını yansıtmak karmaşıktır. Belirsizlik altında karar vermeye yardımcı olmak için kullanılan stokastik programlama bu noktada ön plana çıkmaktadır. Tam bilgili karar vericiler, stokastik programlamayı eksik gerçek hayat bilgileriyle ilgili olasılık ifadeleriyle açıklamaktadır (Jebali ve Diabat, 2015). Ameliyathanelerde doğru programları yapmak ve gerçek hayatı tam olarak yansıtmak için stokastik programlama modelleri kullanılmaktadır. Ele alınan problemlerin doğasındaki kısıtlar arttıkça çözüm süreci de zorlaşmaktadır. Bu nedenle literatürdeki araştırmacılar genellikle varsayımlar altında farklı çözüm teknikleri geliştirirler. Analiz işlemi her yöntemin üstünlüğü kullanılarak gerçekleştirilir. İncelenen çalışmalarda, araştırmacılar çözüm sürecinin etkinliğini artırmak için farklı çözüm yaklaşımları kullanmışlardır.

### **3.6. Tezin Literatüre Katkısı**

Ameliyathane çizelgeleme çalışmalarında operasyonları cerrahi ekip ile birlikte çizelgeleyen çalışmaların olmadığı görülmüştür. Cerrahi ekipten cerrah veya hemşireyi dikkate alan çalışmalar var olsa da tüm ekibi dikkate alan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ayrıca gerçek hayatta cerrahi ekipteki ana cerrah kendi uzmanlığına ait aynı anda birden fazla operasyonu dolaşarak hepsini yönetmektedir. Çizelge 3.5'te bu tez ile literatürdeki cerrahi ekiplerden bir veya daha fazlasının ameliyathane çizelgeleme süreçlerine dahil edildiği çalışmaların karşılaştırması görülmektedir.



### Çizelge 3. 6. Tezin literatüre katkısı

Çalışmalar	Performans ölçütlerine göre				Çizelgeleme sürecine cerrahi ekibin dahil edilmesi durumuna göre			Hasta tipine göre	
	Maliyet	Kullanım oranı	Gecikme/Bekleme süreleri	Personel memnuniyeti	Cerrah	Hemşire	Anestezi Uzmanı	Seçmeli Hasta	Seçmeli Olmayan Hasta
Pradenas et al. (2012)					√			√	
Molina-Pariente (2015)		√	√		√			√	
Wang et al. (2015)		√				√		√	
Guo et al. (2016)				√		√		√	
Penn et al. (2017)		√		√		√		√	
Liu et al. (2018)	√	√			√			√	
Khalfalli et al. (2019)		√			√			√	
Wang et al. (2021)					√			√	
Yiu et al.(2022)			√		√		√	√	
Li et al.(2022)	√				√			√	
<b>Bu tez</b>		√		√	√	√	√	√	

Bu tezin literatüre katkıları şu şekildedir;

- Bu tez ile ilk kez cerrahi ekip içerisinde yer alan ana cerrah-asistan cerrah- hemşire- anestezi uzmanı bütün olarak operasyonlar ile birlikte çizelgelenmiştir.
- Tez kapsamında 200 çalışma incelenmiştir. Bu çalışmalar karar verme seviyeleri, performans kriterleri, planlama sistemleri, hasta tipleri, belirsizlik türleri ve çözüm yöntemleri şeklinde sınıflandırılmıştır. Literatür çalışmalarının incelenmesi sonucunda gerçek hayata en uygun olacak şekilde ameliyathane çizelgeme problemi ele alınmıştır.
- Gerçek hayatta ana cerrah kendi uzmanlığına ait birçok operasyonu aynı zamanda farklı ameliyathanelerde yönetebilmektedir. Bu tez çalışmasında da buna olanak veren bir modelleme yapılmıştır. Ana cerrahın uzmanlığına ait operasyonları aynı blok dilimlerine atamasını yaparak birden fazla operasyonu kontrol edebilme ve yönetebilmesi sağlanmıştır.
- Modelleme ve uygulama gücü olan kısıt programlama ve katı kısıtları esnetebilmesi sayesinde hedef programlama yöntemi çözüm sürecinde kullanılmıştır.

## **4. AMELİYATHANE ve PERSONEL ÇİZELGELEME PROBLEMİ**

### **4.1. Problem Tanımı ve Varsayımlar**

Bu tez, bir devlet hastanesinden alınan veriler ile hastanelerin en önemli birimi olarak kabul edilen ameliyathanelere odaklanmaktadır. Operasyon sayısı, mevcut ameliyathane sayısı ve kapasiteleri, ameliyatların hazırlık ve temizlik süreleri, uzmanlık sayıları ve cerrahi ekiplerin yapısından oluşan veriler bir devlet hastanesinden alınmıştır. Bu verilere göre, ameliyathanelerin kapasiteleri dikkate alınarak, eksik kullanım ve fazla mesaiyi en aza indirirken, blok planlamasına izin vererek bazı uzmanlıklara özel blok tahsis etmeyi amaçlayan esnek bir model oluşturulmaktadır. Aynı zamanda oluşturulan senaryolar ile farklı durumlar altında problem çözümü gerçekleştirilmiştir. Literatüre en önemli katkısı cerrahi ekip içerisinde yer alan cerrah, hemşire ve anestezi uzmanını bütün olarak ameliyathane çizelgeleme sürecine dahil edilmiştir. Bu tez çalışmasında beş problem çözülmüştür. Her problemin özelliği Çizelge 4.1'de gösterilmektedir. Çizelge 4.2'de çözüm sürecinde stokastik olarak modellenen operasyon süreleri gösterilmektedir. Çözüm sürecinde ILOG CPLEX 12.10 paket programından yararlanılmıştır. Hesaplama süresi 3600 saniye olarak ayarlanmıştır.

**Çizelge 4. 1.** Tez çalışmasında problemlerin özellikleri

Uygulama Bilgileri		Kullanılan Yöntemler		Hedef Programlamanın Özellikleri		
Adı		Hedef Prog.	Kısıt Prog.	Kısıt Sayısı	Karar Değişkeni Sayısı	Hedef Kısıt Sayısı
	Genel Blok Çizelgeleme Modeli	√	√	$(3*i)+j$	$i+(i*j)$	$j$
Operasyon Sürelerinin Belirsizliğinin Dikkate Alınması	Ortopedi Cerrahi İçin Özel Kısıtların Olduğu Blok Çizelgeleme Modeli	√	√	$(3*i)+(2*j)$	$i+(i*j)$	$2*j$
	Ameliyathanelerin Uzmanlık Alanlarına Göre Ayrılması	√	√	$(3*i)+(i*j)+(j*s)+(t*s)+j+s$	$i+(i*j)+(s*j)+(s*t)$	$j+t$
	Operasyon Sürelerinin Belirsizliğini Etkileyen Faktörlerin Analizi	√	√	$(3*i)+(i*j)+(j*s)+(t*s)+j+s$	$i+(i*j)+(s*j)+(s*t)$	$j+t$
	Cerrahların Dahil Olduğu Model	√	√	$(3*i)+(2*s)+p$	$(i*s)+(i*p)$	$j+p$
	Cerrahi Ekibin Dahil Olduğu Model	√	√	$(p*j)+(4*p)+(2*j)+(3*i)+(p*t)$	$(p*j)+(i*p)$	$j+p$
	Cerrahi Ekip İçerisinde Yer Alan Cerrahın Birden Fazla Operasyonu Dolaşması	√	√	$(p*j)+(4*p)+(2*j)+3*i+(p*t)$	$(p*j)+(i*p)$	$j+p$

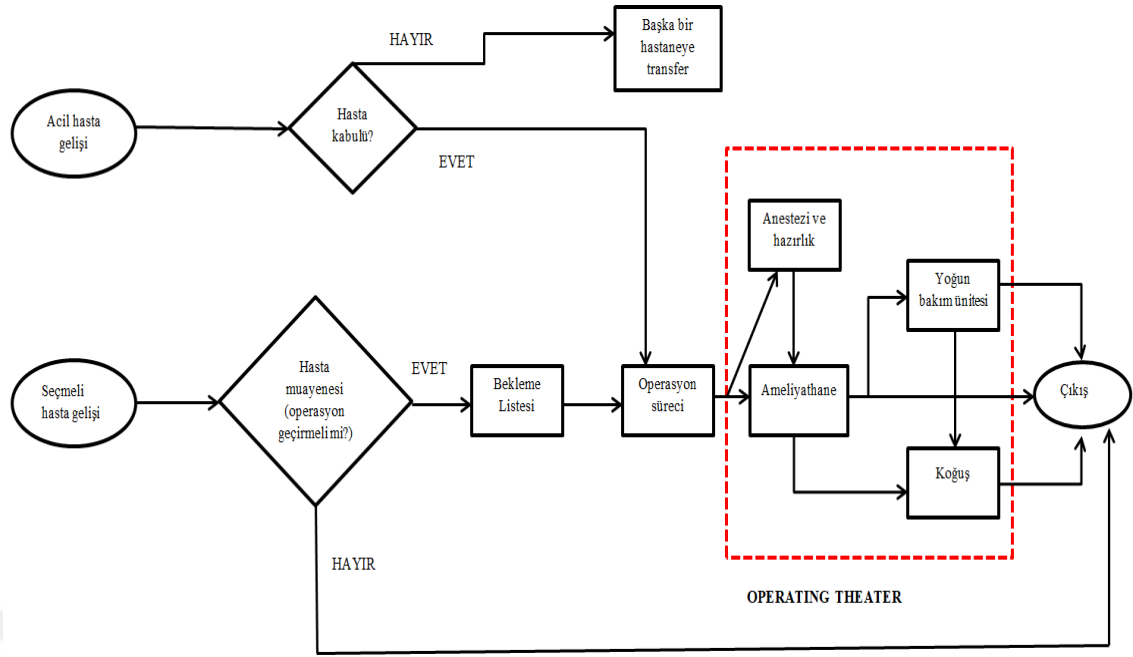
i: operasyon sayısı; j: OR-BLOK sayısı; p: personel sayısı

**Çizelge 4. 2. Operasyon süreleri (dk)**

O		GC1		KC		PC		GC2		U	
Op. No	Dk.	Op. No	Dk.	Op. No	Dk.	Op. No	Dk.	Op. No	Dk.	Op. No	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								

O: Ortopedi; GC: Genel cerrahi; KC: Kardiyovasküler; PC: Plastik cerrahi; U: Üroloji; Dk: Dakika; Op: Operasyon

Çizelge 4.2, çalışma sürelerini göstermektedir. Uzmanlıkların işlemleri ve çalışma süreleri verilmiştir. Bekleme listesinden alınan iki haftalık verilere göre hastanede yüz yirmi operasyon vardır. Bu hastanede altı uzmanlık ve sekiz ameliyathane bulunmaktadır. Blok çizelgelemeye izin veren model, atamalar için on zaman dilimine sahiptir. Her bir zaman dilimi dört saatlik bir çalışma süresini temsil eder ve günde toplam iki kez çalıştığı düşünülmektedir. Tezde, hastanelerin çalışma sürecini dikkate alarak modellemeler gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.1’de hastanelerin çalışma süreci gösterilmektedir.



**Şekil 4. 1.** Operasyon sürecinin modeli

Şekil 4.1’de verilen akışa göre hasta hastaneye giriş yaptığında önce muayene olmakta daha sonra operasyon geçirip geçirmediğine karar verilmektedir. Operasyon geçirecek hasta bekleme listesine alınarak operasyon zamanını beklemektedir. Operating theater olarak verilen “operasyon alanı” kavramı anestezi hazırlık odası, yoğun bakım ünitesi, dinlenme odası ve operasyonların gerçekleştiği ameliyathane odasının birleşiminden oluşmaktadır. Bu kavram literatürde sıklıkla kullanılmaktadır. Operasyonların ameliyathanelere tahsisi için iş mevzuatının izin verdiği azami çalışma saatlerinin belirlenmesi ve her ameliyathanede gerekli ekipman ve cihazların bulunması gibi çeşitli gereksinimler bulunmaktadır. Ayrıca hastanelerde birçok dış faktör vardır; ameliyathaneler de yapısı gereği çok fazla belirsizlik içermektedir. Bu nedenle, tezde dikkate alınan varsayımlar aşağıdaki gibidir;

- Bir işlemin planlanan başlangıç saatinden önce veya bir önceki işlemin bitiş saatinden önce başlatılmasına izin verilmemektedir.
- Servis gününde planlanan programın değiştirilme şansı yoktur, yani gün içinde yeniden düzenlenmesi veya prosedüre ilave yapılmasına izin verilmemektedir.
- Hastanede yapılacak ameliyat sayısı belirlidir ve acil durumlar dikkate alınmamıştır.

- Operasyonları yürütmek için yeterli sayıda personel ve gerekli tüm kaynaklar mevcuttur.
- Hastanede çalışma saatleri 08:00-12:00 ile 13:00-17:00 arasındadır.
- Hafta sonları ameliyat yapılmamaktadır; bu nedenle ameliyathaneler bu süre zarfında kapalı tutulmaktadır.
- Yapılacak işlemlerin işlem sürelerini tahmin etmek mümkün olmadığı için her bir işlemin ortalama çalışma süresi literatürde bulunan benzer verilerden alınacaktır.
- Bu işlemlerin süresine hazırlık ve temizlik sürelerinin dâhil olduğu kabul edilecektir.

Bu varsayımlar altında oluşturulacak ameliyathane çizelgelerinde hasta ve personel memnuniyetinin en üst düzeyde sağlanması ve çalışmanın hedeflerinin sağlanması istenmiştir. Böylece hem personelin sağladığı performans düzeyi hem de ameliyathanelerin verimliliği artırılacaktır. Bu varsayımlar altında oluşturulan ameliyathane planlaması ise;

- Fazla mesai ve yetersiz kullanımı önlemek için kaynakları dengeli dağıtmak,
- Hasta ve personel memnuniyetini en üst düzeyde sağlamak,
- Çalışan personelden en yüksek performansı alarak hastanenin verimliliğinin artırılması istenmektedir.
- Aynı uzmanlık alanına ait operasyonların belirli zaman dilimlerinde o uzmanlıktaki cerrahı atayarak planlamayı bloke etmek.
- Cerrahi ekibi (cerrah-hemşire-anestezi uzmanı) planlama sürecine dahil ederek hem personelin hem de operasyonların planlanmasını sağlamak
- Cerrahi ekibin çalışma süresini dengelemek.

Bu amaçla ameliyathanelerde oluşturulan ve profesyonelce planlanması gereken çizelgeler, ünitelerin etkinliğini vurgulamaktadır.

Tez çalışması problemi beş farklı senaryo ile çözümlenmiştir. İlk senaryoda operasyon sürelerinin belirsizliği alınarak temel bir problem çözümü gerçekleştirilmiştir. İkinci senaryoda, operasyon sürelerinin belirsizliğine neden olan faktörler analiz edilmiştir. Bu analiz işlemi AAS yöntemi ve PROMETHEE yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Operasyon sürelerinin belirsizliği modellenerek programlamaya dahil edilmiştir. Üçüncü senaryoda, hastanelerin yapısında bulunan cerrahi ekip içerisindeki cerrahlar çizelgeleme sürecine dahil edilmiştir. Dördüncü senaryoda, cerrahi ekip içerisinde yer alan ana cerrah-asistan cerrah-hemşire ve anestezi uzmanı bütünüyle operasyonlar ile birlikte çizelgelenmiştir. Beşinci senaryoda ise son olarak tüm ekip olarak dahil olan cerrahi ekipte yer alan ana cerrahın aynı anda birden çok operasyonu gezmesi ve kontrol etmesi modellenmiştir.

#### **4.2. Operasyon Sürelerinin Belirsizliğinin Dikkate Alınması**

Çalışmada kullanılan veriler Gür vd., (2019) çalışmasından alınmıştır. Bu veriler, hazırlık ve temizlik süreleri de dahil olmak üzere operasyon sayısını, mevcut ameliyathanelerin sayısını ve geçmiş veriler kullanılarak hazırlanan operasyon sürelerini içermektedir. Her cerrahiye ait veriler, cerrahi uzmanlık grubunu ve operasyonun gerçek başlama ve bitiş zamanını belirleyecek olan operasyon süresini içermektedir. Blok planlama stratejisinin planlandığı bu senaryoda, boş bloklar o zaman aralığında müsait olmayan ameliyathaneleri yansıtmaktadır. Çözüm sürecinde her bloğun bir cerrahi gruba atanması istenmektedir.



Gerçek hayattaki operasyon sürelerinde yaşanan belirsizlik göz önüne alınarak çözüm sürecinde hedef programlama ve kısıt programlama yöntemlerinin uygulama gücünde yararlanılmıştır. Bu senaryo için üç alt problem kurgulanmıştır. Her alt problem için de kısıt programlama ile doğrusal ve doğrusal olmayan çözümler elde edilmiştir. Ameliyathane kullanım oranı bir performans kriteri olarak kabul edilmiştir. Çalışma süreleri normal dağılımdaki ortalamaya karşılık gelmektedir. Bu nedenle standart sapma için CV (değişkenlik katsayısı) ve denklem (4.1) kullanılmıştır.

$$CV = \sigma/\mu \quad (4.1)$$

Değişkenlik katsayısı, bir veri serisindeki veri noktalarının ortalama etrafındaki dağılımının istatistiksel bir ölçüsüdür. Standart sapmanın ortalamaya oranını temsil etmektedir. Çalışmada kullanılan kısıt programlama modeli Gür vd. (2019) tarafından önerilen modele dayanmaktadır.

### ***Notasyonlar***

Zaman dilimi ve ameliyathane indeksi tek bir indekse dönüştürülerek ameliyathane-zaman dilimi ( $80=8*10$ ) olarak adlandırılmıştır.

