GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Gazi
1926

AMELİYATHANE ÇİZELGELEME VE EKİP EŞLEME İÇİN BİR MATEMATİKSEL MODEL

Esra Pamuk ÜNAL

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEMMUZ 2023

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- 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 çalışmasında 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.

Esra Pamuk ÜNAL

06/07/2023

AMELİYATHANE ÇİZELGELEME VE EKİP EŞLEME İÇİN BİR MATEMATİKSEL MODEL

(Yüksek Lisans Tezi)

Esra Pamuk ÜNAL

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2023

ÖZET

Sağlık sektöründe hizmetin hızlı ve doğru bir şekilde uygulanması önemlidir. Hastanelerin en kritik birimi olan ameliyathanelerde, sürecin belirli kriterler altında sistematik ve devamlı ilerlemesi beklenmektedir. Yapılan bu çalışmada, Türkiye'de bir üniversite hastanesinde ameliyathanelerin ekiplere dağıtım modellemesi için çizelgeleme çalışması yapılmıştır. Çoklu cerrahi branş, branşlara ait birçok ameliyat türü, farklı ameliyat süreleri ve özel ekipman gerektiren ameliyatların bulunması sistemi karmaşıklaştırmaktadır. Mevcut sistemde, ameliyathane sorumlusu cerrahi bölümleri ameliyathanelere manuel olarak atamaktadır. Bu atama problemini çözmek için genel ameliyathaneye ait sayısal veriler analiz edilmiştir. Daha sonra bir matematiksel model geliştirilmiş, modelin CPLEX Optimization Programming Language (OPL) programında çözümüyle ameliyathane çizelgeleme işlemi yapılmıştır. Çalışma kapsamında bir diğer adımda "Çok Ölçütlü Karar Verme Teknikleri (ÇÖKV)" kullanılmıştır. Uzmanlarla görüşmeler sonucunda; ekip oluştururken dikkat edilmesi gereken kriterler ve bu kriterlerin önem ağırlıkları belirlenmiş, ÇÖKV teknikleri kullanılarak, bu süreç analiz edilmiştir. Ameliyathanede görev alacak sorumlu hemşirelerin seçimine ilişkinde ÇÖKV teknikleri kullanılarak sıralama yapılmış ve atama sürecinde kullanılabilecek veri ortaya çıkarılmıştır.

Bilim Kodu	:	90620
Anahtar Kelimeler	:	Ameliyathane çizelgeleme, çok ölçütlü karar verme, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)
Sayfa Adedi	:	64
Danışman	:	Doç. Dr. Bahar ÖZYÖRÜK

A MATHEMATICAL MODEL FOR OPERATION ROOM SCHEDULING AND TEAM MATCHING

(M. Sc. Thesis)

Esra Pamuk ÜNAL

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

July 2023

ABSTRACT

It is important that the service is implemented quickly and accurately in the health system. In operating rooms, which are the most critical units of hospitals, the process is expected to progress systematically and continuously under certain criteria. In this study, a scheduling study was conducted for the distribution modeling of operating rooms to teams in a university hospital in Turkey. The existence of multiple surgical branches, many types of surgeries belonging to branches, different operating times and surgeries that require special equipment complicates the system. In the current system, the operating room supervisor assigns the surgical departments to the operating rooms manually. To solve this assignment problem, numerical data of the general operating room were analyzed. Afterwards, a mathematical model was developed, and operating room scheduling was performed by solving the model in the CPLEX Optimization Programming Language (OPL) program. In another step within the scope of the study, "Multi-Criteria Decision Making Techniques (MCDM)" was used. As a result of interviews with experts, the criteria to be considered while forming a team and the importance weights of these criteria were determined, and this process was analyzed by using MCDM techniques. Arrangement has been made by using MCDM techniques regarding the selection of responsible nurses to work in the operating room and data that can be used in the appointment process have been revealed.

Science Code	:	90620
Key Words	:	Operating room scheduling, multi-criteria decision making, Analytical Hierarchy Process (AHP)
Page Number	:	64
Supervisor	:	Assist. Prof. Dr. Bahar ÖZYÖRÜK

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans sürecim boyunca bilgi birikimi ve tecrübeleriyle banan yol gösteren kıymetli tez danışmanım sayın Doç. Dr. Bahar ÖZYÖRÜK' e teşekkürlerimi sunarım.

Tez savunma sınavı jüri üyelerim olan Dr. Öğr. Üyesi F. Yeşim KALENDER ÖKSÜZ ve Doç. Dr. Adnan AKTEPE' ye değerli görüşleri nedeniyle teşekkür ederim.