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

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

$M$ : yeterince büyük bir sayı

$k$ : operasyon süresi

$s$ : uzmanlık sayısı  $s = 1, \dots, 6$

### ***Model Parametreleri***

$$x_i = i. \text{ operasyonun atanma durumu} \quad \forall i$$

$$y_{ij} = \begin{cases} 1, i. \text{ operasyon } j. \text{ ameliyathaneye atanırsa} \\ 0, \text{ diğ er durum} \end{cases} \quad \forall i, \forall j$$

$$z_{js} = \begin{cases} 1, s. \text{ uzmanlık } j. \text{ ameliyathaneye atanırsa} \\ 0, \text{ diğ er durum} \end{cases} \quad \forall s, \forall j$$

$$v_{ts} = \begin{cases} 1, s. \text{ uzmanlık } t. \text{ gruba atanırsa} \\ 0, \text{ diğ er durum} \end{cases} \quad \forall s, \forall t$$

$k_i$  :  $i$ . operasyonun hazırlık süresi dahil operasyon süresi  $\forall i$

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

$d_s$  : zaman dilimine atanan uzmanlardan oluşan set  $\forall s$

### **Sapma Değişkenleri**

$u_j^-$  : Ameliyathane-zaman diliminden toplam kullanılabilir süreye olan negatif sapma miktarı  $\forall j$

$u_j^+$  : Ameliyathane-zaman diliminden toplam kullanılabilir süreye olan pozitif sapma miktarı  $\forall j$

$r_s^-$  : Uzmanların zaman dilimini tercih etmekten negatif sapma miktarı  $\forall s$

$r_s^+$  : Uzmanların zaman dilimini tercih etmekten pozitif sapma miktarı  $\forall s$

$p_t^-$  : Ameliyathane-zaman dilimi  $j$ 'de atanan uzmanlardan negatif sapma mik.  $\forall t$

$p_t^+$  : Ameliyathane-zaman dilimi  $j$ 'de atanan uzmanlardan pozitif sapma mik  $\forall t$

### **Amaç Fonksiyonu**

$$\min \sum_{j=1}^m (u_j^- + u_j^+) \quad (4.2)$$

$$\min \sum_{j=1}^m r_j^+ \quad (4.3)$$

$$\min \sum_{t=1}^T p_t^+ \quad (4.4)$$

### **Kısıtlar**

$$x_i \leq 80 \quad \forall i \quad (4.5)$$

$$x_i \geq 1 \quad \forall i \quad (4.6)$$

$$x_i \neq x_k \quad \forall i, k \quad (4.7)$$

$$(x_i = j) = y_{ij} \quad \forall i, \forall j \quad (4.8)$$

$$\sum_i y_{ij} \leq M * z_{js} \quad \forall j, \forall s \quad (4.9)$$

$$\sum_i z_{js} \leq M * V_{ts} \quad \forall t, \forall s \quad (4.10)$$

$$\sum_i \mu_i(x_i = j) + \varphi^{-1}(\alpha) \cdot \sqrt{\sum_i \sigma_i^2(x_i = j)} + u_j^- - u_j^+ = 240 \quad \forall j \quad (4.11)$$

$$\sum_{c \in d_s} (x_i = k) + r_j^- - r_j^+ = 0 \quad \forall j \quad (4.12)$$

$$\sum_s V_{ts} + p_t^- - p_t^+ = 1; \quad \forall t \quad (4.13)$$

Matematiksel modeldeki süre kısıtı, gerçek hayattaki belirsizlikleri yansıtacak şekilde stokastik hale getirilmiştir. Ağpak ve Gökçen (2007) yeni bir doğrusal yaklaşım eşitsizliği (4.14) önermiş ve önerilen modelde şu şekilde kullanılmıştır:

$$\sqrt{\sum_{i=1}^N a_i^2} \leq \sum_{i=1}^N a_i \quad a_i \in \mathfrak{R}^+ \quad (4.14)$$

Verilen ifade çalışma sürelerindeki belirsizliği modellemek için doğrusal olmayan bir şekilde yazılmıştır. Bu kısıt (4.15) kısıtı ile doğrusallaştırılmıştır.

$$\sum_i \mu_i(x_i = j) + \varphi^{-1}(\alpha) \cdot \sum_i \sigma_i(x_i = j) + u_j^- - u_j^+ = 240; \quad (4.15)$$

Bu kısıtta (4.5) her operasyonun tüm ameliyathane ve zaman dilimlerine sadece bir kez atandığı belirtilmektedir. Eşitlik (4.7) ile her bir zaman diliminde tüm ameliyathanelerde en fazla altı farklı uzmanlık olması istenmektedir. Eşitlik (4.8), (4.9) ve (4.10) ile her ameliyathanede tüm zaman dilimleri için bir uzmanlık atamak mümkündür. Bu sayede aynı uzmanlığa ayrılmış ameliyathanede tüm hafta boyunca ekipman ve teknik personel değişikliğinden kaynaklanan bekleme veya aksama olmadan operasyonlar gerçekleştirilmektedir. Eşitlik (4.8), eğer i. operasyon, j ameliyathane zaman dilimi içinde atanmışsa, bu değeri karşılık gelen i ve j indeks değerleri ile  $y_{ij}$  karar değişkeninde depolar. Eşitlik (4.9) ve (4.10) ile operasyonlar uzmanlıklarına göre gruplandırılır ve daha sonra ameliyathane-zaman grubuna göre t indeksi ile bloklara atanır. Böylece ameliyathane-zaman dilim grubuna sütun bazında yalnızca bir uzmanlık atanır.

Ameliyathanelerin dengeli kullanımını optimize etmeyi amaçlayan Eşitlik (4.11) ve Eşitlik (4.2), mevcut zaman ile çalışma süresi arasındaki sapmaların en aza indirilmesi arzu edilmektedir. Ameliyathane-zaman dilimi içerisinde i operasyonu atanmışsa, ilgili uzmanlığın işlem süresi ile çarpılarak istenilen süre içerisinde çalıştırılması amaçlanmaktadır. Ameliyathanelerin dengeli kullanımını için negatif ve pozitif sapmalar minimize edilmektedir.

Eşitlik (4.12) ile her ameliyathanede istenilen zaman dilimlerinde uzman bir cerrahın operasyonlarının yapılması hedeflenmektedir. Kısıt uygulandığında atanmasını istemediğimiz zaman periyotları yazılarak sifıra eşitlenmektedir. Bu kısıtlamada pozitif yöndeki sapma en aza indirilir ve istenmeyen zaman dilimlerine atanması engellenir. Eşitlik (4.13) ile her ameliyathanenin bir hafta boyunca aynı uzmanlıklara atanması hedeflenmektedir. Böylece bir uzmanlık hafta boyunca aynı ameliyathanede çalışmaktadır. Bu kısıtlamada pozitif yöndeki sapma minimize edilmiştir.

ILOG CPLEX 12.10 yardımı ile model bir saat boyunca çalıştırılmış ve sayısal sonuçlar elde edilmiştir. Şans-kısıtlı programlama ile ameliyathane çizelgeleme problemine bir çözüm önerilmiştir. Ameliyathane çizelgeleme problemlerinde sıklıkla karşılaşılan ameliyat sürelerindeki belirsizlikler dikkate alınmaktadır. Operasyon sürelerinin belirli bir ortalama ve varyansa sahip olduğu varsayılarak, sürelerin güvenilirliğinin sağlanması istenmektedir. Gerçek hayatta karşılaşılan farklı durumlar alt problem olarak ele alınmıştır ve çözüm sürecinde ayrı ayrı modellenmektedir. Şans-kısıtlı programlama ile oluşturulan üç alt problem ayrı ayrı çözülmüştür. Bu modeller doğrusal ve doğrusal olmayan olarak çözümlenmiştir.

#### **4.2.1. Genel Blok Çizelgeleme Modeli**

Burada, ortopedi, genel cerrahi 1 (GC1), plastik cerrahi, kardiyovasküler cerrahi ve genel cerrahi 2 (GC2) olmak üzere 120 operasyon için blok planlama planlanmıştır. Blok çizelgelemede belirli zaman dilimleri belirli özelliklerle çalışma mantığına göre hareket edilir. Bu düşünceyle modelde blok çizelgeleme yapılmış ve modelde ameliyathane kullanımı dengelenmiştir. Ayrıca dengeli kullanımı sağlamak için bloklara aynı uzmanlıkta operasyonlar atanmıştır. Böylece, amaç fonksiyonunda ameliyathanelerin kullanımını içeren zaman kısıtı ile ilgili negatif ve pozitif yönlerdeki sapma minimize edilmiştir.

Modelde; (4.5) atama kısıtında, (4.7) blok çizelgeleme kısıtında verilmiş, (4.11) eşitliğiyle ameliyathanede kapasite/zaman kısıtları bulunmaktadır.

#### **4.2.2. Ortopedi Cerrahi İçin Özel Kısıtların Olduğu Blok Çizelgeleme Modeli**

Burada, probleme eklemeler yapılarak uzmanların blok çizelgeleme yapan ameliyathanelerde belirli zaman dilimlerini seçmelerine olanak sağlanmıştır. Bu modeli oluşturmak isteyen uzmanlara göre cerrahların kendi programlarını yapmalarının faydalı olacağı düşünülmüştür. Bu alt problem ortopedi cerrahının her ameliyathanede 08:00-12:00 saatleri arasında çalışması ve genel olarak tüm uzmanlığını dağıtması gerekmektedir. Bu tercih kısıtı modele aktarılırken ortopedi cerrahının çalışması istenmeyen zaman dilimleri yazılmış ve sağ taraf sıfıra eşitlenmiştir. Bu hedefin pozitif yönündeki sapma en aza indirilerek istenmeyen zaman dilimlerine atanması engellenmiştir. Pozitif yöndeki sapma, amaç fonksiyonunda fazla mesaiden kaçınmak için büyük bir sayı ile çarpılmaktadır. Birincil işlev, belirli uzmanlığa sahip cerrahların zaman tercihlerindeki kısıtlarda pozitif yönde bir sapma, ameliyathanelerin dengeli dağılımında pozitif ve negatif yönde bir sapma ve ameliyathanelerin kullanımını içeren zaman kısıtlamasında negatif ve pozitif yönde sapmalar ile en aza indirilir. Eşitliklerde; (4.5) atama kısıtı, (4.7) blok çizelgeleme kısıtı, (4.11) ameliyathane kapasitesi/zaman kısıtı denklemi, (4.12) belirli branşlardaki cerrahların zaman tercihleri kısıtları kullanılmıştır.

#### **4.2.3. Ameliyathanelerin Uzmanlık Alanlarına Göre Ayrılması**

Burada farklı olarak tüm hafta boyunca bir ameliyathane aynı uzmanlığa ayrılmaktadır. Modele farklı kısıtlar eklenerek gerçek hayatta gerçekleşmesi istenerek tüm zaman dilimleri için bir ameliyathanede aynı uzmanlık görevlendirilmiştir. Böylece, uzmanlık gerektiren işlemleri ekipman ve teknik personel değiştirmeden gerçekleştirilebilmektedir.

Burada, ameliyathanelerin öncelikle amaç fonksiyonunda aynı uzmanlığa ait olmasına ilişkin kısıtlamadaki pozitif yöndeki sapma ile ameliyathanelerin kullanımını içeren zaman kısıtlamasına ilişkin negatif ve pozitif yöndeki sapma en aza indirilmektedir. Böylece her ameliyathanede hafta boyunca her operasyon dengeli bir şekilde atanmıştır. Model, bu varsayımlar ve hedefler çerçevesinde IBM ILOG CPLEX 12.10 paket programı ile kodlanmış ve 3600 saniye çözülmüştür. Eşitliklerde; (4.5) denkleminde verilen atama kısıtı, (4.7) denkleminde verilen blok zamanlama kısıtı, (4.8), (4.9), (4.10) denklemlerinde blok kapama kısıtı, ameliyathane (4.11) denklemlerinde kapasite/zaman kısıtı, (4.13) denklemlerinde aynı ameliyathane uzmanlığına ait kısıt kullanılmıştır.

Burada hastaların operasyon süresindeki belirsizliklerden kaynaklanan gecikmeler, hasta ertelemeleri, vaka iptalleri veya fazla mesai gibi verimsizliklerin önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle ameliyathanelerin kullanım oranı verimli hale getirilmeye çalışılmıştır.

#### **4.2.4. Karşılaştırmalı sonuçlar**

Tüm modeller ILOG CPLEX 12.10 paket programı yardımıyla 3600 saniyede çözülmüştür. Problemden performans ölçütü olarak kullanım oranı kullanılmaktadır. Çizelge 4.3'te atama sonuçlarına göre kullanım oranları gösterilmektedir.

### Çizelge 4. 3. Modellerdeki kullanım oranları

CV (Değişkenlik Katsayısı)	Alfa Değeri ( $\alpha$ )	Genel Blok	Ortopedi	Uzmanlık	Genel Blok	Ortopedi	Uzmanlık
		Çizelgeleme	Cerrahi Özel	Alanına Göre Çizelgeleme	Çizelgeleme	Cerrahi Özel	Alanına Göre Çizelgeleme
		Linear KP Model			Non-linear KP Model		
0.1	0.900	70%	71%	63%	69%	70%	67%
	0.925	71%	72%	61%	70%	70%	67%
	0.950	72%	73%	64%	71%	72%	68%
	0.975	74%	74%	64%	72%	73%	69%
0.2	0.900	76%	77%	64%	74%	76%	71%
	0.925	76%	78%	64%	75%	76%	72%
	0.950	78%	80%	65%	77%	78%	74%
	0.975	81%	81%	66%	79%	80%	71%
0.3	0.900	79%	81%	65%	78%	80%	74%
	0.925	82%	83%	65%	81%	82%	77%
	0.950	84%	84%	65%	82%	83%	77%
	0.975	86%	87%	67%	85%	86%	79%
0.4	0.900	83%	86%	65%	82%	84%	78%
	0.925	86%	87%	65%	84%	85%	79%
	0.950	87%	88%	65%	86%	88%	82%
	0.975	90%	91%	66%	89%	90%	84%
0.5	0.900	87%	88%	65%	86%	88%	79%
	0.925	89%	90%	66%	88%	90%	82%
	0.950	91%	92%	66%	90%	92%	85%
	0.975	93%	93%	67%	93%	94%	82%

Çizelge 4.3'de gösterilen kullanım oranlarının karşılaştırılması ise Çizelge 4.4'de gösterilmektedir.

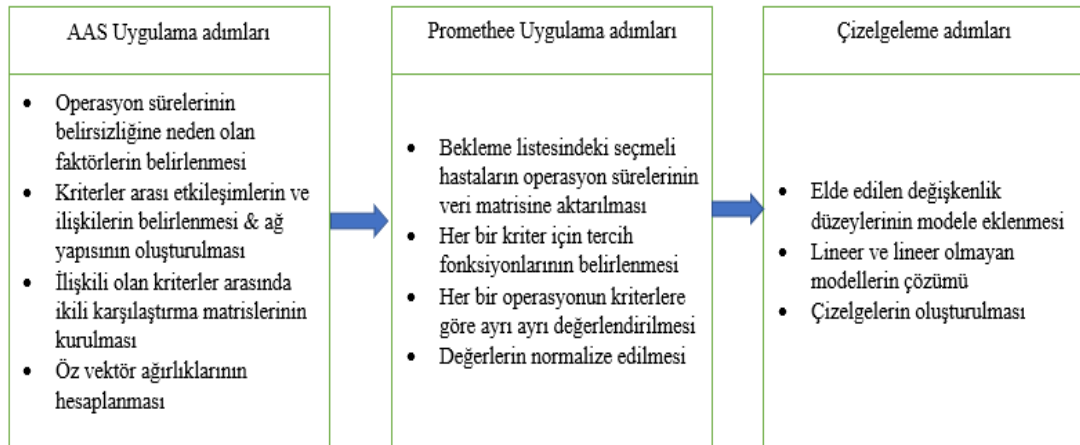
### Çizelge 4. 4. Model sonuçlarının karşılaştırılması

Modeller	Stochastic				
	Deterministik (Ortalama)	Linear KP Model (Ortalama)	Linear KP Model (Std Sapma)	Non-linear KP Model (Ortalama)	Non-linear KP Model (Std Sapma)
Genel Blok Çizelgeleme	64,3	65,4	0,0681	64,44	0,0697
Ortopedi Cerrahi Özel	59,95	66,24	0,0674	65,48	0,0721
Uzmanlık Alanına Göre Çizelgeleme	60,775	51,92	0,0134	60,68	0,0563

Ameliyathane kullanım oranlarının ortalama değerleri izelge 4.3'te gösterilmiştir. Bu değerler aritmetik ortalama alınarak bir ortalama değeri yansıtacak şekilde hesaplanmıştır. Bu senaryoda oluşturulan alt problemlerde kullanım oranlarının alfa değeri ve cv değerlerine göre değişlik gösterdiği gözlemlenmiştir. şans kısıtlı programlama, rastgele kısıtları belirli seviyelere göre deterministik hale getirmeyi ve böylece gerçek hayatta karşılaşılan olasılıksal ve rastgele durumları modellemeyi amaçlamaktadır.

### 4.3. Operasyon Sürelerinin Belirsizliğini Etkileyen Faktörlerin Analizi

Ameliyathane izelgeleme süreçlerini etkileyen belirsizlik türleri arasında operasyon sürelerinin belirsizliği dikkate alınmıştır. Operasyon sürelerinde yaşanan belirsizlikler planlamada aksamalara neden olmaktadır. Bu durum operasyonların ertelenmesi veya iptali ile sonuçlanmaktadır. Senaryoda literatürdeki veri seti kullanılarak bir durum çalışması yapılmıştır (Gr vd., 2019). Bekleme listesindeki seçmeli hastaların operasyon sresinde belirsizliğe neden olan faktörler incelenmiştir. zm aşamasında çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmıştır. Bu faktörleri değerlendirmek için AAS yöntemi, değişkenlik düzeyini belirlemek için PROMETHEE yöntemi kullanılmıştır. şekil 4.2, senaryonun çözüm sürecinin akışını göstermektedir.



şekil 4. 2. Senaryo 2 uygulama adımları



### 4.3.1. Operasyon Sürelerinin Belirsizliğini Etkileyen Faktörler

Bir hasta grubu ya da bir dizi operasyon düşünüldüğünde, her operasyonun/hastanın tıbbi yapısı ile ilgili kendine has özellikleri vardır. Yani her hasta bireysel olarak değerlendirildiğinde gerçek hayattaki yaşam tarzı operasyon süresini etkilemektedir. Ameliyathane çizelgeleme sürecinin doğası gereği ortaya çıkan operasyon süresindeki belirsizlikler incelendiğinde bu belirsizliklere neden olan birçok faktörün olduğu görülmektedir. Bu faktörler cerrah, hasta ve diğer olarak kategorize edilmiştir. Ameliyathaneler homojen bir yapıya sahip olmasına rağmen her bir operasyon sürecinin farklılaşması belirsizliğin artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle operasyonun yapısını ve süresini farklılaştıran bu faktörler göz önüne alındığında ve belirsizlik durumu her operasyon bazında özel olarak düşünüldüğünde ameliyathane kullanım oranlarının değiştiği görülmektedir. Bu faktörler cerrahın deneyimi, ameliyatın zorluğu, hastanın kilosu, yaşı, sigara ve alkol kullanımı, hastalık öyküsü, ekipman ve malzeme yeterliliği ve haftalık çalışma saatleridir. Çizelge 4.5 bu faktörleri içermektedir.

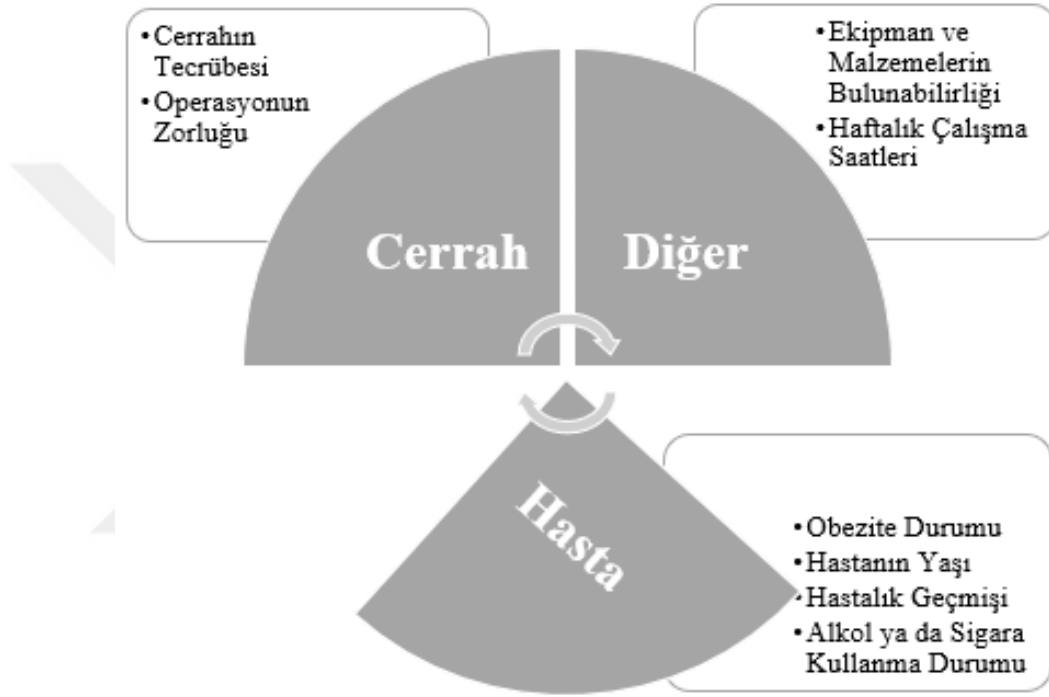
**Çizelge 4. 5.** Belirsizliği etkileyen faktörler

Ana Kriter	Alt Kriter	Tanım
Cerrah	Cerrahın tecrübesi	Benzer operasyonları yüzlerce kez yapmış bir cerrah, operasyonunu kolayca ve hızlıca bitirebilir.
	Operasyonun zorluğu	Her işlem kendi uzmanlığını gerektirir. Hemen hemen aynı demografik ve tanısal özelliklere sahip iki hastanın zorluk katsayısı birbirinden çok farklı olabilir.
	Obezite durumu	Her hasta, hastanın ne kadar fazla kilolu olduğu ve obeziteye bağlı ikincil sağlık sorunlarının olup olmadığına göre ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Obezite, daha uzun ameliyat süresine ve daha yüksek cerrahi alan enfeksiyon oranlarına neden olur. Daha fazla cerrahi kan kaybı ve daha uzun operasyon süresi için önemli bir risk faktörüdür.
Hasta	Hastanın yaşı	Yaşlı veya çok genç hastalar yüksek riskli hastalardır.
	Hastalık geçmişi	Tıbbi geçmişin alınması, ilgili kronik hastalıkları ve hastanın tedavi altında olmadığı ancak hastanın sağlığı üzerinde kalıcı etkileri olabilecek diğer önceki hastalık durumlarını ortaya çıkarabilir.
	Alkol ya da sigara kullanma durumu	Sigara içen ve alkol kullananlarda anestezi ve ameliyat gerektiğinde bu durumların neden olduğu değişiklikler daha da önem kazanmaktadır. Bu etkilerle sigara ve alkol kullananlarda ameliyat öncesi ve sonrası risk artmaktadır. Ayrıca alkol kullanımında anesteziye karşı direnci çok yüksektir.
Diğer	Ekipman malzemelerin bulunabilirliği	ve Operasyon sırasında ekipman ve malzeme eksikliği, beklemeye neden olur ve operasyon süresini uzatır. Ayrıca hastalarda enfeksiyon riskini artırır.
	Haftalık çalışma saatleri	Aşırı çalışma saatleri, çalışma ekibinde yorgunluk ve stresin artmasına neden olur.

Örneğin, hastanın hastalık öyküsü, sigara/alkol vb. gerçek yaşam faktörlerinin değerlendirilmesi, operasyon sürelerindeki değişkenliği ne kadar etkilediği ve çizelgeleri ne kadar şekillendirdiği üzerinde etkilidir.

#### 4.3.2. Kriterler Arasında Etkileşim ve İlişkiler

AAS yönteminin çözüm sürecine göre, uzman görüşleri alınarak probleme etki eden faktörler belirlenmiş ve aralarındaki etkileşimlere göre bir ağ yapısı oluşturulmuştur. Ağ yapısı Şekil 4.3'te gösterilmektedir.



Şekil 4. 3. Kriterler arası ağ yapısı

Şekil 4.3, kriterler arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Burada her bir kriterin altında alt kriterler belirlenmiştir. Bu kriterler arasında karşılıklı bir etkileşim vardır, AAS yönteminin bu etkileşimi modelleme gücünden yararlanılmıştır. Kriterler kendi grubu içindeki kriterleri etkileyebileceği gibi diğer ana kriterler altındaki kriterleri de etkileyebilmektedir. Kriterler arası etkileşime örnek olarak hastanın yaş kriteri hastalık öyküsünü etkileyebilir ve benzer şekilde ameliyatın zorluğunu arttırabilir. Ağ yapısı bu ve benzeri etkileşimler dikkate alınarak oluşturulmuştur.

Şekil 4.3'te gösterilen ağ yapısına göre ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Bu değerlendirme yapılırken uzmanların görüşlerine başvurulmuştur ve Super Decision paket programı yardımıyla hesaplamalar yapılmıştır. Sağlık kuruluşunda görev yapan bir uzman, doktor ve bir akademisyen olmak üzere üç kişiden oluşan uzman grubu tarafından değerlendirmeler yapılmıştır. Bu uzmanlardan alınan görüşlerle ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Bu ikili karşılaştırma matrisleri geometrik ortalama yöntemiyle birleştirilmiştir. Kriterlerin ağırlıkları hesaplanırken tüm ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlılık oranlarının 0,1'den küçük olduğu gözlemlenmiştir.

#### 4.3.3. Kriterlerin İkili Karşılaştırma Matrisleri ile Değerlendirilmesi

Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Çizelge 4.6, örnek bir karşılaştırma matrisi içermektedir. Bu değerlendirmeler yapılırken Saaty'nin 1-9 (1996) skalası kullanılmıştır. Her kriter üç kişilik bir uzman ekibin görüşlerine göre karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda faktörlerin önem ağırlıkları elde edilmiştir. Bu ağırlıklar Çizelge 4.7'de gösterilmiştir.

**Çizelge 4. 6.** Örnek ikili karşılaştırma matrisi ("Hasta" Kümesinde "İşlem Zorluğu" düğümü ile karşılaştırmalar)

Hastalık geçmişi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Obezite
Hastalık geçmişi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sigara ve alkol kullanımı
Hastalık geçmişi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Hastanın yaşı
Obezite	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sigara ve alkol kullanımı
Obezite	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Hastanın yaşı
Sigara ve alkol kullanımı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Hastanın yaşı

**Çizelge 4. 7.** Kriter ağırlıkları

Hasta				Cerrah		Diğer	
Hastanın yaşı	Hastalık geçmişi	Sigara ve alkol kullanımı	Obezite	Cerrahin tecrübesi	Operasyonun zorluğu	Ekipman ve malzemelerin bulunabilirliği	Haftalık çalışma saatleri
0,34366	0,42471	0,09404	0,13758	0,41917	0,58083	0,49314	0,50686

Çizelge 4.6 incelendiğinde operasyon süresi değişkenliğini etkileyen en önemli faktörün 0,58083 ağırlık ile operasyonun zorluğu olduğu belirlenmiştir. Ameliyathanede yapılan ameliyatın zor doğası cerrahların daha yavaş ve hassas hareket ederek tamamlamasını gerektirir. Bu durumda operasyon süresinin uzamasına neden olmaktadır. Diğer faktörler için de benzer yorumlar yapılabilir.

#### **4.3.4. Veri Matrisinin Oluşturulması**

PROMETHEE yönteminde öncelikle veri matrisi oluşturulmaktadır. Veri matrisi için AAS yönteminden elde edilen kriter ağırlıkları kullanılmıştır. Her bir kriter için tercih fonksiyonu belirlenmiştir. Promethee yönteminin en önemli avantajı çok etkili sonuçlar elde edilebilmesidir. Her bir değerlendirme kriteri için farklı fonksiyon tipleri kullanılabilir. Bu çalışmada kullanılan fonksiyonlar v-tip ve olağan tercih fonksiyonlarıdır. Bu işlevler için kriterler bazında değerlendirme sistemleri oluşturulmuştur. Yaş kriteri için her hastanın yaşı girilirken, hastalık öyküsü; sigara ve alkol kullanımı, ekipman ve malzemelerin mevcudiyeti; obezite kriterleri için evet/hayır sorusuna cevap verilmiştir. Her operasyon bazında cerrahın uzmanlık alanı, operasyon zorluğu ve haftalık çalışma saatleri değerlendirildi. Böylece elde edilen sıralama ile her bir işlemin CV değeri elde edilmiştir. Çözüm sürecinde belirsizlik, işleme göre CV değeri ile modellenmiştir. Çizelge 4.8, rastgele on hastanın faktörlere göre değerlerini ve karşılığında CV değerlerini göstermektedir.

#### Çizelge 4. 8. Hastaların kriterlere göre değerleri

Faktör / Op.	Hastanın yaşı	Hastalık geçmişi	Sigara ve alkol kullanımı	Obezite	Cerrahin tecrübesi	Op. zorluğu	Ekipman ve malzemelerin bulunabilirliği	Haftalık çalışma saatleri	Promethee değerleri	CV
OP10	90	Evet	Evet	Evet	5	4	Hayır	5	0,5761	1
OP19	17	Hayır	Evet	Evet	5	4	Hayır	3	0,0793	0,5479
OP46	20	Hayır	Evet	Evet	10	2	Evet	5	-0,2268	0,2418
OP57	43	Hayır	Hayır	Hayır	10	2	Evet	1	-0,4324	0,0362
OP44	55	Evet	Hayır	Hayır	15	3	Evet	3	-0,1002	0,3684
OP55	55	Evet	Evet	Evet	5	3	Hayır	5	0,4398	0,9084
OP36	71	Hayır	Evet	Hayır	5	2	Evet	3	-0,0817	0,3869
OP71	47	Hayır	Evet	Evet	5	2	Evet	3	-0,1091	0,3595
OP50	32	Hayır	Evet	Hayır	5	4	Evet	3	-0,1014	0,3672
OP95	71	Hayır	Hayır	Evet	5	1	Evet	5	0,0074	0,4760

Çizelge 4.8'de bekleme listesindeki hastalar arasından rastgele on hasta gösterilmektedir. Bu on hastanın hesaplamaları sonucunda belirlenen değişkenlik değeri dahil edilmiştir. Diğer faktörler açısından farklı koşullara sahip olan aynı yaştaki hastalar da değişkenlik için farklı bir değere sahiptir. Örneğin OP44 ve OP55 operasyonları aynı yaşta olmasına rağmen değişkenlik değerleri birbirinden çok farklıdır. Bu durumun nedeni diğer faktörlerdeki değerlerin farklı olmasıdır. Cerrahin deneyimi her iki hasta için de farklıdır ve bu faktörün yüksek kriter ağırlığı değişkenlikte anlamlı bir farklılığa neden olmuştur. Böylece planlamada her hasta ayrı ayrı değerlendirilecektir. Bu durum da yapılan planların doğruluğunu arttırmaktadır. PROMETHEE yönteminde tam bir sıralama yapabilmek için fi ( $\Phi$ ) değerleri birbirinden çıkarılır. Bu hesaplama PROMETHEE-II sıralamasında negatif değerlere neden olmaktadır. Modelleme sürecinde elde edilen sonuçlar bu değerleri yansıtmak üzere normalize edilmiştir. Normalleştirme için, en küçük negatif değer sifira eşit olacak şekilde ekleme yapılmıştır ve bu değer sonraki her bir değere eklenmiştir. Bunun sonucunda elde edilen değerler modele aktarılabilir hale getirilmiştir. Çizelge 4.8'de son sütundaki değişkenlik değerlerine bakıldığında bir değeri değişkenliğin yüksek olduğunu yani hastanın tıbbi özelliklerinin operasyon süresini ciddi şekilde etkileyeceğini göstermektedir.

#### 4.3.5. Çizelgelerin Oluşturulması

Ameliyathane çizelgeleme problem tipinin temel amacı, bu ünitelerin etkin bir şekilde kullanılmasını sağlayacak stratejilerin belirlenmesidir. Ameliyathane çizelgeleme probleminde hazırlanan planlarda belirsizlik kaynaklarının bulunması nedeniyle çözüm süreci zorlaşmaktadır. Bu senaryoda operasyon sürelerinin belirsiz olmasının nedeni araştırılmıştır ve ameliyathanelerin hastalara tahsisinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Bu sürelerin beklenenden az veya fazla olması ameliyathanelerin daha az veya daha fazla kullanılmasına neden olmaktadır (Pang vd., 2018). Bu nedenle belirsizliğe neden olan faktörler değerlendirilmiştir. Her operasyon için operasyon süresini etkileyen faktöre göre çözüm süreci gerçekleştirilmiştir. Genel blok çizelgeleme modelinde kurulan notasyon ve parametreler kullanılmıştır.

Bu kısıtta (4.5) her operasyonun tüm ameliyathane ve zaman dilimlerine sadece bir kez atandığı belirtilmektedir. Bu kısıtlama (4.7) ile her bir zaman diliminde tüm ameliyathanelerde en fazla 6 farklı uzmanlık olması istenmektedir. Bu kısıtlar (4.8), (4.9) ve (4.10) ile her ameliyathanede tüm zaman dilimleri için bir uzmanlık atamak mümkündür. Bu sayede aynı uzmanlığa ayrılmış ameliyathanede tüm hafta boyunca ekipman ve teknik personel değişikliğinden kaynaklanan bekleme veya aksama olmadan ameliyathane zaman dilimi içinde atanmışsa, bu değeri karşılık gelen  $i$  ve  $j$  indeks değerleri ile  $y_{ij}$  karar değişkeninde depolar.

Ameliyathanelerin dengeli kullanımını optimize etmeyi amaçlayan Eşitlik (4.11) ve Eşitlik (4.2), mevcut zaman ile çalışma süresi arasındaki sapmaların en aza indirilmesi arzu edilir. Ameliyathane-zaman dilimi  $j$  içerisinde  $i$  operasyonu atanmışsa, ilgili uzmanlığın işlem süresi ile çarpılarak istenilen süre içerisinde çalıştırılması amaçlanır. Ameliyathanelerin dengeli kullanımı için negatif ve pozitif sapmalar minimize edilmiştir.

Çizelge 4.9, PROMETHEE yönteminde belirlenen her bir işlem için CV değerini gösterir. Modelde gerçek hayatta operasyon sürelerinde yaşanan belirsizlik göz önüne alınarak hedef programlama ve şans kısıtlı kısıt programlama yöntemlerinin uygulama gücünden yararlanılmıştır. Performans ölçümü olarak ameliyathane kullanım oranı dikkate alınmıştır.

**Çizelge 4. 9.** Her bir operasyonun CV değeri

Operasyon No	CV Değeri	Operasyon No	CV Değeri	Operasyon No	CV Değeri	Operasyon No	CV Değeri
1	0,3409	31	0,573	61	0,5966	91	0,3906
2	0,5032	32	0,6567	62	0,5501	92	0,0398
3	0,6546	33	0,7472	63	0,8168	93	0,54
4	0,4164	34	0,2214	64	0,4545	94	0,1183
5	0,344	35	0,5536	65	0,3057	95	0,476
6	0,7134	36	0,3869	66	0,1516	96	0,5686
7	0,3798	37	0,4314	67	0	97	0,4841
8	0,5695	38	0,381	68	0,5841	98	0,5996
9	0,6596	39	0,3477	69	0,247	99	0,6631
10	1	40	0,4539	70	0,3555	100	0,5207
11	0,5095	41	0,5043	71	0,3595	101	0,9187
12	0,5315	42	0,2964	72	0,4026	102	0,4515
13	0,6987	43	0,3684	73	0,2846	103	0,5914
14	0,336	44	0,3684	74	0,1592	104	0,4278
15	0,6616	45	0,4269	75	0,2925	105	0,6413
16	0,6208	46	0,2418	76	0,4625	106	0,7241
17	0,4253	47	0,5011	77	0,106	107	0,0309
18	0,5562	48	0,4768	78	0,1213	108	0,2701
19	0,5479	49	0,4879	79	0,4626	109	0,1019
20	0,654	50	0,3672	80	0,2054	110	0,2043
21	0,5327	51	0,5959	81	0,4863	111	0,4624
22	0,6936	52	0,4839	82	0,6028	112	0,4445
23	0,4681	53	0,7153	83	0,1086	113	0,3955
24	0,9154	54	0,5746	84	0,5513	114	0,4435
25	0,5874	55	0,9084	85	0,6214	115	0,7935
26	0,7964	56	0,6636	86	0,4395	116	0,3307
27	0,4717	57	0,0362	87	0,3593	117	0,4374
28	0,5239	58	0,4805	88	0,2921	118	0,6896
29	0,6098	59	0,3622	89	0,5183	119	0,1713
30	0,9744	60	0,1552	90	0,4863	120	0,4075

Çizelge 4.9'daki değerler her işlem için cv değerini göstermektedir. Operasyon 67'nin cv değeri sıfır olduğunda, kriterler bazında değerlendirildiğinde operasyon sürecindeki değişkenliğin düşük olduğunu ve operasyon süresini çok fazla değiştirmedeği düşünülebilmektedir. Tam tersi durum olan onuncu Operasyon için ise kriterlere göre değerlendirildiğinde operasyon süresini etkileyebilecek birçok faktör altında etkili olduğu görülmektedir. Bu nedenle değişkenliğin çok olduğu şeklinde yorum yapılabilir. ILOG CPLEX 12.10 yardımı ile sayısal sonuçlar elde edilmiştir. Şans-kısıtlı programlama ile ameliyathane çizelgeleme problemine bir çözüm önerilmiştir. Ameliyathane çizelgeleme problemlerinde sıklıkla karşılaşılan operasyon sürelerindeki belirsizlikler dikkate alınmaktadır. Operasyon sürelerinin belirli bir ortalama ve varyansa sahip olduğu varsayılarak sürelerin güvenilirliğinin sağlanması istenmektedir.

Bütün hafta boyunca aynı ameliyathanede uzmanlaşmak istenmektedir. Modele farklı kısıtlar eklenerek gerçek hayatta gerçekleşmesi istenen bu senaryo ile tüm zaman dilimleri için bir ameliyathanede aynı uzmanlık görevlendirilmiştir. Böylece uzmanlıkların işlemleri ekipman ve teknik personel değiştirilmeden gerçekleştirilebilmektedir. Ameliyathanelerin öncelikle amaç fonksiyonunda aynı uzmanlığa ait olmasına ilişkin kısıtlamadaki pozitif yöndeki sapma ile ameliyathanelerin kullanımını içeren zaman kısıtlamasına ilişkin negatif ve pozitif yöndeki sapma en aza indirilir. Model IBM ILOG CPLEX programı ile kodlanmış ve çözülmüştür.

Ameliyathane çizelgeleme probleminde en büyük belirsizliklerden biri olan operasyon süreleri düşünüldüğünde bu sürelerin birçok farklı faktörden değişebileceği bilinmektedir. Değişken operasyon süreleri, ameliyathanelerin kullanım oranını doğrudan etkilemektedir. Bu senaryoda bu faktörlerin belirlenmesine odaklanılmıştır. Uzman görüşleri doğrultusunda ve literatür araştırması sonucunda operasyon sürelerinin belirsizliğine neden olan faktörler cerrahın tecrübesi, ameliyatın zorluğu, hastanın yaşı ve kilosu, sigara ve alkol kullanımı, hastalık öyküsü, ekipman ve malzemelerin mevcudiyeti ve haftalık çalışma saatleri olarak belirlenmiştir.



Her hasta bu faktörler altında değerlendirildiğinde operasyon süresinin her hasta için farklılık gösterdiği görülmektedir. Bu durum dikkate alınmadan planlama yapıldığında planların doğruluk oranlarında sapmalar olması olasıdır. Bu varyasyonlar göz önüne alındığında yapılan planların gerçek hayattan daha sağlam olduğu düşünülmektedir. Çizelge 4.10'da sonuçlar ve Çizelge 4.11'de sonuçların karşılaştırılması verilmiştir.

**Çizelge 4. 10.** Model sonuçları

CV (Değişkenlik Katsayısı)	Alfa Değeri ( $\alpha$ )	Lineer	Non-Linear	Deterministik Model
0,1	0,9	65%	65%	69%
	0,925	65%	66%	
	0,95	66%	65%	
	0,975	68%	65%	
0,2	0,9	68%	67%	
	0,925	68%	68%	
	0,95	69%	69%	
	0,975	70%	71%	
0,3	0,9	70%	72%	
	0,925	71%	72%	
	0,95	72%	73%	
	0,975	72%	73%	
0,4	0,9	72%	73%	
	0,925	73%	73%	
	0,95	73%	74%	
	0,975	74%	75%	
0,5	0,9	74%	75%	
	0,925	75%	75%	
	0,95	76%	77%	
	0,975	77%	78%	

**Çizelge 4. 11.** Sonuçların karşılaştırılması

	Lineer Model				Non-Linear Model			
	1,29	1,44	1,645	1,96	1,29	1,44	1,645	1,96
Fazla Mesai Çalışan Blok Sayısı	6	5	4	4	7	7	6	5
Az Kullanım Blok Sayısı (%50 oranından az kullanıma sahip olan)	5	6	5	4	10	7	5	2
Tam Kullanım Blok Sayısı	6	7	7	9	5	12	8	11
Kullanılmayan Blok Sayısı	18	16	14	15	6	16	16	18

Çizelge 4.11 incelendiğinde, çalışmanın hem doğrusal hem de doğrusal olmayan sonuçlarının kullanım oranlarının karşılaştırıldığı görülmektedir.