Tez konusu belirleme ve çalışma sürecimde yardımlarını sunan ve değerli bilgi birikimlerinden yararlandığım Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Genel Ameliyathane sorumlularına ve hastane yöneticilerine saygılarımı sunarım.

Tez çalışma sürecimde bana desteklerini esirgemeyen, çalışma tarzımı tolere eden, moral ve motivasyon sağlayan HAVELSAN Donanım Mühendislik Grubuna ve sevgili ekip arkadaşlarım Donanım Üretim ve Bakım Takımına teşekkürü borç bilirim. Süreç boyunca hiçbir yardımı esirgemeyen, meslektaşım Merve ÜNAL' a sevgilerimi sunarım.

Tez sürecimde manevi desteklerini esirgemeyen, yardımcı olmaya çalışan arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında maddi manevi desteklerini esirgemeyen, bütün eğitim hayatım boyunca ilerlememe katkıda bulunan ve yardımlarından dolayı minnettar olduğum annem Dilek ÜNAL, babam Prof. Dr. Yusuf ÜNAL ve kardeşim Emre ÜNAL' a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT v

TEŞEKKÜR vi

İÇİNDEKİLER vii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ ix

ŞEKİLLERİN LİSTESİ xi

RESİMLERİN LİSTESİ xiv

SİMGELER VE KISALTMALAR iv

1. GİRİŞ 1

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 5

2.1. Çizelgeleme Çalışmaları Hakkında Literatür Çalışması 5

2.1.1. Hasta özelliklerine göre çizelgeleme çalışmaları 7

2.1.2. Performans ölçütlerine göre çizelgeleme çalışmaları 8

2.1.3. Tercih kriterine göre çizelgeleme çalışmaları 10

2.1.4. Sıra bağımlı hazırlık kriterine göre çizelgeleme çalışmaları 10

2.1.5. Araştırma metodolojisi 11

2.2. Çok Ölçütlü Karar Verme Teknikleri Hakkında Literatür Çalışması 11

3. KULLANILAN ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME TEKNİKLERİ 13

3.1. AHP 13

3.2. TOPSIS 16

4. ÇİZELGELEME 21

5. ÇÖKV VE ÇİZELGELEME UYGULAMA ÇALIŞMASI 25

5.1. AHP Süreci 25

Sayfa

5.2. TOPSIS Süreci 28

5.3. Ameliyathane Çizelgeleme Çalışması 34

5.3.1. Matematiksel model 40

6. SONUÇ VE ÖNERİLER 53

KAYNAKLAR 55

EKLER 61

EK-1. Cplex opl çözüm satırları örneği 62

ÖZGEÇMİŞ 64

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 3.1. Standart değer tablosu 14

Çizelge 3.2. İkili karşılaştırma matrisi 15

Çizelge 3.3. Matrisin boyutuna göre RI değerleri 16

Çizelge 3.4. Topsis karar matrisi 17

Çizelge 3.5. Normalleştirilmiş karar matrisi 17

Çizelge 3.6. Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi 18

Çizelge 5.1. İkili karşılaştırma matrisi 26

Çizelge 5.2. Normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisleri ve kriter ağırlıkları 27

Çizelge 5.3. Kriter ağırlıklarıyla çarpılmış ikili matris ve satır toplamı değerleri 27

Çizelge 5.4. λ_{max} değeri veri çizelgesi 28

Çizelge 5.5. Karar matrisi 29

Çizelge 5.6. Kriterlerin karekök değerleri 29

Çizelge 5.7. Normalleştirilmiş karar matrisi 30

Çizelge 5.8. AHP ile belirlenmiş kriter ağırlıkları 31

Çizelge 5.9. Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi 31

Çizelge 5.10. Kriterlere göre pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm 32

Çizelge 5.11. Öklid uzaklık değerleri ve ideal çözüme göreceli yakınlık değerleri 32

Çizelge 5.12. Topsis yöntemine göre alternatiflerin sıralanması 33

Çizelge 5.13. Genel ameliyathane haftalık çizelgesi 35

Çizelge 5.14. Ameliyat isimleri, süreleri ve bir aydaki maksimum ameliyat sayıları 37

Çizelge 5.15. Genel ameliyathane kullanımı detayları 39

Çizelge 5.16. Sonuçların dağılımı ve atama oranı 47

Çizelge 5.17. Bölüm bazında yapılan atama, hedeflenen atama ve oran verisi 49

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 5.18. İlk gün oda bazında yapılan ameliyatlar ve toplam atama süreleri 50

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 3.1. AHP hiyerarşik yapı 14