Bu çizelgeye göre alfa değerindeki ( $\alpha$ ) artış, ameliyathanelerin daha etkin kullanılmasını sağlamıştır. Bu durumda değişkenlik oranlarının hastalara göre ayrı ayrı ele alınması da katkı sağlamaktadır. Elde edilen sonuçlarla ameliyathanelerin çoğu tam kapasite ile çalışmaktadır. Mümkün olduğunca fazla mesai ve daha az kullanım engellenmeye çalışılmıştır. Hastane yöneticileri açısından hem atıl hem de fazla mesaiden kaynaklanan maliyetlerin azalacağı yorumunu yapmak mümkündür.

#### 4.4. Cerrahların Dahil Olduğu Ameliyathane Çizelgeleme Problemi

Bu senaryoda ameliyathaneler için ulaşılmak istenen hedefler yanında cerrahların tercih ve istekleri de dikkate alınmaktadır. Operasyonların ameliyathanelere ataması yapılmaktadır. Bu atama aşamasında dikkate alınan hedefler bulunmaktadır. Bu hedeflerle problemin yapısı özelleştirilmiştir. Senaryonun çözüm aşamasında hedef programlamaya dayalı kısıt programlama yönteminin modelleme gücünden yararlanılacağı düşünülmektedir.

##### *Notasyonlar*

Zaman dilimi ve ameliyathane indeksi tek bir indekse dönüştürülerek ameliyathane-zaman dilimi ( $80=8*10$ ) olarak adlandırılmıştır.

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

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

$p$ : cerrah sayısı

$k$ : operasyon süresi

$d$ : gerekli yeterlilik seviyesi

$o$ : Cerrahların bir haftada geçirmesi gereken operasyon sayısı

$M$ : yeterince büyük bir sayı

##### *Model Parametreleri*

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, i. \text{ operasyon } j. \text{ ameliyathane} - \text{ zaman dilimine atanırsa} \\ 0, \text{ diğer durum} \end{cases} \quad \forall i, \forall j$$

$$Y_{ip} = \begin{cases} 1, i. \text{ operasyon } p. \text{ cerrah tarafından yapılırsa} \\ 0, \text{ diğer durum} \end{cases} \quad \forall i, \forall p$$

$$k_i : i. \text{ operasyonun hazırlık süresi dahil operasyon süresi} \quad \forall i$$

$u_j$  :  $j$ . ameliyathanenin günlük kullanım süresi  $\forall j$   
 $d_p$  : Cerrahların yeterlilik düzeyi  $\forall p$

### **Sapma Değişkenleri**

$u_j^-$  : Ameliyathane-zaman diliminden toplam kullanılabilir süreye olan negatif sapma miktarı  $\forall j$

$u_j^+$  : Ameliyathane-zaman diliminden toplam kullanılabilir süreye olan pozitif sapma miktarı  $\forall j$

$o_p^-$  : Dengeli dağılımdan negatif sapma miktarı  $\forall p$

$o_p^+$  : Dengeli dağılımdan pozitif sapma miktarı  $\forall p$

### **Amaç Fonksiyonu**

$$\min \sum_{j=1}^m (u_j^- + u_j^+) \quad (4.16)$$

$$\min \sum_{p=1}^m (o_p^- + o_p^+) \quad (4.17)$$

### **Kısıtlar**

$$\sum_s x_{ij} = 1 \quad \forall i \quad (4.18)$$

$$\sum_i \mu_i(x_i = j) + \varphi^{-1}(\alpha) \cdot \sqrt{\sum_i \sigma_i^2(x_i = j)} + u_j^- - u_j^+ = 240; \quad \forall s \quad (4.19)$$

$$\sum_p y_{ip} = 2 \quad \forall i \quad (4.20)$$

$$\sum_p d_p * y_{ip} \geq D \quad \forall i \quad (4.21)$$

$$\sum_i \sum_p x_{is} \geq M * y_{ip} \quad \forall s \quad (4.22)$$

$$\sum_i y_{ip} + o_p^- - o_p^+ = 0 \quad \forall p \quad (4.23)$$

Matematiksel modeldeki deterministik kısıt, gerçek hayattaki belirsizlikleri yansıtmak üzere stokastik hale getirilmiştir. Ağpak ve Gökçen (2007)'in çalışmasında eşitlik (4.14) ile doğrusal yaklaşım önerilmiştir. Verilen ifade çalışma sürelerindeki belirsizliği modellemek için doğrusal olmayan bir şekilde yazılmış ve bu kısıt Eşitlik (4.15) ile doğrusallaştırılmıştır.

Bu kısıtta (4.18) her operasyonun tüm ameliyathane ve zaman dilimlerine sadece bir kez atıldığı belirtilmektedir. Ameliyathanelerin dengeli kullanımını optimize etmeyi amaçlayan (4.19) kısıtında, mevcut zaman ile çalışma süresi arasındaki sapmaların en aza indirilmesi istenmektedir.

Ameliyathane-zaman dilimi s içerisinde i operasyonun atanması durumunda ilgili uzmanlığın işlem süresi ile çarpılarak istenilen süre içerisinde çalıştırılması amaçlanır. Kısıt (4.20)'de ameliyathanelerin dengeli kullanımı için negatif ve pozitif yöndeki sapmalar minimize edilmiştir. Kısıt (4.21), ameliyathanelerde operasyonlar için bir ana cerrah ve bir yardımcı cerrahın bulunmasını sağlamaktadır. Gerçek hayattaki operasyonlarda, cerrahi ekipte asıl cerraha yardımcı olan bir yardımcı cerrah bulunmaktadır. Bu kısıtlama ile bu durum sağlanmak istenmektedir. Kısıt (4.22)'de asıl cerrah ve yardımcı cerrah yeterlilik seviyelerine göre eşleştirilmektedir. Deneyimi daha fazla olan cerrahlar ana cerrah olarak tanımlanırken, daha az deneyime sahip cerrahlar veya stajyer cerrahlar yardımcı cerrahlar olarak tanımlanmaktadır. Kısıt (4.22), bağlayıcı kısıtlamadır. Kısıt (4.23), cerrahlar tarafından bir hafta içinde gerçekleştirilen operasyon sayısını dengelemek için bir kısıtlamadır. Cerrahlar üzerindeki iş yükünün dengelenmesi amaçlanmaktadır. Her cerrahın bir hafta içinde yapması gereken operasyon sayısı yazılarak bu durumdan sapmalar en aza indirilmektedir.

ILOG CPLEX 12.10 yardımı ile sayısal sonuçlar elde edilmiştir. Kısıt programlama ile ameliyathane çizelgeleme problemine bir çözüm önerilmiştir. Ameliyathane çizelgeleme problemlerinde sıklıkla karşılaşılan operasyon sürelerindeki belirsizlikler dikkate alınmaktadır. Operasyon sürelerinin belirli bir ortalama ve varyansa sahip olduğu varsayılarak, sürelerin güvenilirliğinin sağlanması istenmektedir. Çizelge 4.12, doğrusal, doğrusal olmayan ve deterministik model karşılaştırmasının sonucunu göstermektedir.

**Çizelge 4. 12.** Sonuçların karşılaştırılması

CV (Değişkenlik Katsayısı)	Alfa Değeri ( $\alpha$ )	Lineer KP Model	Non-lineer KP Model	Deterministik Model
0,1	0,900	66%	66%	61%
	0,925	66%	65%	
	0,950	67%	67%	
	0,975	68%	67%	
0,2	0,900	67%	66%	
	0,925	66%	68%	
	0,950	68%	74%	
	0,975	69%	74%	
0,3	0,900	67%	78%	
	0,925	67%	75%	
	0,950	69%	75%	
	0,975	69%	77%	
0,4	0,900	67%	76%	
	0,925	67%	76%	
	0,950	69%	76%	
	0,975	69%	78%	
0,5	0,900	68%	77%	
	0,925	69%	78%	
	0,950	71%	82%	
	0,975	72%	84%	

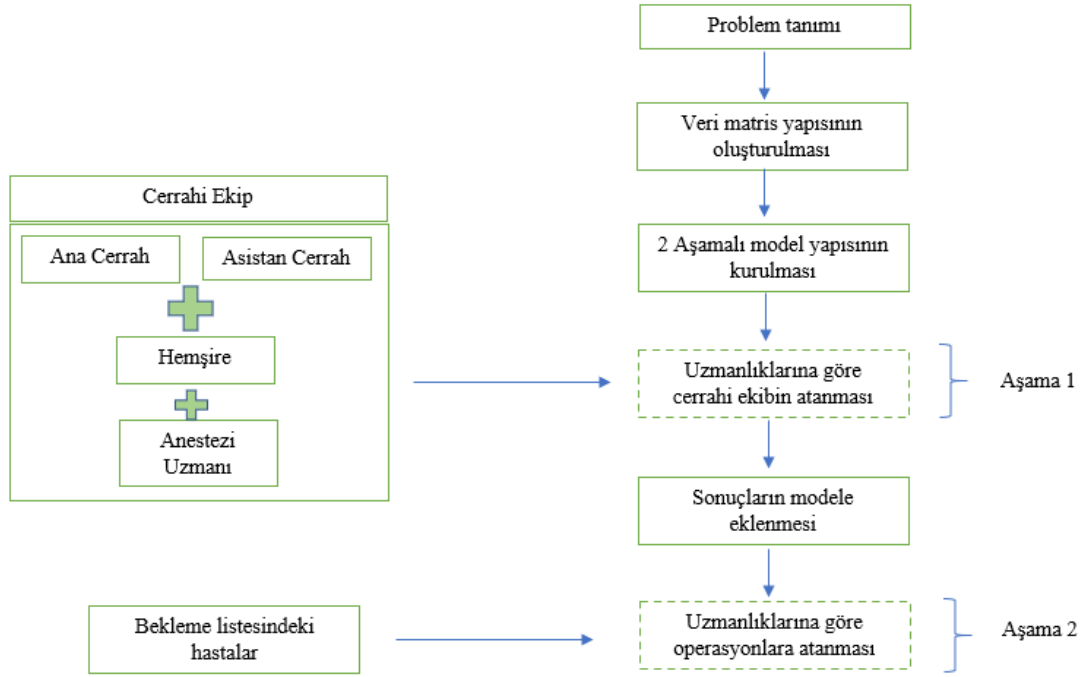
Sonuçlara göre haftalık olarak ameliyathanelerin genel kullanım oranı kabul edilebilir seviyenin üzerindedir. Ancak bunun iyileştirilmesi gerektiği açıktır. Deterministik modelde sürelerin belirsizliği göz ardı edilmektedir. Süreler çevresel olabileceği gibi, anın koşullarından dolayı birçok nedenden etkilenebilmektedir. Bu nedenle sürenin belirsizliği dikkate alınmıştır. Bu durumda çalıştırılan modellerde lineer olmayan sonuçların alfa değerlerine ( $\alpha$ ) göre kullanım oranlarında iyi sonuçlar alındığı görülmektedir.

#### **4.5. Cerrahi Ekibin Dahil Olduğu Ameliyathane Çizelgeleme Problemi**

Senaryonun ana odak noktası, ameliyathanelerin verimli kullanımı ile birlikte cerrahi ekibi planlama sürecine dahil etmektir. Kaynakların verimli kullanılması, oluşturulan planlara mümkün olduğunca uyulması ile mümkündür. Gerçek hayatta operasyon sürelerinin belirsizliği gibi birçok faktör bu gecikmelere neden olmaktadır. Bu senaryoda, operasyon sürelerindeki belirsizlik dikkate alınmıştır. Operasyon sürelerinin beklenenden az veya fazla olması ameliyathanelerin kullanımını doğrudan etkilemektedir.

Çalışmada kullanılan veriler Gür vd. (2019) çalışmasından alınmıştır. Bu veriler, hazırlık ve temizlik süreleri dahil olmak üzere operasyon sayısını, mevcut ameliyathane sayısını ve geçmiş veriler kullanılarak hazırlanan operasyon sürelerini içermektedir. Her operasyon için veriler, cerrahi uzmanlık grubunu ve operasyonun gerçek başlama ve bitiş zamanını belirleyecek olan operasyon süresini içermektedir. Şekil 4.4, çalışmadaki cerrahi ekip yapısını ve akış şemasını göstermektedir. Bekleme listesinden alınan verilere göre hastanede ameliyat olacak yüz hasta ve beş ameliyathane bulunmaktadır. Blok planlamaya izin veren model, atamalar için on zaman dilimine sahiptir. Her zaman dilimi dört saatlik bir çalışma süresini temsil eder ve günde toplam iki kez çalıştırıldığı düşünülmektedir. Gerçek hayattaki operasyon sürelerinde yaşanan belirsizlik göz önüne alınarak hedef programlama ve kısıt programlama yöntemlerinin uygulama gücü kullanılmıştır. Ameliyathane kullanım oranı performans kriteri olarak kabul edilmiştir. Ayrıca cerrahi ekip yapısı oluşturulmuştur. Bu cerrahi ekipte bir cerrah, hemşire ve anestezi uzmanı bulunur.

Her operasyon için bir ana cerrah, bir yardımcı cerrah, bir hemşire ve bir anestezi uzmanından oluşan bu ekip görevlendirilmiştir. Bu çalışma iki aşamada gerçekleştirilmektedir. İlk aşamada cerrahlar uzmanlıklarına göre ameliyathanelere atanmaktadırlar. İkinci aşamada ise cerrahların uzmanlıklarına göre operasyonlar atanmaktadır. Böylece uzmanlıklara göre blok çizelgeleme yapılmaktadır.



Şekil 4. 4. Akış şeması

### Notasyon

Zaman dilimi ve ameliyathane indeksi tek bir indekse dönüştürülerek ameliyathane-zaman dilimi ( $50=5*10$ ) olarak adlandırılmıştır.

$p$ : personel sayısı  $p = 1, \dots, 35$

$j$ : ameliyathane-zaman dilimi sayısı  $j = 1, \dots, 50$

$i$ : operasyon sayısı  $i = 1, \dots, 100$

$d$ : gerekli yeterlilik seviyesi

$o$ : Cerrahların bir haftada geçirmesi gereken operasyon sayısı

$k$ : operasyon süresi

$c$ : gerekli personel sayısı

$M$ : yeterince büyük bir sayı

### **Model Parametreleri**

$$x_{pj} = \begin{cases} 1, p. \text{ personel } j. \text{ ameliyathane} - \text{ zaman dilimine atanırsa} \\ 0, \text{ diğer durum} \end{cases} \quad \forall p, \forall j$$

$$y_{pi} = \begin{cases} 1, p. \text{ personel } i. \text{ operasyona atanırsa} \\ 0, \text{ diğer durum} \end{cases} \quad \forall i, \forall p$$

$$k_i : i. \text{ operasyonun hazırlık süresi dahil operasyon süresi} \quad \forall i$$

$$u_j : j. \text{ ameliyathanenin günlük kullanım süresi} \quad \forall j$$

$$d_p : \text{ Cerrahların yeterlilik düzeyi} \quad \forall p$$

$$z_i : \text{ Uzmanlıklarına göre bloklara operasyon atama} \quad \forall i$$

$$l_i : \text{ Ana cerrah için } i. \text{ operasyonun operasyon süresi} \quad \forall i$$

### **Sapma Değişkenleri**

$$u_j^- : \text{ Ameliyathane-zaman diliminden toplam kullanılabilir süreye olan negatif sapma miktarı} \quad \forall j$$

$$u_j^+ : \text{ Ameliyathane-zaman diliminden toplam kullanılabilir süreye olan pozitif sapma miktarı} \quad \forall j$$

$$o_p^- : \text{ Dengeli dağılımdan negatif sapma miktarı} \quad \forall p$$

$$o_p^+ : \text{ Dengeli dağılımdan pozitif sapma miktarı} \quad \forall p$$

### **Amaç Fonksiyonu**

$$\min \sum_{j=1}^m (u_j^- + u_j^+) \quad (4.27)$$

$$\min \sum_{i=1}^n o_p^- \quad (4.28)$$

$$\min \sum_{i=1}^n v_p^+ \quad (4.29)$$



**Subject to:**

$$x_{pj} \geq 1 \quad \forall p, j \quad (4.30)$$

$$z_i \leq 50 \quad \forall i \quad (4.31)$$

$$z_i \geq 1 \quad \forall i \quad (4.32)$$

$$z_i \neq z_t \quad \forall i, t \quad (4.33)$$

$$\sum_i y_{pi} = c \quad \forall p \quad (4.34)$$

$$\sum_i \sum_p x_{pj} \geq M * y_{pi} \quad \forall j \quad (4.35)$$

$$\sum_i \sum_p z_i \geq M * y_{pi} \quad \forall p \quad (4.36)$$

$$\sum_i \sum_j z_i \geq M * x_{pj} \quad \forall i \quad (4.37)$$

$$\sum_i d_p * y_{pi} \geq d \quad \forall p \quad (4.38)$$

$$\sum_p y_{pi} + o_p^- - o_p^+ = 0 \quad \forall i \quad (4.39)$$

$$\sum_p y_{pi} = 0 \quad \forall p \quad (4.40)$$

$$\sum_p y_{ip} * l_p + v_i^- - v_i^+ = 0 \quad \forall p \quad (4.41)$$

Kısıt (4.30) personel için ve Kısıt (4.31) operasyonlar için atama kısıtlarıdır. Kısıt (4.33), operasyonların uzmanlıklarına göre bloklar oluşturmasıdır. Bu kısıtlama ile uzmanlıklara göre blok çizelgeleme yapılır. Kısıt (4.34), her bir operasyon için ihtiyaç duyulan personel sayısını temsil etmektedir. Cerrahi ekip yapısı oluşturulmuştur. Her operasyon için cerrahi ekipte bir ana cerrah ve bir yardımcı cerrah olmak üzere iki cerrah, bir hemşire ve bir anestezi uzmanı bulunmaktadır. Kısıt (4.35), (4.36) ve (4.37) karar değişkenlerini birbirine bağlayan kısıtlardır. Kısıt (4.38), ameliyathanelerde operasyonlar için bir ana cerrah ve bir yardımcı cerrahın bulunmasını sağlamaktadır. Bu kısıtlama ile bu durum sağlanmak istenmektedir. Yeterlilik düzeyine göre en yetkin cerrah asıl cerrah, diğer cerrah ise yardımcı cerrahdır. Yetkinlik düzeyi, cerrahların yıllara dayanan deneyimi olarak ifade edilmektedir. Asıl cerrah ve yardımcı cerrahın yetkinlik seviyelerine göre eşleştirmeleri yapılmaktadır.

Kısıt (4.39), cerrahi ekip tarafından bir hafta içinde gerçekleştirilen operasyon sayısını dengelemek için bir kısıtlamadır. Cerrahi ekip üzerindeki iş yükünün dengelenmesi amaçlanmaktadır. Kısıt (4.40), cerrahları uzmanlıklarına göre ayırmaktadır. Her cerrahın kendi uzmanlık alanı dışında operasyonlara girmemesi gerektiği belirtilmektedir. Kısıt (4.41) ise ana cerrahın kendi uzmanlığına ait operasyonlarında dolaşım sırasında tüm operasyonları gezebilmesi için yazılmış süre kısıtıdır.

Matematiksel modeldeki deterministik süre kısıtı, gerçek hayattaki belirsizlikleri yansıtabilecek şekilde stokastikleştirilmiştir. Ağpak ve Gökçen (2007)'in çalışmasında eşitlik (4.14) ile doğrusal yaklaşım önerilmiştir. Verilen ifade çalışma sürelerindeki belirsizliği modellemek için doğrusal olmayan bir şekilde yazılmış ve bu kısıt Eşitlik (4.15) ile doğrusallaştırılmıştır.

Ameliyathanelerin dengeli kullanımını optimize etmeyi amaçlayan (4.27) kısıtında, mevcut zaman ile çalışma süresi arasındaki sapmaların en aza indirilmesi istenmektedir. Eğer  $p$  operasyonu,  $j$  ameliyathane-zaman dilimi içinde atanmışsa, ilgili uzmanlığın işlem süresi ile çarpılarak istenilen zaman diliminde çalıştırılması amaçlanmaktadır. Kısıt (4.27)'da ameliyathanelerin dengeli kullanımı için negatif ve pozitif yöndeki sapmalar minimize edilmektedir. Kısıt (4.28), cerrahi ekibin bir haftalık planlama ufku içinde gerçekleştireceği operasyon sayısını dengelemek anlamına gelmektedir. Kısıt (4.29)'da ana cerrahın kendi uzmanlığına ait operasyonlar arası dolaşım süresinin aşılmaması anlamına gelmektedir.

ILOG CPLEX 12.10 yardımı ile sayısal sonuçlar elde edilmiştir. Kısıt programlama ile ameliyathane çizelgeleme problemine bir çözüm önerilmiştir. Ameliyathane çizelgeleme problemlerinde sıklıkla karşılaşılan ameliyat sürelerindeki belirsizlikler dikkate alınmaktadır. Operasyon sürelerinin belirli bir ortalama ve varyansa sahip olduğu varsayılarak, sürelerin güvenilirliğinin sağlanması istenmektedir. Cerrahi ekibin bir bütün olarak çizelgeleme sürecine dahil edildiği literatürdeki bilinen ilk çalışmadır. Bu sayede gerçek hayata daha uygun ve gerçek hayatı daha çok yansıtan bir model haline gelmiştir.

Bu senaryo hastaların operasyon süresindeki belirsizliklerden kaynaklanan gecikmeler, hasta ertelemeleri, vaka iptalleri veya fazla mesai gibi verimsizliklerin önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle ameliyathanelerin kullanım oranı verimli hale getirilmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda cerrahi ekibinde dahil edilmesiyle operasyonların uzmanlıklarına göre bloklara ve cerrahlara ataması gerçekleştirilmektedir. Çalışma iki aşamada yürütülmektedir. İlk olarak cerrahi ekibin ataması gerçekleştirilmektedir. Burada özellikle cerrahların uzmanlık alanlarına göre atamasının yapılmasına dikkat edilmiştir. Kendi uzmanlığı dışında bir operasyona atanması engellenmeye çalışılmıştır. Daha sonra ikinci aşamada ameliyathanelerin kullanım oranları dikkate alınarak yine uzmanlıklara göre operasyonların cerrahi ekip üzerine ataması gerçekleştirilmiştir. Bütün model ile cerrahi ekibin iş yükü de dengelenmeye çalışılmıştır. Çalışma önce deterministik model olarak ve daha sonra operasyon sürelerinin belirsizliği dikkate alınarak stokastik olarak çözülmüştür. Sonuçların karşılaştırması Çizelge 4.13’de gösterilmektedir. Çizelge 4.14’te ise ameliyathane kullanım oranlarının ortalaması yer almaktadır.

**Çizelge 4. 13.** Atama sonuçları

CV (Değişkenlik Katsayısı)	Alfa Değeri ( $\alpha$ )	Lineer KP Model	Non-lineer KP Model	Deterministik Model
0,1	0,900	72%	75%	69%
	0,925	73%	76%	
	0,950	74%	77%	
	0,975	74%	79%	
0,2	0,900	76%	79%	
	0,925	76%	79%	
	0,950	77%	80%	
	0,975	76%	80%	
0,3	0,900	78%	81%	
	0,925	78%	81%	
	0,950	78%	82%	
	0,975	79%	84%	
0,4	0,900	79%	84%	
	0,925	79%	83%	
	0,950	80%	85%	
	0,975	80%	85%	
0,5	0,900	80%	85%	
	0,925	80%	86%	
	0,950	81%	88%	
	0,975	83%	89%	

**Çizelge 4. 14.** Kullanım oranlarının karşılaştırması

Deterministik (Ortalama)	Stokastik			
	Lineer CP Model (Ortalama)	Lineer CP Model (Std Sapma)	Non-lineer CP Model (Ortalama)	Non-lineer CP Model (Std Sapma)
71	78	0,0287	82	0,0376

Çizelge 4.14’teki değerler aritmetik ortalama alınarak bir ortalama değeri yansıtacak şekilde hesaplanmıştır. Bu çalışmada kullanım oranlarının alfa ve cv değerlerine göre değişiklik gösterdiği gözlemlenmiştir. Kısıt programlama, rastgele kısıtları belirli seviyelere göre deterministik yapmayı ve böylece gerçek hayatta karşılaşılan olasılıksal ve rastgele durumları modellemeyi amaçlamaktadır.

Ameliyathane çizelgeleme probleminde en büyük belirsizliklerden biri olan operasyon süreleri düşünüldüğünde bu sürelerin birçok farklı faktörden değişebileceği bilinmektedir. Bu faktörler insan kaynaklı olabileceği gibi makine vb. gibi finansal kaynaklı da olabilir. Değişken ameliyat süreleri ise ameliyathane kullanım oranını doğrudan etkilemektedir. Senaryo, şans kısıtlı kısıt programlama ile bu zamanların değişkenliğini alfa değeri ( $\alpha$ ) ile yansıtmaya çalışmıştır. Senaryoda ele alınan operasyon sürelerindeki belirsizlikler şans kısıtları olarak modellenmiştir. Hedef programlama ve kısıt programlamanın modelleme gücünden yararlanılarak stokastik bir model önerilmiştir. Bu senaryoda performans kriteri olarak ameliyathanelerin kullanım oranları belirtilmiştir. Ameliyathanelerin kullanım oranları, alfa değerindeki ( $\alpha$ ) artış veya azalış ile bu sürelerin azalması veya artması yansıtılarak belirlenmiştir. Kullanım oranlarındaki artış, alfa değeri ( $\alpha$ ) ve cv değerinin artması ile gösterilmektedir. Alfa değeri ( $\alpha$ ) arttıkça kullanım oranlarının arttığını göstermektedir. Bu durum hastane yöneticileri için etkinliğin arttığını göstermektedir.

Ameliyathanelerde istenen en önemli hedefin ameliyathaneyi olabildiğince verimli kullanmak olduğuna dikkat çekilmektedir. Ancak bu, tüm ameliyathanelerin günün sadece belirli bir saatinde açık olması ve kullanılması ve zamanın geri kalanında boş kalması gerektiği anlamına gelmez. Şans kısıtlı kısıt programlamada alfa değeri ( $\alpha$ ) değiştikçe ameliyathanelerdeki kullanım oranları da değişmektedir. Bu durumda en verimli kullanım oranını sağlayan alfa değeri ( $\alpha$ ), işlemlerin en uygun şekilde planlandığını göstermektedir.

Hastane yöneticilerine en fazla gelir getiren bu birimlerin etkin kullanımı memnuniyetin artması açısından önemlidir. Etkili bir sonuç için kabul edilebilir bir kullanım oranı ve alfa seviyesi ( $\alpha$ ) belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar hastaneler açısından ameliyathane kullanım oranlarının iyileştirilmesinde faydalı olabilmektedir. Servis bekleyen tahmini hasta sayısını azaltmak da mümkün olabilmektedir. Hastane yönetimi, doğru planlama yapabilmek için operasyon sürelerinde belirsizliğe neden olan faktörleri mümkün olduğunca önleyen stratejiler geliştirmelidir. Rakamlara bakıldığında cv değeri sabit kalırken artan alfa değeri ( $\alpha$ ) kullanım oranında artışa neden olmuştur. Buna göre hastanelerin doluluk oranlarında ve bekleme sürelerinde marjinal değişiklikler beklenmektedir. Sonuç olarak, bekleme listesindeki hasta sayısında azalma vardır. Öte yandan bu değerlerin arttığı, tüm ameliyathanelerin açıldığı, boş zamanların da yaşanmasına rağmen kullanım oranlarının arttığı görülmektedir. Yani başka ameliyathaneler kullanılabilirken yeni bir ameliyathanenin kullanıma açılması ekstra maliyetlere neden olmaktadır. Bu durumda hastane yöneticilerinin sabit alfa değeri ( $\alpha$ ) ve CV değeri dikkate alınarak ameliyathanelerin en etkin kullanıldığı belirsizliklerin veya bu belirsizliklerin çizelgeleme süreçlerini çok fazla etkilememesinin önüne geçebilecek önlemleri belirlemesi gerekmektedir.

#### **4.6. Cerrahi Ekip İçerisinde Yer Alan Cerrahın Birden Fazla Operasyonu Dolaşması**

Her operasyon için veriler, cerrahi uzmanlık grubunu ve operasyonun gerçek başlama ve bitiş zamanını belirleyecek olan operasyon süresini içermektedir. Bekleme listesinden alınan verilere göre hastanede ameliyat olacak yüz hasta ve beş ameliyathane bulunmaktadır. Blok planlamaya izin veren model, atamalar için on zaman dilimine sahiptir. Her zaman dilimi dört saatlik bir çalışma süresini temsil eder ve günde toplam iki kez çalıştırıldığı düşünülmektedir.

Gerçek hayattaki operasyon sürelerinde yaşanan belirsizlik göz önüne alınarak hedef programlama ve kısıt programlama yöntemlerinin uygulama gücü kullanılmıştır. Ameliyathane kullanım oranı performans kriteri olarak kabul edilmiştir. Ayrıca cerrahi ekip yapısı oluşturulmuştur. Bu cerrahi ekipte bir cerrah, hemşire ve anestezi uzmanı bulunur. Her operasyon için bir ana cerrah, bir yardımcı cerrah, bir hemşire ve bir anestezi uzmanından oluşan bu ekip görevlendirilmiştir. Bu çalışma iki aşamada gerçekleştirilmektedir. İlk aşamada cerrahlar uzmanlıklarına göre ameliyathanelere atanmaktadırlar. İkinci aşamada ise cerrahların uzmanlıklarına göre operasyonlar atanmaktadır. Böylece uzmanlıklara göre blok çizelgeleme yapılmaktadır.

Kısıt (4.29) personel için ve Kısıt (4.31) operasyonlar için atama kısıtlarıdır. Kısıt (4.32), operasyonların uzmanlıklarına göre bloklar oluşturmasıdır. Bu kısıtlama ile uzmanlıklara göre blok çizelgeleme yapılır.

Kısıt (4.33), her bir operasyon için ihtiyaç duyulan personel sayısını temsil etmektedir. Cerrahi ekip yapısı oluşturulmuştur. Her operasyon için cerrahi ekipte bir ana cerrah ve bir yardımcı cerrah olmak üzere 2 cerrah, bir hemşire ve bir anestezi uzmanı bulunmaktadır. Kısıt (4.34), (4.35) ve (4.36) karar değişkenlerini birbirine bağlayan kısıtlardır. Kısıt (4.37), ameliyathanelerde operasyonlar için bir ana cerrah ve bir yardımcı cerrahın bulunmasını sağlamaktadır. Gerçek hayattaki operasyonlarda, cerrahi ekipte asıl cerraha yardımcı olan bir yardımcı cerrah bulunmaktadır. Bu kısıtlama ile bu durum sağlanmak istenmektedir. Yeterlilik düzeyine göre en yetkin cerrah asıl cerrah, diğer cerrah ise yardımcı cerrahtır. Yetkinlik düzeyi, cerrahların yıllara dayanan deneyimi olarak ifade edilmektedir. Asıl cerrah ve yardımcı cerrahın yetkinlik seviyelerine göre eşleştirmeleri yapılmaktadır. Kısıt (4.38), cerrahi ekip tarafından bir hafta içinde gerçekleştirilen operasyon sayısını dengelemek için bir kısıtlamadır. Cerrahi ekip üzerindeki iş yükünün dengelenmesi amaçlanmaktadır. Kısıt (4.39), cerrahları uzmanlıklarına göre ayırmaktadır. Her cerrahın kendi uzmanlık alanı dışında operasyonlara girmemesi gerektiği belirtilmektedir.

Ameliyathanelerin dengeli kullanımını optimize etmeyi amaçlayan (4.27) kısıtında, mevcut zaman ile çalışma süresi arasındaki sapmaların en aza indirilmesi istenmektedir. Eğer  $p$  operasyonu,  $j$  ameliyathane-zaman dilimi içinde atanmışsa, ilgili uzmanlığın işlem süresi ile çarpılarak istenilen zaman diliminde çalıştırılması amaçlanmaktadır. Kısıt (4.27)'da ameliyathanelerin dengeli kullanımı için negatif ve pozitif yöndeki sapmalar minimize edilmektedir. Kısıt (4.28), cerrahi ekibin bir haftalık planlama ufku içinde gerçekleştireceği operasyon sayısını dengelemek anlamına gelmektedir.

ILOG CPLEX 12.10 yardımı ile sayısal sonuçlar elde edilmiştir. Kısıt programlama ile ameliyathane çizelgeleme problemine bir çözüm önerilmiştir. Ameliyathane çizelgeleme problemlerinde sıklıkla karşılaşılan ameliyat sürelerindeki belirsizlikler dikkate alınmaktadır. Operasyon sürelerinin belirli bir ortalama ve varyansa sahip olduğu varsayılarak, sürelerin güvenilirliğinin sağlanması istenmektedir. Cerrahi ekibin bütünüyle çalışmaya dahil edildiği ve ana cerrahın operasyonlar arasında gezerek aynı anda birden fazla operasyonu yönettiği bilinen ilk çalışmadır. Bu sayede gerçek hayata daha uygun ve gerçek hayatı daha çok yansıtan bir model haline gelmiştir.

Hastaların operasyon süresindeki belirsizliklerden kaynaklanan gecikmeler, hasta ertelemeleri, vaka iptalleri veya fazla mesai gibi verimsizliklerin önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle ameliyathanelerin kullanım oranı verimli hale getirilmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda cerrahi ekibinde dahil edilmesiyle operasyonların uzmanlıklarına göre bloklara ve cerrahlara ataması gerçekleştirilmektedir. Çalışma iki aşamada yürütülmektedir. İlk olarak cerrahi ekibin ataması gerçekleştirilmektedir. Burada özellikle cerrahların uzmanlık alanlarına göre atamasının yapılmasına dikkat edilmiştir. Kendi uzmanlığı dışında bir operasyona atanması engellenmeye çalışılmıştır. Daha sonra ikinci aşamada ameliyathanelerin kullanım oranları dikkate alınarak yine uzmanlıklara göre operasyonların cerrahi ekip üzerine ataması gerçekleştirilmiştir. Bütün model ile cerrahi ekibin iş yükü de dengelenmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda ana cerrahın birden fazla operasyon sürecini yönetmesi sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.15’de yer almaktadır.

**Çizelge 4. 15.** Elde edilen sonuçlar

CV (Değişkenlik Katsayısı)	Alfa Değeri ( $\alpha$ )	Lineer KP Model	Non-lineer KP Model	Deterministik Model
0,1	0,900	69%	69%	71%
	0,925	69%	69%	
	0,950	70%	71%	
	0,975	71%	71%	
0,2	0,900	71%	66%	
	0,925	70%	68%	
	0,950	71%	74%	
	0,975	72%	74%	
0,3	0,900	73%	75%	
	0,925	73%	75%	
	0,950	72%	75%	
	0,975	73%	77%	
0,4	0,900	72%	78%	
	0,925	73%	78%	
	0,950	73%	77%	
	0,975	73%	78%	
0,5	0,900	72%	77%	
	0,925	72%	78%	
	0,950	73%	83%	
	0,975	74%	84%	



Ameliyathane çizelgeleme probleminde en büyük belirsizliklerden biri olan operasyon süreleri düşünüldüğünde bu sürelerin birçok farklı faktörden değişebileceği bilinmektedir. Bu faktörler insan kaynaklı olabileceği gibi makine vb. gibi finansal kaynaklı da olabilir. Değişken ameliyat süreleri ise ameliyathane kullanım oranını doğrudan etkilemektedir. Şans kısıtlı kısıt programlama ile bu zamanların değişkenliğini alfa değeri ( $\alpha$ ) ile yansıtmaya çalışmıştır. Ele alınan operasyon sürelerindeki belirsizlikler şans kısıtları olarak modellenmiştir. Hedef programlama ve kısıt programlamanın modelleme gücünden yararlanılarak stokastik bir model önerilmiştir. Performans kriteri olarak ameliyathanelerin kullanım oranları belirtilmiştir. Ameliyathanelerin kullanım oranları, alfa değerindeki artış veya azalış ile bu sürelerin azalması veya artması yansıtılarak belirlenmiştir. Kullanım oranlarındaki artış, alfa değeri ( $\alpha$ ) ve cv değerinin artması ile gösterilmektedir. Alfa değeri ( $\alpha$ ) arttıkça kullanım oranlarının arttığını göstermektedir. Bu durum hastane yöneticileri için etkinliğin arttığını göstermektedir.

Ameliyathanelerde istenen en önemli hedefin ameliyathaneyi olabildiğince verimli kullanmak olduğuna dikkat çekilmektedir. Ancak bu, tüm ameliyathanelerin günün sadece belirli bir saatinde açık olması ve kullanılması ve zamanın geri kalanında boş kalması gerektiği anlamına gelmez. Şans kısıtlı kısıt programlamada alfa değeri ( $\alpha$ ) değiştikçe ameliyathanelerdeki kullanım oranları da değişmektedir. Bu durumda en verimli kullanım oranını sağlayan alfa değeri ( $\alpha$ ), işlemlerin en uygun şekilde planlandığını göstermektedir. Hastane yöneticilerine en fazla gelir getiren bu birimlerin etkin kullanımı memnuniyetin artması açısından önemlidir. Etkili bir sonuç için kabul edilebilir bir kullanım oranı ve alfa seviyesi ( $\alpha$ ) belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar hastaneler açısından ameliyathane kullanım oranlarının iyileştirilmesinde faydalı olabilmektedir. Servis bekleyen tahmini hasta sayısını azaltmak da mümkün olabilmektedir. Hastane yönetimi, doğru planlama yapabilmek için operasyon sürelerinde belirsizliğe neden olan faktörleri mümkün olduğunca önleyen stratejiler geliştirmelidir.