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim **Sayfa**

Resim 5.1. CPLEX OPL matematiksel model görseli 45

Resim 5.2. CPLEX OPL veri çekim notasyonu görseli 45

Resim 5.3. CPLEX OPL çözüm verileri görseli 46

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	**Açıklamalar**
dk	Dakika
P	Operasyon seti
R	Ameliyat odaları seti
D	Bir aydaki mesai yapılan gün seti
G	Ameliyathaneyi kullanacak departman seti
$\mathbf{t_p}$	Genişletilmiş operasyon süreleri
$\mathbf{N_p}$	Toplam zamandaki maksimum operasyon sayısı
$\mathbf{C_p}$	Bir gündeki maksimum ameliyat kapasitesi
$\mathbf{B_p}$	Acil ameliyatı gösteren veri
$\mathbf{A_{pr}}$	Ekipman sahipliğini gösteren veri
E	Gün içerisinde odaların maksimum kullanılabilirliği
M	Olabildiğince büyük bir sayı
$\mathbf{Y_{prd}}$	Tip, oda ve güne göre çizelgelenen operasyon sayısı

Kısaltmalar	**Açıklamalar**
AHP	Analitik Hiyerarşi Süreci
ANP	Analitik Ağ Süreci
CI	Tutarlılık İndeksi (Consistency Index)
CR	Tutarlılık Oranı (Consistency Ratio)
ÇÖKV	Çok Ölçütlü Karar Verme
ELECTRE	Elimination Et Choix Traduisant la Realite
KBB	Kulak, Burun, Boğaz Cerrahisi
KVC	Kalp ve Damar Cerrahisi
LP	Lineer Programlama
MILP	Karma Tam sayılı Lineer Programlama

Kısaltmalar	Açıklamalar
MIP	Karma Tam sayılı Programlama
OPL	Optimization Programming Language
RI	Rastgele Tutarlılık İndeksi

1. GİRİŞ

Verimlilik, belirli bir süreç esnasında kişinin ortaya çıkardığı kaliteli işin göstergesidir. Kalite; çağımızda bir kuruluşun, kişinin, hatta ülkenin gelişmesi için yapılan her türlü çalışmanın istenilen yetkinlik düzeyinde yapılmasıdır. Yüksek kalitede gerçekleştirilen işlemler verimlilik düzeyinin artışına katkı sağlayacaktır. Bir işletmenin başka kuruluşlarla rekabeti esnasında da verimli operasyonel süreçler işletmeyi tercih edilir kılacaktır. Verimlilik esasıyla, belirli bir zaman içerisinde ortaya çıkarılan iş, kuruluşun maddi anlamda karlılığında doğrudan pay sahibi olacaktır.

Çağımızda sanayi, eğitim, hizmet sektörleri başta olmak üzere güçlü bir rekabet ortamı vardır. Kuruluşların çağa ayak uydurup rekabet edebilmeleri ancak hizmet verilen taraftan gelen isteklere olabildiğince hızlı karşılık gösterebilmeleri ve karşı tarafın memnuniyetini en üst düzeyde karşılayabilmeleri ile mümkündür.

Hayatın her döneminde yapılan seçimler bireylerin hayatlarına yön verirken işletmeler içerisinde de verilen kararlar kurumsal süreçlere yön vermektedir. Yapılacak olan eylem doğrultusunda stratejiye doğru karar verilmesi, sürecin sürdürülebilirliğini etkilemektedir. Karar vericilerin karmaşık sorunların çözümünde etkili rol oynaması süreç içerisindeki en önemli etkenlerden biridir. Problemin karmaşıklığı, şartların belirsizliği, hızlı cevap verme zorunluluğu gibi etkenler; yöneticilerin bu süreçte bilimsel yaklaşımlarla teknik bir çözüme yönelmesini kaçınılmaz hale getirmiştir.

İşletmeleri daha rekabetçi hale getirecek diğer bir faktörde doğru bir planlama ile zaman aralıklarının sınırlı olduğu dönemde yüksek seviyede sonuca varmayı amaçlamaktır. Bu amaçla, özellikle hizmet sektöründe var olan işletmeler verimi yükseltmek için çizelgeleme de bilimsel önerilere yönelecektir. Endüstri mühendisliğinin temel çalışma alanlarından biri olan yöneylem araştırması prensipleri de çizelgeleme konusunda bilimsel bir kapı aralamaktadır. Çizelgeleme; bir işin hangi sırayla, ne zaman, kim tarafından yapılacağını gösteren planlama yöntemidir.