## 5. SONUÇ

Sağlık sistemleri, artan nüfusun ihtiyaç ve taleplerini karşılamak ve bütçelerini kontrol altında tutmak için maliyet geliştirmeyi sürdürme baskısı altındadır. Bu nedenle hastane organizasyonlarının mevcut kaynaklarını optimum şekilde kullanmaları çok önemlidir. Ameliyathaneler hem gelir hem de gider kalemleri açısından hastane bütçesinde en büyük paya sahiptir. Ameliyathaneler, tüm kontrol seviyelerinde karmaşık ve zorlu planlama ve çizelgeleme sorunları içermektedir. Ameliyathanelerdeki planlama ve çizelgeleme süreçleri, doktor müsaitliği, doktor tercihleri, çalışma saatleri, kaynakların yeterliliği ve belirsiz hasta gelişleri gibi çok çeşitli değişkenlere sahiptir. Optimal programlara sahip olmak, hastanelerin personel ve hasta maliyetlerini düşürmesine, hasta bekleme süresini ve bekleme listesindeki hastaları azaltmasına ve kaynakların verimli kullanımını artırmasına yardımcı olmaktadır. Ameliyathane planlaması, problem çözme sürecinin karmaşıklığı nedeniyle zor bir problem türüdür. Bu problemin karmaşıklığı, yüksek belirsizliklerden ve yapısında birden fazla paydaşın bulunmasından kaynaklanmaktadır. Sonuç olarak esas olarak istenen, çözüm sürecinde kullanılan farklı tekniklerle etkin ve verimli bir kullanım oranı elde etmektir. Çözüm süreçlerinde birçok varsayım altında çizelgeler elde edilmektedir. Gerçek hayat ne kadar yansıtılmaya çalışılırsa çalışılсын birden fazla faktörü aynı anda hesaba katmak oldukça zordur. Günümüz hastanelerindeki sorunlardan biri de cerrahların ameliyatlara zamanında girememesi, hastanenin mevcut kapasitesinin etkin bir şekilde kullanılmasına ve hastalara verilen hizmetin kalitesinin düşmesine neden olmasıdır. Aynı zamanda hastanelerde manuel olarak hazırlanan ameliyathane çizelgelerinin verimsizliği ameliyathanelerin performansını dolayısıyla hastanenin performansını düşürmektedir. Bu noktadan hareketle bu tezde ameliyathane çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Hastanenin en önemli birimleri arasında yer alan bu birimlerin karmaşık yapıları sebebiyle çok fazla belirsizlik içerdiği bilinmektedir. Literatürde kaynak tahsisi üzerinde önemli bir etkisinin olduğu ifade edildiğinden, bu tez operasyon süreleri üzerindeki belirsizliklere odaklanmaktadır.

Ameliyathane çizelgeleme probleminde en büyük belirsizliklerden biri olan ameliyat süreleri düşünüldüğünde bu sürelerin birçok farklı faktörden değişebileceği bilinmektedir. Değişken ameliyat süreleri, ameliyathanelerin kullanım oranını doğrudan etkilemektedir. Aynı zamanda hastanede sıklıkla manuel olarak yapılan bu çizelgelemenin sistemleştirilmesinin amaçlarından biri de hastane kaynaklarının verimli kullanılmasını sağlayarak hasta/personel memnuniyetini artırmaktır.

Ameliyathanelerin etkin kullanımı için şans-kısıtlı programlama yaklaşımı ile bir çözüm önerilmiştir. Literatürden farklı olarak, tez şans kısıtlaması yaklaşımını hedef programlama ve kısıt programlama yöntemleriyle birleştirmektedir. Gerçek hayatı yansıtmak için, katı kısıtların esnetilmesine izin veren hedef programlama yöntemi ve mantıksal kısıtların yansımaya izin veren kısıt programlama yöntemleri kullanılmıştır. Bu tezde hastane yöneticilerinin ulaşmak istediği hedefler için beş farklı senaryo geliştirilmiştir. Birinci senaryoda, ameliyathanelerin blok çizelgeleme stratejisine dayalı olarak, operasyon ameliyathanelere dağıtılması ve ameliyathanenin etkin bir şekilde kullanılması hedeflenmektedir. İkinci senaryoda operasyon sürelerindeki belirsizliğe neden olan faktörler araştırılmış ve çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden AAS ve PROMETHEE yöntemleri ile değerlendirilmesi yapılmıştır. Uzman görüşleri doğrultusunda ve literatür araştırması sonucunda ameliyat sürelerinin belirsizliğine neden olan faktörler cerrahın tecrübesi, ameliyatın zorluğu, hastanın yaşı ve kilosu, sigara ve alkol kullanımı, hastalık öyküsü, ekipman ve malzemelerin mevcudiyeti ve haftalık çalışma saatleri olarak belirlenmiştir. Bu faktörler dikkate alınarak çizelgeleme süreci gerçekleştirilmiştir. Her hasta bu faktörler altında değerlendirildiğinde ameliyat süresinin her hasta için farklılık gösterdiği görülmektedir. Bu durum dikkate alınmadan planlama yapıldığında planların doğruluk oranlarında sapmalar olması ihtimali bulunmaktadır. Mümkün olduğunca fazla mesai ve daha az kullanım engellenmeye çalışılmıştır. Üçüncü senaryoda ise operasyonların çizelgeleme sürecine cerrahlar dahil edilmiştir. Cerrahların özel istek ve tercihleri model sürecine eklenmiştir.

Dördüncü senaryoda ameliyathane çizelgeleme süreci ameliyathanelerin tüm cerrahi ekibi dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Cerrah-asistan cerrah-hemşire ve anestezi uzmanından oluşan cerrahi ekip yapısı sürece dahil edilmiştir. Senaryo iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada ameliyathanelere cerrah-hemşire-anestezi uzmanından oluşan cerrahi ekip ataması yapılmıştır. Bu aşamada cerrahların uzmanlıkları dikkate alınarak bloklar oluşturulmuştur. İkinci aşamada ise cerrahların uzmanlıklarına göre operasyonlar atanmıştır. Beşinci senaryo da ise aynı uzmanlığa ait ana cerrahın operasyonları aynı bloklara ataması yapılmıştır. Böylece ana cerrah aynı zaman dilimi içerisinde ait olduğu uzmanlığın tüm operasyonlarını gezebilme imkanı oluşturulmuştur. Özetle ana cerrah aynı zaman dilimi içerisinde tüm ameliyathaneleri gezerek operasyonlarını gerçekleştirmiştir. Tüm senaryolarda operasyon sürelerinin belirsizliği dikkate alınmıştır ve stokastik olarak modellenmiştir. Tüm senaryolarda ortak amaç olarak ameliyathanelerin etkin kullanımı hedeflenmiştir. Tüm bu senaryolar, şans-kısıtlı kısıt programlama yöntemi ile ayrı ayrı modellenmiştir. Hedef programlama ve kısıt programlamanın modelleme gücünden yararlanılarak stokastik bir model önerilmiştir. Hedef programlama yönteminin esnekliği kullanılarak modelden sapmalara izin verilmiştir. Böylece modelin yapısını zorlaştıran katı kısıtlara esneklik sağlanmıştır ve gerçek hayatta karşılaşılan varyasyonların yansıtılmasına izin verilmiştir. Modeli oluştururken aynı zamanda zaman dilimi indeksi ile problemin yapısını karmaşıklaştırmadan haftalık bir çizelge oluşturmaya çalışılmıştır. Şans kısıtlı kısıt programlamada alfa değeri değiştikçe ameliyathanelerdeki kullanım oranları da değişmektedir. Bu durumda en verimli kullanım oranını sağlayan alfa değeri bize operasyonların en uygun şekilde planlandığı sonucunu vermektedir. Hastanede çeşitli nedenlerle ortaya çıkan verimsizliklerin önlenmesi için etkin planlamalar yapılmıştır ve aynı zamanda hastane ekip ve birimlerinin koordinasyonu sağlanarak belirlenen hedeflere ulaşılmıştır. Senaryolardaki kullanım oranları, ameliyathane kapasitesinin etkin kullanıldığını göstermek için yeterlidir. Bu yöntemlerin süreci sistematikleştirmeye yardımcı olduğunu ve istenen hedeflere ulaşmak için araçlar olduğunu göstermektedir. Bu durum hastane yöneticileri için etkinliğin arttığını göstermektedir. Hastane yöneticilerine en fazla gelir getiren bu birimlerin etkin kullanımı memnuniyetin artması açısından önemlidir. Gerçek yaşam durumları yansıtılmaya çalışılmıştır, gerçek yaşamdaki kısıtlar modellenmiş ve hedeflere ulaşmaya çalışılmıştır.

İlerleyen çalışmalarda cerrahi ekip içerisinde yer alan personel sayısı artırılarak ve ekibin üst uzmanlık alanlarının göz önüne alınması ile daha büyük kapasiteye sahip hastanelerde planlama yapılabilmesi için modeller oluşturulabilir. Aynı zamanda cerrahi ekip yapısına anestezi teknisyeni, yoğun bakım hemşiresi gibi personellerde eklenerek ekibin kapasitesi büyütülebilir. Bunlara ek olarak belirsizlik türlerinden acil durumlar da dikkate alınarak açık çizelgeleme strateji benimsenebilir.



## KAYNAKÇA

Abedini, A., Li, W., ve Ye, H. (2017). An optimization model for operating room scheduling to reduce blocking across the perioperative process. *Procedia Manufacturing*, 10, 60-70. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.022>

Abdeljaouad, M. A., Bahroun, Z., Saadani, N. E. H., ve Zouari, B. A simulated annealing for a daily operating room scheduling problem under constraints of uncertainty and setup. *INFOR: Information Systems and Operational Research*, p.1-22, 2020. <https://doi.org/10.1080/03155986.2020.1734901>

Adan, I., Bekkers, J., Dellaert, N., Vissers, J., ve Yu, X. Patient mix optimisation and stochastic resource requirements: A case study in cardiothoracic surgery planning. *Health care management science*, v.12, n.2, p.129, 2009. <https://doi.org/10.1007/s10729-008-9080-9>.

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. DOI <https://doi.org/10.1007/s10696-015-9213-7>.

Agrawal, V., Zhang, Y., ve Sundararaghavan, P. S. Multi-criteria surgery scheduling optimization using modeling, heuristics, and simulation. *Healthcare Analytics*, 2, 100034, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.health.2022.100034>

Ağpak, K., ve Gökçen, H. (2007). A chance-constrained approach to stochastic line balancing problem. *European Journal of Operational Research*, 180(3), 1098-1115. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.04.042>

Al-Refaie, A., Judeh, M., Chen, T. (2018). Optimal multiple-period scheduling and sequencing of operating room and intensive care unit. *Operational Research*, 18(3), 645-670. <https://doi.org/10.1007/s12351-016-0287-0>.

Amrollahibiouki, S., ve Beaugard, Y. (2021). Operating room scheduling by considering surgical inventory, post anesthesia beds, and emergency surgeries to improve efficiency during the COVID-19 outbreak with machine learning. In 11th Annual International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, IEOM 2021 (pp. 2264-2276).

Apt, K., (2003). *Principles of constraint programming*, Cambridge University Press.

Arenas, M., Bilbao, A., Caballero, R., Gómez, T., Rodríguez, M., ve Ruiz, F., (2002). Analysis via goal programming of the minimum achievable stay in surgical waiting lists. *Journal of the Operational Research Society* 53(4), 387-396. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601310>.

Arnaout, J. P. M., ve Kulbashian, S. *Maximizing the utilization of operating rooms with stochastic times using simulation*. In 2008 Winter Simulation Conference (pp. 1617-1623), 2008. IEEE.

Atalay, K. D., ve Apaydin, A., (2011). Deterministic equivalents of chance constrained stochastic programming problems. *Anadolu University of Sciences ve Technology-B: Theoretical Sciences*, 1(1), 1-18.

Atighehchian, A., Sepehri, M. M., ve Shadpour, P. Operating room scheduling in teaching hospitals: a novel stochastic optimization model. *Advances in Operations Research*, v.4, n.4, p.171-176, 2015.

Atighehchian, A., Sepehri, M. M., Shadpour, P., ve Kianfar, K. A two-step stochastic approach for operating rooms scheduling in multi-resource environment. *Annals of Operations Research*, p.1-24, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10479-019-03353-5>

Augustin, A., Jouvret, P., Lahrichi, N., Lodi, A., ve Rousseau, L. M. A data-driven approach to include availability of ICU beds in the planning of the operating room. *Omega*, 109, 102608, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2022.102608>

Azaiez, M. N., Gharbi, A., Kacem, I., Makhlof, Y., ve Masmoudi, M. Two-stage no-wait hybrid flow shop with inter-stage flexibility for operating room scheduling. *Computers ve Industrial Engineering*, 168, 108040, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108040>

Azar, M., Carrasco, R. A., ve Mondschein, S. Dealing with uncertain surgery times in operating room scheduling. *European Journal of Operational Research*, 299(1), 377-394, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.09.010>.

Ballestín F, Pérez Á, Quintanilla S (2019) Scheduling and rescheduling elective patients in operating rooms to minimise the percentage of tardy patients. *J Sched* 22(1):107–118. DOI <https://doi.org/10.1007/s10951-018-0570-4>.

Barrera, J., Carrasco, R. A., Mondschein, S., Canessa, G., ve Rojas-Zalazar, D., (2018). Operating room scheduling under waiting time constraints: the Chilean GES plan. *Annals of Operations Research*, 1-27. <https://doi.org/10.1007/s10479-018-3008-7>.

Batun, S., Denton, B. T., Huschka, T. R., ve Schaefer, A. J. Operating room pooling and parallel surgery processing under uncertainty. *INFORMS journal on Computing*, v.23, n.2, p.220-237, 2011. <https://doi.org/10.1287/ijoc.1100.0396>.

Beaulieu, H., Ferland, J. A., Gendron, B., ve Michelon, P. (2000). A mathematical programming approach for scheduling physicians in the emergency room. *Health care management science*, 3(3), 193-200. <https://doi.org/10.1023/A:1019009928005>

Belkhamza, M., Jarboui, B., ve Masmoudi, M., (2018). Two metaheuristics for solving no-wait operating room surgery scheduling problem under various resource constraints. *Computers ve Industrial Engineering*, 126, 494-506.

Boosaiedi, S., Reisi-Nafchi, M., ve Moslehi, G. Operating Room Scheduling Considering Patient Priorities and Operating Room Preferences: A Case Study. *International Journal of Industrial Engineering ve Production Research*, 33(2), 1-21, 2022. DOI: 10.22068/ijiepr.33

Bovim, T. R., Christiansen, M., Gullhav, A. N., Range, T. M., ve Hellemo, L. Stochastic master surgery scheduling. *European Journal of Operational Research*, v.285, n.2, p.695-711, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.02.001>

Breuer, D. J., Lahrighi, N., Clark, D. E., ve Benneyan, J. C. Robust combined operating room planning and personnel scheduling under uncertainty. *Operations Research for Health Care*, v.27, p.100276, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.orhc.2020.100276>.

Bruni, M. E., Beraldi, P., ve Conforti, D. A stochastic programming approach for operating theatre scheduling under uncertainty. *IMA Journal of Management Mathematics*, v.26, n.1, p.99-119, 2015. DOI: 10.1093/imaman/dpt027

Brunner, J. O., Bard, J. F., ve Kolisch, R. (2009). Flexible shift scheduling of physicians. *Health care management science*, 12(3), 285-305. <https://doi.org/10.1007/s10729-008-9095-2>

Bukchin, Y., ve Raviv, T., (2018). Constraint programming for solving various assembly line balancing problems. *Omega*, 78, 57-68. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2017.06.008>

Cappanera, P., Visintin, C., ve Banditori, F., (2016). Addressing conflicting stakeholders' priorities in surgical scheduling by goal programming. *Flexible Services and Manufacturing Journal* 1-20. <https://doi.org/10.1007/s10696-016-9255-5>

Cappanera, P., Visintin, C. F., Banditori, (2016). A goal-programming approach to the master surgical scheduling problem. *Health Care Systems Engineering for Scientists and Practitioners*, Springer: 155-166. DOI: 10.1007/978-3-319-35132-2\_15

Cardoen, B., Demeulemeester, E., ve Beliën, J., (2010). Operating room planning and scheduling: A literature review. *European journal of operational research*, 201(3), 921-932. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.04.011>.

Cayirli, T., Veral, E., (2003). Outpatient scheduling in health care: a review of literature. *Production and operations management* 12(4): 519-549.



Charnes, A., ve Cooper, W. W., (1959). Chance-constrained programming. *Management science*, 6(1), 73-79. <https://doi.org/10.1287/mnsc.6.1.73>.

Chiang AJ et al (2019) Multi-objective optimization for simultaneous operating room and nursing unit scheduling. *Int J Eng Bus Manag*, <https://doi.org/10.1177/1847979019891022>

Choi S, ve Wilhelm W.E. An analysis of sequencing surgeries with durations that follow the lognormal, gamma, or normal distribution. *IIE Trans Healthc Syst Eng* v.2, n.2, p.156–171, 2012. <https://doi.org/10.1080/19488300.2012.684272>

Choi S, ve Wilhelm W.E. On capacity allocation for operating rooms. *Comput Oper Res*, v.44, p.174–184, 2014b. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2013.11.007>

Choi S, ve Wilhelm W.E. (2014). An approach to optimize block surgical schedules. *European Journal of Operational Research*, v.235, n.1, p.138-148, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.10.040>

Davoudkhania, M., Hamidb, M., Tavakkoli-Moghaddamb, R., Bastanb, M., ve Mahdi, M. A two-step stochastic optimization and simulation approach for scheduling operating rooms in an ophthalmology surgery department. *In the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2019

Denton, B. T., Miller, A. J., Balasubramanian, H. J., ve Huschka, T. R. (2010). Optimal allocation of surgery blocks to operating rooms under uncertainty. *Operations research*, v.58, n.4-part-1, p. 802-816, 2010. <https://doi.org/10.1287/opre.1090.0791>

Denton, B., Viapiano, J., ve Vogl, A. Optimization of surgery sequencing and scheduling decisions under uncertainty. *Health care management science*, v.10, n.1, p.13-24, 2007. DOI:<https://doi.org/10.1007/s10729-006-9005-4>

Díaz-López, D., López-Valencia, N., González-Neira, E., Barrera, D., Suárez, D., Caro-Gutiérrez, M., ve Sefair, C., (2018). A simulation-optimization approach for the surgery scheduling problem: a case study considering stochastic surgical times. *International Journal of Industrial Engineering Computations* 9(4), 409-422. DOI: [10.5267/j.ijiec.2018.1.002](https://doi.org/10.5267/j.ijiec.2018.1.002)

Di Martinelly, C., Baptiste, P., ve Maknoon, M. Y. (2014). An assessment of the integration of nurse timetable changes with operating room planning and scheduling. *International Journal of Production Research*, 52(24), 7239-7250. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.916827>.

Di Martinelly C, Meskens N (2017) A bi-objective integrated approach to building surgical teams and nurse schedule rosters to maximise surgical team affinities and minimise nurses' idle time. *Int J Prod Econ* 191:323–334 <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.05.014>

Divatia, J. V., ve Ranganathan, P., (2015). Can we improve operating room efficiency? *Journal of postgraduate medicine*, 61(1), 1. doi: 10.4103/0022-3859.147000.

Dodaro, C., Galatà, G., Khan, M. K., Maratea, M., ve Porro, I. Operating room (re) scheduling with bed management via ASP. *Theory and Practice of Logic Programming*, 22(2), 229-253, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1471068421000090>

Duma, D., Aringhieri, R. (2018). The real time management of operating rooms. In *Operations Research Applications in Health Care Management*, pp. 55–79, Springer, Cham, Switzerland, 2018.

Erdem, E., Qu, X., ve Shi, J. Rescheduling of elective patients upon the arrival of emergency patients. *Decision Support Systems*, v.54, n.1, p.551-563, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2012.08.002>

Eren, T., ve Gür, Ş., (2018). Evaluation of the factors affecting the performance of operating room by fuzzy AHP. *Harran University Journal of Engineering*, 3(3), 197-204.

Eren, T., Kodanlı, E., Altundağ, B., Malkoç, S. K., Ünlüsoy, S., Biçer, İ., Tutuk, K. 2016. Operating room scheduling a case study. *Journal of Economics, Business, Politics and International Relations*, 2(1), 71-85.

Erhard, M., Schoenfelder, J., Fügener, A., ve Brunner, J. O. (2018). State of the art in physician scheduling. *European Journal of Operational Research*, 265(1), 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.06.037>

Fei, H., Chu, C., ve Meskens, N. Solving a tactical operating room planning problem by a column-generation-based heuristic procedure with four criteria. *Annals of Operations Research*, v.166, n.1, p.91-108, 2009. <https://doi.org/10.1007/s10479-008-0413-3>

Ferrand, Y., Magazine, M., ve Rao, U. *Comparing two operating-room-allocation policies for elective and emergency surgeries*. In *Proceedings of the 2010 winter simulation conference* (pp. 2364-2374), 2010, December. IEEE. DOI: 10.1109/WSC.2010.5678933

Focacci, F., Laburthe, F., ve Lodi, A., (2003). *Local search and constraint programming*. *Handbook of metaheuristics*, Springer: 369-403.

Fu, X., Qi, J., Yang, C., ve Ye, H. Elective Surgery Sequencing and Scheduling under Uncertainty. Available at SSRN 4009507, 2022. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4009507>

Fügener, A., Hans, E. W., Kolisch, R., Kortbeek, N., Vanberkel, P. T., (2014). Master surgery scheduling with consideration of multiple downstream units. *European Journal Of Operational Research*, 239(1), 227-236.

Gerami, F., ve Saidı-Mehrabad, M. Stochastic reactive scheduling model for operating rooms considering the moral and human virtues. *Applied Ecology and Environmental Research*, v.15, n.3, p.563-592, 2017. DOI: [http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1503\\_563592](http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1503_563592)

Ghandehari, N., ve Kianfar, K. Mixed-integer linear programming, constraint programming and column generation approaches for operating room planning under block strategy. *Applied Mathematical Modelling*, 105, 438-453, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2022.01.001>

Gordon, T., Paul, S., Lyles, A., ve Fountain, J. (1988). Surgical unit time utilization review: resource utilization and management implications. *Journal of medical systems*, 12(3), 169-179. <https://doi.org/10.1007/BF00996639>

Guerriero, F., ve Guido, R., (2011). Operational research in the management of the operating theatre: a survey. *Health care management science*, 14(1), 89-114. <https://doi.org/10.1007/s10729-010-9143-6>

Guo, C., Bodur, M., Aleman, D. M., ve Urbach, D. R. Logic-based benders decomposition and binary decision diagram based approaches for stochastic distributed operating room scheduling. *INFORMS Journal on Computing*. p.1-44, 2021.

Guo, M., Wu, S., Li, B., Song, J., ve Rong, Y. (2016). Integrated scheduling of elective surgeries and surgical nurses for operating room suites. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 28(1), 166-181. <https://doi.org/10.1007/s10696-014-9199-6>

Gür, Ş., ve Eren, T., (2018). Application of operational research techniques in operating room scheduling problems: literature overview. *Journal of Healthcare Engineering*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/5341394>

Gür, Ş., Uslu, B., Eren, T., Akca, N., Yilmaz, A., ve Sönmez, S., (2018). Evaluation of operating room performance in hospitals by using analytic network process. *Gazi Journal of Health Sciences*, 3(3), 10-25.

Gür, Ş., Eren, T., ve Alakaş, H. M., (2019). Surgical operation scheduling with goal programming and constraint programming: A case study. *Mathematics*, 7(3), 251. <https://doi.org/10.3390/math7030251>

Gür, Ş., ve Eren, T., (2018). Scheduling and planning in service systems with goal programming: Literature review. *Mathematics*, 6(11), 265. <https://doi.org/10.3390/math6110265>

Hamid, M., Nasiri, M. M., Werner, F., Sheikahmadi, F., ve Zhalechian, M., (2019). Operating room scheduling by considering the decision-making styles of surgical team members: a comprehensive approach. *Computers ve Operations Research*, 108, 166-181. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2019.04.010>

Hanset, A., Meskens, N., ve Duvivier, D., (2010). *Using constraint programming to schedule an operating theatre*. in Health Care Management (WHCM), 2010 IEEE Workshop on. 2010. IEEE.

Harris, S., ve Claudio, D. (2022, March). Current Trends in Operating Room Scheduling 2015 to 2020: a Literature Review. In Operations Research Forum (Vol. 3, No. 1, pp. 1-42). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s43069-022-00134-y>

Hashemi Doulabi, S.H., Rousseau, L.-M., ve Pesant, G., (2016). A constraint-programming-based branch-and-price-and-cut approach for operating room planning and scheduling. *INFORMS Journal on Computing*, 28(3), 432-448. <https://doi.org/10.1287/ijoc.2015.0686>.

Hashemi Doulabi, H., ve Khalilpourazari, S. Stochastic weekly operating room planning with an exponential number of scenarios. *Annals of Operations Research*, 1-22, 2022. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04686-4>.

Herring, W. L., ve Herrmann, J. W. A stochastic dynamic program for the single-day surgery scheduling problem. *IIE Transactions on Healthcare Systems Engineering*, v.1, n.4, p.213-225, 2011. <https://doi.org/10.1080/19488300.2011.628638>

Heydari, M., ve Soudı, A. Predictive/reactive planning and scheduling of a surgical suite with emergency patient arrival. *Journal of medical systems*, v.40, n.1, p.1-9, 2016. DOI: 10.1007/s10916-015-0385-1.

Hosseini, N., Taaffe, K. (2014). Evaluation of optimal scheduling policy for accommodating elective and non-elective surgery via simulation. In Proceedings of the Winter Simulation Conference 2014 (pp. 1377-1386). IEEE.

IBM ILOG CPLEX. <http://www-01.ibm.com/software/commerce/optimization/cplex-optimizer/>, Erişim Tarihi on Şubat 10, 2023.

Jebali, A., ve Diabat, A. (2015). A stochastic model for operating room planning under capacity constraints. *International Journal of Production Research*, 53(24), 7252-7270. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1033500>.

Jebali, A., ve Diabat, A. A Chance-constrained operating room planning with elective and emergency cases under downstream capacity constraints. *Computers ve Industrial Engineering*, v.114, p.329-344, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.07.015>

Jung, K. S., Pinedo, M., Sriskandarajah, C., ve Tiwari, V. Scheduling elective surgeries with emergency patients at shared operating rooms. *Production and Operations Management*, v.28, n.6, p. 1407-1430, 2019. <https://doi.org/10.1111/poms.12993>.

Kamran, M. A., Karimi, B., ve Dellaert, N. (2018). Uncertainty in advance scheduling problem in operating room planning. *Computers ve Industrial Engineering*, 126, 252-268.

Kamran, M. A., Karimi, B., Dellaert, N., ve Demeulemeester, E., (2019). Adaptive operating rooms planning and scheduling: A rolling horizon approach. *Operations Research for Health Care*, 22, 100200. <https://doi.org/10.1016/j.orhc.2019.100200>.

Khalfalli M, Abdelaziz FB, Kamoun H (2019) Multi-objective surgery scheduling integrating surgeon constraints. *Manag Decision*, 57(2), 445-460. <https://doi.org/10.1108/MD-04-2018-0476>.

Khanıyev, T., Kayış, E., ve Güllü, R. Next-day operating room scheduling with uncertain surgery durations: Exact analysis and heuristics. *European Journal of Operational Research*, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.03.002>

Kougias, P., Tiwari, V., ve Berger, D. H., (2016). Use of simulation to assess a statistically driven surgical scheduling system. *Journal of Surgical Research* 201(2): 306-312.

Koppka L, Wiesche L, Schacht M, ve Werners B. Optimal distribution of operating hours over operating rooms using probabilities. *Eur J Oper Res*. v.267, n.3, p.1156–1171, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.12.025>

Kumar, A., Costa, A. M., Fackrell, M., ve Taylor, P. G., (2018). A sequential stochastic mixed integer programming model for tactical master surgery scheduling. *European Journal of Operational Research*, 270(2), 734-746. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.04.007>.

Lamırı, M., Xie, X., Dolgui, A., ve Grimaud, F. A stochastic model for operating room planning with elective and emergency demand for surgery. *European Journal of Operational Research*, v.185, n.3, p.1026-1037, 2008b. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.02.057>

Lamırı, M., Grimaud, F., ve Xie, X. Optimization methods for a stochastic surgery planning problem. *International Journal of Production Economics*, v.120, n.2, p.400-410, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.11.021>

Landa, P., Aringhieri, R., Soriano, P., Tànfani, E., ve Testi, A. A hybrid optimization algorithm for surgeries scheduling. *Operations Research for Health Care*, v.8, p.103-114, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.orhc.2016.01.001>.

Landa, P., Sonnessa, M., Tànfani, E., Testi, A. (2018). Multiobjective bed management considering emergency and elective patient flows. *International Transactions in Operational Research*, 25(1), 91-110. <https://doi.org/10.1111/itor.12360>

Latorre-Núñez, G., Luer-Villagra, A., Marianov, V., Obreque, C., Ramis, F., ve Neriz, L. (2016). Scheduling operating rooms with consideration of all resources, post anesthesia beds and emergency surgeries. *Computers ve Industrial Engineering*, 97, 248-257. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.05.016>

Lee, S., ve Yih, Y. Reducing patient-flow delays in surgical suites through determining start-times of surgical cases. *European Journal of Operational Research*, v.238, n.2, p.620-629, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.03.043>.

Li, Q., Liu, Y., Sipahi Döngül, E., Yang, Y., Ruan, X., ve Enbeyle, W. (2022). Operating Room Planning for Emergency Surgery: Optimization in Multiobjective Modeling and Management from the Latest Developments in Computational Intelligence Techniques. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/2290644>

Li, X., Rafaliya, N., Baki, M. F., ve Chaouch, B. A. (2017). Scheduling elective surgeries: the tradeoff among bed capacity, waiting patients and operating room utilization using goal programming. *Health care management science*, 20(1), 33-54. DOI 10.1007/s10729-015-9334-2

Liu, H., Zhang, T., Luo, S., ve Xu, D., (2018). Operating room scheduling and surgeon assignment problem under surgery durations uncertainty. *Technology and Health Care*, 26(2), 297-304. DOI: 10.3233/THC-170825.

Lo, C. C., ve Lin, T. H. (2011, July). A Particle Swarm Optimization approach for physician scheduling in a hospital emergency department. In 2011 seventh international conference on natural computation (Vol. 4, pp. 1929-1933). IEEE.

Lotfi, M., ve Behnamian, J. Collaborative scheduling of operating room in hospital network: Multi-objective learning variable neighborhood search. *Applied Soft Computing*, 116, 108233, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.108233>.

Luo YY, Wang B (2019) A new method of block allocation used in two-stage operating rooms scheduling. *IEEE Access* 7:102820–102831, DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2926780

Mancilla, C., ve Storer, R. H. *Stochastic sequencing and scheduling of an operating room*. Theses and Dissertations, Lehigh University, Department of Industrial and Systems Engineering (November 14, 2009).

Mancilla, C., ve Storer, R. H. Stochastic sequencing of surgeries for a single surgeon operating in parallel operating rooms. *IIE Transactions on Healthcare Systems Engineering*, v.3, n.2, p.127-138, 2013. <https://doi.org/10.1080/19488300.2013.787563>

Maghzi, P., Mohammadi, M., Pasandideh, S. H. R., ve Naderi, B. (2022). Operating room scheduling optimization based on a fuzzy uncertainty approach and metaheuristic algorithms. *International Journal of Engineering*, 35(2), 258-275, 2022. 10.5829/IJE.2022.35.02B.01

Marques, I., Captivo, M. E., ve Pato, M. V., (2015). A bicriteria heuristic for an elective surgery scheduling problem. *Health care management science* 18(3): 251-266.

Mateus, C., Marques, I., ve Captivo, M. E., (2017). Local search heuristics for a surgical case assignment problem. *Operations Research for Health Care*, 1-11.

Meskens, N., (2012). *A comparison of mixed-integer programming and constraint programming models for scheduling problem in operating theatres*. in 4th International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain (ILS 2012). 2012.

M'hallah, R., ve Vısıntın, F. A stochastic model for scheduling elective surgeries in a cyclic master surgical schedule. *Computers ve Industrial Engineering*, v.129, p. 156-168, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.030>

Min, D., ve Yih, Y. Scheduling elective surgery under uncertainty and downstream capacity constraints. *European Journal of Operational Research*, v.206, n.3, p.642-652, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.03.014>.

Molina-Pariente, J. M., Hans, E. W., ve Framinan, J. M. A stochastic approach for solving the operating room scheduling problem. *Flexible services and manufacturing journal*, v.30, n.1, p.224-251, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10696-016-9250-x>

Moosavi, A., ve Ebrahimnejad, S. Scheduling of elective patients considering upstream and downstream units and emergency demand using robust optimization. *Computers ve Industrial Engineering*, v.120, p.216-233, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.04.047>.

Moosavi, A., ve Ozturk, O. (2020). Metaheuristics for the operating theater planning and scheduling: A systematic review. *arXiv preprint arXiv:2008.04970*.

Monteiro, T., Meskens, N., ve Wang, T. (2015). Surgical scheduling with antagonistic human resource objectives. *International Journal of Production Research*, 53(24), 7434-7449. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1082040>

Najjarbashi, A., ve Lim, G. J. (2019). A variability reduction method for the operating room scheduling problem under uncertainty using CVaR. *Operations Research for Health Care*, v.20, p.25-32, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.orhc.2019.01.001>

Naji, A. Z., ve Nazemi, S. A Mathematical Model for Operating Rooms Planning Under Uncertainty (The Case: Ghaem Hospital Of Mashhad). *Journal Of Industrial Management Studies*. v.17, n.52, p. 59-88, 2019.

Najjarbashi, A., ve Lim, G. J. A Decomposition Algorithm for the Two-Stage Chance-Constrained Operating Room Scheduling Problem. *IEEE Access*, v.8, p. 80160-80172, 2020. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2991031

Nasiri, M. M., Shakouhi, F., ve Jolai, F., (2019). A fuzzy robust stochastic mathematical programming approach for multi-objective scheduling of the surgical cases. *OPSEARCH*, 1-21. <https://doi.org/10.1007/s12597-019-00379-y>

Nazif, H., (2018). Operating Room Surgery Scheduling with Fuzzy Surgery Durations Using a Metaheuristic Approach. *Advances in Operations Research*, 2018, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2018/8637598>

Noorizadegan, M., ve Seifi, A., (2018). An efficient computational method for large scale surgery scheduling problems with chance constraints. *Computational Optimization and Applications*, 69(2), 535-561. <https://doi.org/10.1007/s10589-017-9947-0>.

Norouzi, M., Atighehchian, A., ve Ketabi, S. Robust operating room planning through a novel modified block scheduling strategy. *International Journal of Operational Research*, 43(4), 479-497, 2022.

Okursoy, A., *Health system of Turkey and evaluation of public hospitals performance*. Adnan Menderes University, Institute of Social Sciences, PhD Thesis, Aydın, 2010.

Otten, M., Braaksma, A., ve Boucherie, R. J., (2019). Minimizing Earliness/Tardiness costs on multiple machines with an application to surgery scheduling. *Operations Research for Health Care*, 22, 100194. <https://doi.org/10.1016/j.orhc.2019.100194>.

Özder, E. H., Özcan, E., ve Eren, T. (2020). A systematic literature review for personnel scheduling problems. *International Journal of Information Technology ve Decision Making*, 19(06), 1695-1735. <https://doi.org/10.1142/S0219622020300050>

Pang, B., Xie, X., Song, Y., ve Luo, L. (2018). Surgery scheduling under case cancellation and surgery duration uncertainty. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 16(1), 74-86. DOI: 10.1109/TASE.2018.2834486

Park, H. S., Kim, S. H., Bong, M. R., Choi, D. K., Kim, W. J., Ku, S. W., ... ve Choi, I. C. (2020). Optimization of the operating room scheduling process for improving efficiency in a tertiary hospital. *Journal of Medical Systems*, 44(9), 1-7. <https://doi.org/10.1007/s10916-020-01644-0>

Patrão, R. L., Garcia, R. C., ve da Silva, J. M. An Integrated Two-Level Integer Linear Program (ILP) Model for Elective Surgery Scheduling: A Case Study in an Italian Hospital. *Mathematics*, 10(11), 1901, 2022. <https://doi.org/10.3390/math10111901>.

Pawar, U. S., ve Hanchate, D. B. (2013). Literature review on personnel scheduling. *International Journal of Computer Engineering and Technology (IJCET)*, Spt.



Penn, M. L., Potts, C. N., ve Harper, P. R. (2017). 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. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.03.065>.

Pradenas, L., Vidal, F., Parada, L., Melgarejo, E. (2012). An algorithm to surgery scheduling and surgeons assignment in a public hospital. *Revista del Instituto Chileno de Investigación de Operaciones*, 2(1), 20-29.

Rahimi, I., ve Gandomi, A. H. (2020). A Comprehensive Review and Analysis of Operating Room and Surgery Scheduling. *Archives Of Computational Methods In Engineering*. 1-22. <https://doi.org/10.1007/s11831-020-09432-2>.

Razmi, J., Yousefi, M. S., ve Barati, M. A stochastic model for operating room unique equipment planning under uncertainty. *IFAC-PapersOnLine*, v.48, n.3, p.1796-1801, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.347>

Ripon, K. S. N., ve Nyman, J. H. Hospital Surgery Scheduling Under Uncertainty Using Multiobjective Evolutionary Algorithms. In *Big Data Analytics in Healthcare* (pp. 107-142). Springer, Cham, 2020. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-31672-3\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-31672-3_7)

Rachuba, S., ve Werners, B., (2017). A fuzzy multi-criteria approach for robust operating roomschedules. *Annals of Operations Research* 251(1-2), 325-350.

Saadouli, H., Masmoudi, M., Jerbi, B., ve Dammak, A. *An optimization and Simulation approach for Operating Room scheduling under stochastic durations*. In 2014 International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT) (pp. 257-262). IEEE.

Saadouli, H., Jerbi, B., Dammak, A., Masmoudi, L., ve Bouaziz, A., (2015). A stochastic optimization and simulation approach for scheduling operating rooms and recovery beds in an orthopedic surgery department. *Computers ve Industrial Engineering*, 80, 72-79. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.11.021>

Sakalli, U.S., (2014). A simulated annealing approach for reliability-based chance-constrained programming. *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, 30 (4), 497-508. <https://doi.org/10.1002/asmb.2000>.

Saleh, B. B., Saleh, G. B., ve Barakat, O. (2021). Operating Theater Management System: Block-Scheduling. In *Artificial Intelligence and Data Mining in Healthcare* (pp. 83-98). Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-45240-7\_5

Saluvan, M., (2015) *The relation between quality of health services and hospital information systems*. Hacettepe University Institute of Social Sciences, PhD Thesis, Ankara, 2015.

Samudra, M., Van Riet, C., Demeulemeester, E., Cardoen, B., Vansteenkiste, N., ve Rademakers, F. E. (2016). Scheduling operating rooms: achievements, challenges and pitfalls. *Journal of scheduling*, v.19, n.5, p. 493-525, 2016. <https://doi.org/10.1007/s10951-016-0489-6>.

Schiele, J., Koperna, T., ve Brunner, J. O. (2021). Predicting intensive care unit bed occupancy for integrated operating room scheduling via neural networks. *Naval Research Logistics (NRL)*, 68(1), 65-88. <https://doi.org/10.1002/nav.21929>.

Shehadeh, K. S., ve Padman, R. Stochastic optimization approaches for elective surgery scheduling with downstream capacity constraints: Models, challenges, and opportunities. *Computers ve Operations Research*, 137, 105523, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2021.105523>

Shylo, O. V., Prokopyev, O. A., ve Schaefer, A. J. (2013). Stochastic operating room scheduling for high-volume specialties under block booking. *INFORMS Journal on Computing*, 25(4), 682-692.

Sigurpalsson, A. O., Runarsson, T. P., ve Saemundsson, R. J. *Stochastic master surgical scheduling under ward uncertainty*. In International Conference on Human-Centred Software Engineering (pp. 163-176), 2019 May, Springer, Cham. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-39694-7\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-39694-7_13)

Silva, T. A., ve De Souza, M. C. Surgical scheduling under uncertainty by approximate dynamic programming. *Omega*, v.95, p. 102066, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2019.05.002>

Stuart, K., ve Kozan, E., (2012). Reactive scheduling model for the operating theatre. *Flexible Services and Manufacturing Journal* 24(4), 400-421.