Sağlık sektöründe işin planlı ve sürece uygun ilerlemesi hem hasta hem de hastaneler için tercih edilebilirliği artıracaktır. Ameliyat, kişinin rutin vücut işleyişine ek olarak ortaya çıkan problemlerin tedavisinde uygulanan yöntemlerden biridir. Hastanın ilgili sağlık kuruluşuna ve branşa müracaatıyla başlayan süreç, gerekli tetkiklerin yapılması, ölçümlerin analiz edilmesi ve alanında yetkin personelin hasta ve ekibiyle süreci planlamasıyla devam etmektedir. Bu sürece dahil edilmesi gereken temel adımlar var olmaktadır. Sağlık personelinin bu süreç içerisinde planlanan diğer ameliyat listelerine ve ortak kullanımda olan ameliyathane alanlarına, diğer cerrahi birimlerin planlamasını bozmadan dahil olması gerekmektedir. Dolayısıyla, ortaya çözümü zaman alan bir problem çıkmaktadır. Bu planlama çerçevesini oluşturan temel kalemler ise; kapasite, iş gücü, olağanüstü salgın durumları, ekipman stoğu, iş gücü kullanım yetkinliği gibi parametrelerdir.

Planlama ve çizelgeleme konusuna ek olarak, doğru yetkinliklerde ekipler oluşturulması da sürecin verimliliği ve işin kaliteli olarak ortaya çıkarılması için gerekli temel adımlardan biridir. Ekiplerin oluşturulması aşamasında, Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) teknikleri karar vermekle yükümlü kişiler için bilimsel çalışmalara dayanan bir alternatif yöntem olmaktadır. Hizmet sektörlerinden biri olan sağlık hizmetinde ekip oluşturma işleminde birçok kriter var olmaktadır. Fazla sayıda kriter ve alternatifin var olduğu süreçlerde daha analitik bir sonuç elde etmek için ÇÖKV teknikleri kullanılabilmektedir. Bu tez çalışmasında genel ameliyathane biriminde sorumlu personelin, hemşire seçim tercihleri ÇÖKV tekniği olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) tekniği kullanılarak detaylandırılmaktadır.

Literatür çalışmasında çizelgeleme ve ÇÖKV teknikleri hakkında araştırma yapılmıştır. Sonraki bölümde tez çalışması kapsamında kullanılan teknikler ve çizelgeleme çalışması hakkında detaylandırma yapılmış ve tez çalışması hakkında uygulama kısmına geçiş yapılmıştır.

Tez çalışmasının uygulama bölümünde ilk kısmında ÇÖKV teknikleri ile Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesinde genel ameliyathane biriminde görevli hemşireler için ekip seçimi çalışması yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında sorumlu ekiple birlikte genel ameliyathanede çalışan hemşireler için bir ekip oluştururken önemli olan kriterler belirlenmiştir. Bu kriterler için AHP tekniği kullanılarak ağırlıklandırma çalışması yapılmış ve sistemin tutarlılığı test edilmiştir. İkinci aşamada ise TOPSIS tekniği kullanılarak belirlenen kriterler ışığında

görevli hemşireler için sıralama işlemi yapılmıştır. Elde edilen sonuca göre, ekip oluşturma konusunda sorumlu kişilere bir alt yapı sunulmuş ve bu analize göre kullanılmak üzere bir sonuç sunulmuştur.

Tez çalışmasının uygulama bölümünün ikinci kısmında ise uzmanlarla görüşülüp ortaya çıkarılan şartlar doğrultusunda ameliyathane çizelgeleme sistemi için bir matematiksel model sunulmuştur. Ameliyathane çizelgeleme işlemi, genellikle manuel olarak bir haftalık plan çerçevesinde sorumlu ameliyathane çalışanları tarafından yapılmaktadır ve bu işlem zaman almaktadır. Çizelgeleme işlemi için çalışan personele kolaylık sağlaması amacıyla bir matematiksel model geliştirilmiştir. Bu matematiksel modelde; mesai saati kısıtlamaları, özel ekipmana sahip odaların ve özel ekipman gereksinimi olan ameliyatların sınırlamaları, çalışan personel kapasitesi, acil ameliyatların varlığı, ameliyathane odalarının hazırlık ve temizlik süreleri sınırlılıkları oluşturmaktadır. Oluşturulan matematiksel model CPLEX OPL (Optimization Programming Language) optimizasyon paket yazılımı kullanılarak çözdürülmüştür. Geliştirilen matematiksel modelin; çizelgeleme sürecinde, sorumlu personele zaman kazandıracağı ve kaynakların eski sisteme oranla daha verimli kullanılacağı öngörülmüştür.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çalışma boyunca bilimsel veriler 2 ayrı konu başlığında incelenmiştir. Literatür araştırması ilk olarak çizelgeleme çalışmaları hakkında incelenen kaynaklardan oluşmakta olup, ikinci bölüm çok ölçütlü karar verme teknikleri hakkında literatür çalışmasından oluşmaktadır.