Timucin, T. and S. Birogul, "Effect the Number of Reservations on Implementation of Operating Room Scheduling with Genetic Algorithm" Artificial Intelligence and Applied Mathematics in Engineering (ICAIAME), Springer, Cham, 2019, pp. 252-265, 2022.

Van Essen, J. T., Hans, E. W., Hurink, J. L., ve Oversberg, A. Minimizing the waiting time for emergency surgery. *Operations Research for Health Care*, v.1, n.2-3, p.34-44, 2012. DOI: 10.1016/j.orhc.2012.05.002.

Van Huele, C., ve Vanhoucke, M. (2014). Analysis of the integration of the physician rostering problem and the surgery scheduling problem. *Journal of medical systems*, 38(6), 1-16.

Van Oostrum, J. M., Bredenhoff, E., ve Hans, E. W., (2010). Suitability and managerial implications of a master surgical scheduling approach. *Annals of Operations Research*, 178(1), 91-104. DOI 10.1007/s10479-009-0619-z

Van Riet, C., ve Demeulemeester, E. Trade-offs in operating room planning for electives and emergencies: A review. *Operations Research for Health Care*, v.7, p.52-69, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.orhc.2015.05.005>

Vandenberghe, M., De Vuyst, S., Aghezzaf, E. H., ve Bruneel, H. Surgery sequencing to minimize the expected maximum waiting time of emergent patients. *European Journal of Operational Research*, v.275, n.3, p.971-982, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.11.073>

Vandenberghe, M., Vuyst, S. D., Aghezzaf, E. H., ve Bruneel, H. Stochastic surgery selection and sequencing under dynamic emergency break-ins. *Journal of the Operational Research Society*, p.1-21, 2020. <https://doi.org/10.1080/01605682.2020.1718559>

Varmazyar, M., Akhavan-Tabatabaei, R., Salmasi, N., ve Modarres, M., (2020). Operating Room Scheduling Problem under Uncertainty: Application of Continuous Phase-Type Distributions. *IJSE Transactions*, 52(2), 216-235. <https://doi.org/10.1080/24725854.2019.1628372>

Vali-Siar, M. M., Gholami, S., ve Ramezani, R. (2018). Multi-period and multi-resource operating room scheduling under uncertainty: A case study. *Computers ve Industrial Engineering*, 126, 549-568. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.10.014>.

Visintin, F., Cappanera, P., Banditor, C., Danese, P., (2017). Development and implementation of an operating room scheduling tool: an action research study. *Production Planning ve Control* 28(9): 758-775. <https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1310328>.

Wachtel, R. E., ve Dexter, F. Tactical increases in operating room block time for capacity planning should not be based on utilization. *Anesthesia ve Analgesia*, v.106, n.1, p.215-226, 2008. doi: 10.1213/01.ane.0000289641.92927.b9.

Wang, C. W., Sun, L. M., Jin, M. H., Fu, C. J., Liu, L., Chan, C. H., ve Kao, C. Y. (2007, July). A genetic algorithm for resident physician scheduling problem. In *Proceedings of the 9th annual conference on Genetic and evolutionary computation* (pp. 2203-2210).

Wang, J., Guo, H., Bakker, M., ve Tsui, K. L., (2018). An integrated approach for surgery scheduling under uncertainty. *Computers ve Industrial Engineering*, 118, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.02.017>.

Wang, J., Guo, H., ve Tsui, K. L. (2021). Two-stage robust optimisation for surgery scheduling considering surgeon collaboration. *International Journal of Production Research*, 59(21), 6437-6450. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1815887>.

Wang, J. J., Dai, Z., Chang, A. C., ve Shi, J. J. Surgical scheduling by Fuzzy model considering inpatient beds shortage under uncertain surgery durations. *Annals of Operations Research*, 1-43, 2022. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04645-z>

Wang, S., Li, J., ve Mehrotra, S., (2019). Chance-constrained bin packing problem with an application to operating room planning. Available at Optimization- Online [http://www.Optimizationonline.Org/Db\\_Html/2019/02/7053.Html](http://www.Optimizationonline.Org/Db_Html/2019/02/7053.Html). 2019.

Wang, S., Ma, C., ve Xiang, W. (2015). Operating rooms decision optimization integrating surgery planning and nurse rostering. In *Industrial Engineering, Management Science and Applications 2015* (pp. 919-926). Springer, Berlin, Heidelberg.

Wang, T., Meskens, N., ve Duvivier, D., (2012). 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*, 26-29 August 2012.

Wang, Y., Tang, J., ve Fung, R. Y. A column-generation-based heuristic algorithm for solving operating theater planning problem under stochastic demand and surgery cancellation risk. *International Journal of Production Economics*, v.158, p.28-36, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.07.015>

Wullink, G., Van Houdenhoven, M., Hans, E. W., Van Oostrum, J. M., Van Der Lans, M., ve Kazemier, G. Closing emergency operating rooms improves efficiency. *Journal of Medical Systems*, v.31, n.6, p.543-546, 2007. DOI: 10.1007/s10916-007-9096-6

Xiao, G., Van Jaarsveld, W., Dong, M., ve Van De Klundert, J. Stochastic programming analysis and solutions to schedule overcrowded operating rooms in China. *Computers ve Operations Research*, v.74, p.78-91, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2016.04.017>

Xiao, G., Van Jaarsveld, W., Dong, M., ve Van De Klundert, J., (2018). Models, algorithms and performance analysis for adaptive operating room scheduling. *International Journal of Production Research*, 56(4), 1389-1413. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1328140>.

Xiao, Y., ve Yoogalingam, R. (2021). Reserved capacity policies for operating room scheduling. *Operations Management Research*, 14(1), 107-122. <https://doi.org/10.1007/s12063-020-00172-x>.

Yahia, Z., Eltawil, A. B., Harraz, N. A. The operating room case-mix problem under uncertainty and nurses capacity constraints. *Health care management science*, v.19, n.4, p.383-394, 2016. DOI: 10.1007/s10729-015-9337-z.

Zhang Y., Wang, Y., Tang, J., ve Lim, A. (2020) Mitigating overtime risk in tactical surgical scheduling. *Omega*, 93, 102024, <https://doi.org/10.1016/j.omega.2019.01.002>.

Zhang, J., Dridi, M., ve El Moudni, A., (2019). A two-level optimization model for elective surgery scheduling with downstream capacity constraints. *European Journal of Operational Research*, 276(2), 602-613. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.01.036>

Zhang, J., Dridi, M., ve El Moudni, A. Column-generation-based heuristic approaches to stochastic surgery scheduling with downstream capacity constraints. *International Journal of Production Economics*, v.229, 107764, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107764>

Zhu, S., Fan, W., Yang, S., Pei, J., ve Pardalos, P. M. (2019). Operating room planning and surgical case scheduling: a review of literature. *Journal of Combinatorial Optimization*, 37(3), 757-805. <https://doi.org/10.1007/s10878-018-0322-6>.

Zhu, Z. A two-stage scheduling approach of operation rooms considering uncertain operation time. In International Conference on Information Science and Technology (pp. 1225-1228). IEEE, 2011 March. DOI: 10.1109/ICIST.2011.5765192

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Şeyda Gür

Eğitim Durumu :  
Lisans : Kırıkkale Üniversitesi (Endüstri mühendisliği)  
Yüksek Lisans : Kırıkkale Üniversitesi Yüksek Lisans (Endüstri Mühendisliği)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl/Yıllar : Öğretim Görevlisi- Harran Üniversitesi Organize Sanayi Bölgesi Meslek Yüksekokulu (2019-Devam)

Yayımları (SCI) :

1. **Gür, Ş.**, Pınarbaşı, M., Alakaş, H.M., Eren, T. “Operating room scheduling with surgical team: a new approach with constraint programming and goal programming” **Central European Journal of Operations Research**, 1-25, 2022.
2. **Gür, Ş.**, Eren, T. “Application of Operational Research Techniques in Operating Room Scheduling Problems: A Literature Overview” **Journal of Healthcare Engineering**, vol. 2018, pp.1-16, 2018.
3. **Gür, Ş.**, Eren, T. “Scheduling and Planning in Service Systems with Goal Programming: Literature Review” **Mathematics**, 6(11), 265-281, 2018.
4. Sevinç, A., **Gür, Ş.**, Eren, T., “Analysis of the Difficulties of SMEs in Industry 4.0 Applications by Analytical Hierarchy Process and Analytical Network Process” **Processes**, 6, 264, 2018.
5. **Gür, Ş.**, Alakaş, H.M., Eren, T. “Surgical Operation Scheduling with Goal Programming and Constraint Programming: A Case Study” **Mathematics**, 7(3), 251, 2019.
6. Uslu, B., Eren, T., **Gür, Ş.**, Özcan, E. “Evaluation of the Difficulties in the Internet of Things (IoT) WITH Multi-Criteria Decision-Making” **Processes**, 7, 164-179, 2019.
7. Alakaş, H.M., **Gür, Ş.**, Özcan, E., Eren, T., “Ranking of sustainability criteria for industrial symbiosis applications based on ANP” **Journal of Environmental Engineering and Landscape Management**, 28(4), 192-201, 2020.
8. Sonel, E., **Gür, Ş.**, Eren, T., “Analysis of factors affecting industrial symbiosis collaboration” **Environmental Science and Pollution Research**, 1-8, 2022.

1. **Gür Ş.**, Hamurcu M., Eren T., “Ankara’da Monoray Projelerinin Analitik Hiyerarşi Prosesi ve 0-1 Hedef Programlama ile Seçimi”, **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 23:4, 437-443, 2017.
2. Özcan E.C., Danişan T., Yumuşak R., **Gür Ş.**, Eren, T., “Goal Programming Approach for the Radiology Technician Scheduling Problem”, **Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences**, 37(4), 1407-1416,2019.
3. Özcan, E.C., **Gür, Ş.**, Eren, T., “A Hybrid Model to Optimize the Maintenance Policies in the Hydroelectric Power Plants”, **Politeknik Dergisi**, 24(1): 75-86, 2021.
4. Karakuş, K., Yeşilyurt, B., Gür, Ş., Eren, T., “Evaluation of the Internet of Things Potential in Health Services with Multi Criteria Decision Making Methods” **Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences**, **38 (3), 2020, 1595-1606**
5. Tuncel, S. Eren, T., **Gür, Ş.**, Şen, G., Sipahi, C., “An evaluation of the market strategies and decisions of the contracted broiler enterprises in Bolu, Sakarya and Ankara via analytical hierarchy process” **Poultry Science Journal**, **9(2), 221-232, 2021**
6. Yurdakul, K., **Gür, Ş.**, Eren, T., Alakaş, H.M., “Covid-19 Tedavisi İçin Türkiye’de Belirlenen Hastanelerin Seçiminde Etkili Olan Kriterlerin Değerlendirilmesi” **Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, 10(2), 625-639, 2021.
7. Sonel, E., Gür, Ş., Eren, T., “Analysis of Factors Affecting Coronaphobia by Analytical Network Process”, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 17(4), 361-367, 2021.
8. Gür, Ş., Terzi, S., Eren, T., “Yeşil Tedarikçi Geliştirme Programlarının Türk Sanayii Açısından Vikor Yöntemi İle Değerlendirilmesi” **Uluslararası Sürdürülebilir Mühendislik ve Teknoloji Dergisi**, 5(1), 21-31, 2021
9. Terzi, S., Gür, Ş., Eren, T., “Sürdürülebilir Tedarik Zincirine Endüstri 4.0 Etkisinin Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri İle Değerlendirilmesi” **Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi**, 25(1), 1-16, 2020.
10. Sert, Y.O., **Gür, Ş.**, Eren, T., “Dördüncü Sanayi Devriminin Personel Seçimi Süreçlerine Etkisinin Değerlendirilmesi”, **Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 55, 191-202, 2020.
11. Yurdakul, K., Alakaş, H.M, Eren, T., Gür, Ş., “Yaşlılara Evde Bakım Hizmetinde Bulunan Ekiplerin Rotalanması: Büyükşehir Belediyesinde Bir Uygulama” **Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 9(1), 206-223, 2020.
12. Alkaş, O., Gür, Ş., Eren, T., “Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelerde E-Tedarik Zincirinin Benimsenmesinde Etkili Olan Faktörlerin Değerlendirilmesi” **Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi**, 8(1), 511-521, 2020
13. **Gür, Ş.**, Mıman, M., Eren, T., “Analitik Ağ Süreci Yöntemi ile Akaryakıt Taşımacılığının Çevresel Etkilerini Değerlendirme” **Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi**, 5(2), 61-70, 2020.
14. Uslu, B., **Gür, Ş.**, Eren, T., Özcan, E., “ Mobil Uygulama Seçiminde Etkili olan Kriterlerin Belirlenmesi ve Örnek Uygulama”, **İstanbul İktisat Dergisi**, 70, 113-139, 2020.

15. Özcan, N.A., Sevinç, A., **Gür, Ş.**, Özcan, E., Eren, T., “Evaluation of the Transition Process of Industry 4.0 in Automotive Supplier Industry, **Başkent Üniversitesi Ticari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 4(2), 1-18, 2020.
16. Uslu, B., Gür, Ş., Eren, T., Özcan, E. “Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Bulut Hizmet Sağlayıcı Sıralaması” **Pamukkale İşletme ve Bilişim Yönetimi Dergisi**, 6(1), 20-34, 2019.
17. Saçak, R., Gür, Ş., Eren, T., “AHP ve DEMATEL Yöntemleri ile Nesnelerin İnternetinin İşletmelerde Yapılan Uygulamalarının Analizi” **Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi**, 8(2), 82-95, 2019.
18. Tezcan, B., Eren, T., Özcan, E.C., Gür, Ş., “Bir Tekstil İşletmesinde Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri İle Personellerin Değerlendirilmesi” **Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 8(2), 1-20, 2019.
19. Karakuş, K., Yeşilyurt, B., Gür, Ş., Eren, T., “Sağlık Sektöründe IoT Uygulamalarının Analitik Ağ Süreci Yöntemi ile Değerlendirilmesi”, **Samsun Sağlık Bilimleri Dergisi**, 4(2), 86-92, 2019.
20. Uslu, B., Eren, T., **Gür, Ş.**, “Bulut Hizmet Sağlayıcı Seçiminde Etkili Olan Kriterlerin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Değerlendirilmesi”, **Yönetim Bilişim Sistemleri Dergisi**, 5(1),16-30, 2019.
21. Özkaya, A., **Gür, Ş.**, Eren, T., “Endüstri 4.0’a Geçiş Sürecinin Analitik Ağ Süreci ile Değerlendirilmesi” **Başkent Üniversitesi Ticari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 3(2), 59-74, 2019.
22. Koçtepe, S., Alakaş, H.M., **Gür, Ş.**, Eren, T., “Basketbol Karşılaşmasında Görevli Organizasyon Personellerinin 0-1 Tam Sayılı Programlama Yöntemi ile Çizelgelenmesi” **Başkent Üniversitesi Ticari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 3(2), 44-53, 2019.
23. Sonel, E., Gür, Ş., Eren, T. “Çok Ölçütlü Karar Verme ile Sağlık Turizminde Şehir Seçimi ve Analizi” **Uluslararası Global Turizm Araştırmaları Dergisi**, 3(1), 27-39, 2019.
24. Yeşilyurt, B., Karakuş, K., **Gür, Ş.**, Eren, T. “Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ile Hastane Bilgi Yönetim Sistemleri İçin Paket Programı Seçimi” **Başkent Üniversitesi Ticari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 3(1), 1-21, 2019.
25. Yelek, A., Eren, T., **Gür, Ş.**, Alakaş, H.M. “Metro İstasyon İşletme Şeflerinin Vardiyalarının Hedef Programlama ile Çizelgelenmesi” **Demiryolu Mühendisliği**, (8), 1-17, 2019.
26. Uslu, B., **Gür, Ş.**, Eren, T., “Endüstri 4.0 Uygulaması İçin Stratejilerin AAS ve TOPSIS Yöntemleri İle Değerlendirilmesi” **Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi B- Teorik Bilimler**, 7(1), 13-28, 2019.
27. Eren, T., **Gür, Ş.** Ameliyathanelerin Performanslarına Etki Eden Faktörlerin Bulanık AHP ile Değerlendirmesi. **Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi**, 3(3), 197-204, 2018.
28. Eren, T., **Gür, Ş.**, Turna, Ş., Varlı, E. Personel Yeterliliklerini Dikkate Alan Hemşire Çizelgeleme Problemi Çözümü. **Ekonomi, İşletme ve Yönetim Dergisi**, 2(2), 49-68, 2018.



29. Uslu, B., Bedir, N., **Gür, Ş.**, Eren, T. 0-1 Hedef Programlama Yöntemi Kullanılarak Hemşire Çizelgeleme Probleminin Çözümü. **Sağlık Akademisi Kastamonu**, 3(3), 1-23, 2018.
30. **Gür, Ş.**, Uslu, B., Eren, T., Akça, N., Yılmaz, A., Sönmez, S. Analitik ağ süreci yöntemi kullanılarak hastanelerde ameliyathane performansının değerlendirilmesi. **Gazi Sağlık Bilimleri Dergisi**, 3(3), 10-25, 2018.
31. Akça, N., Sönmez, S., **Gür, Ş.**, Yılmaz, A., Eren, T. “Kamu Hastanelerinde Analitik Ağ Süreci Yöntemi ile Finans Yöneticisi Seçimi”, **Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi**, 5(2), 133-146, 2018.
32. Koçtepe, S., Bedir, N., Eren, T., Gür, Ş. “Organizasyon Görevlileri için Personel Çizelgeleme Probleminin 0-1 Tam Sayılı Programlama ile Çözümü”, **Ekonomi, İşletme ve Yönetim Dergisi**, 2(1), 25-46, 2018.
33. **Gür Ş.**, Eren T., “Online Alışveriş Siteleri için AHP ve TOPSIS Yöntemleri ile 3PL Firma Seçimi” **Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 10(2), 819-834, 2017.
34. **Gür Ş.**, Bedir N., Eren T., “Analitik Ağ Süreci ve PROMETHEE Yöntemleri ile Gıda Sektöründe Pazarlama Stratejilerinin Seçimi”, **Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi**, 6:1, 79-92, 2017.
35. **Gür Ş.**, Eren T., “Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ile İşletmeler için CRM Paket Programlarının Seçimi” **Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, 2 (2), 212-229, 2016.
36. **Gür Ş.**, Eren T., “Analitik Ağ Süreci Yöntemi ile İşletmelerin Performanslarına Etki Eden Faktörlerin Değerlendirilmesi” **Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 5 (2), 80-97, 2016.
37. Çopur A., Aslan B., **Gür Ş.**, Eren T., “Eczane Çizelgeleme Problemi: Bir Örnek Uygulama”, **Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 6(2), 309-322, 2016.
38. **Gür Ş.** Hamurcu M., Eren T., “Academic Conference Selection with Analytic Network Method.” **Multiple Criteria Decision Making**, 11, 51-62, 2016.
39. Hamurcu M., **Gür Ş.**, Eren T., “Using Analytic Network Process and Goal Programming Methods for Project Selection in the Public Institution”, **Les Cahiers du MECAS**, 13, 36-51, 2016.
40. Hamurcu M., **Gür Ş.**, Özder E.H., Eren T., “A Multicriteria Decision Making For Monorail Projects with Analytic Network Process and 0-1 Goal Programming.”, **International Journal of Advances in Electronics and Computer Science**, 3 (7), 8-12, 2016.

Araştırma Alanları

: Çizelgeleme, Çok ölçütlü karar verme, yöneylem araştırması