2.1. Çizelgeleme Çalışmaları Hakkında Literatür Çalışması

Ameliyathaneler, tedavi yöntemlerin gerçekleştirildiği, cerrahi operasyonların yapıldığı ve invaziv işlemlerin gerçekleştirildiği özel bir cerrahi odalar olmaktadır. Ameliyathaneler; hastanelerde, kliniklerde ve sağlık merkezlerinde bulunmaktadır. Ameliyathaneler; sterilizasyonun sağlandığı, enfeksiyon riskini en aza indiren ve bir bakteri hücresini barındırmamayı mümkün kılan özel donanımlara sahiptir. Bu odalar; cerrahi operasyonlar için özel masalar, çok pahalı ve sofistike cerrahi cihazlar, cerrahi ışıklandırma sistemi, anestezi ekipmanları gibi malzemeler ile donatılmışlardır. Ameliyathaneler bir hastanenin en özellikli birimleri, en pahalı yatırımları, aynı zamanda en gelir getirici alanlarıdır. Bu nedenle ameliyathaneleri verimli kullanmak, kapasitesini maksimum düzeyde tutmak hastane yönetimlerinin ana hedefidir. Bunun için ameliyathanelerin kullanımının iyi planlaması yapılmalıdır. Bazı durumlarda verimli çalışma imkânı ameliyathanelerde olamamaktadır. Bu durumlar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

- Özellikle çoklu klinik içeren büyük hastanelerde ameliyathane dağılımının dengesiz yapılması
- Cerrahi ekiplerde çalışma miktarlarının kişisel farklılık göstermesi, aynı cerrahi uygulamaların standart zamanı olmaması
- Öngörülen sürelerin aşıldığı durumlarda diğer ameliyatların ertelenmesi, ertelenen ameliyatın en yakın sürede yeniden planlanması
- Ameliyathanenin fiziki koşullarından kaynaklanan yetersizlik ve diğer yardımcı personelin aşırı çalışma sistemleri ile ilgili sorunlar
- Ameliyathanede kullanılan ekipmanlardan kaynaklı olan problemler

Hastane yönetiminden sorumlu görevliler etkili çözümler aramaktadır. Oğulata ve Erol (2003) kaynaklar, ekonomik güç, altyapı açısından çizelgelerin yüksek öncelik taşıdığı yargısına ulaşmışlardır.

Ameliyathane çizelgelemelerin çoğunlukla elle yapılmakta olduğu gözlenmiştir. Çalışan personelin vardiya ve nöbet çizelgelemesi, doktor ataması, ameliyat atanması, ameliyathanelerin cerrahi bölümlere dağılımı ve buna benzer çalışmalar yapılmaktadır. Manuel olarak gerçekleştirilen çizelgeleme işlemi zaman almaktadır ve değişime fazla olanak sağlamamaktadır. Ek olarak yapılan çalışmanın en iyi sonuca ulaşması imkansızdır.

Hooshmand, MirHassani ve Akhavein'a (2018) göre ameliyathane planlama ve çizelgelemenin; sadece ameliyat odasının verimli kullanımının yanı sıra, ekonomik girdileri azaltma, çıktıları artırma ve süreç içerisindeki memnuniyet katsayısını yükseltme gibi faydaları bulunmaktadır. Ancak ameliyathaneyi yönetmek çoklu kullanıma yönelik olması, anlık öncelikler içermesi, sabit zaman takvimi olmaması ve aynı zamanda sınırlı sayıda pahalı ekipmanların ameliyathanelerin bazılarında bulunması nedeniyle de oldukça zordur. Ameliyathanelerin yukarıdaki sıralanan faktörlere ek olarak; ameliyat süresi gibi belirsizlikler, acil cerrahi gerektiren öncelikler ve eğitimsel faaliyetler gibi çoklu amaçlara yönelik olması nedeni ile yönetimi karmaşıktır. Bu nedenle ameliyathane çizelgeleme süreci; bu kompleks yapıyı yönetme, amaca yönelik hizmet etme ve hizmetin kalitesini iyileştirme amaçları ile geniş çapta bilimsel çalışmalarda yer bulmuştur.

Ameliyathanelerin kullanımında kaynakların durumu, süreçlerdeki belirsizlikler, hedefler dikkate alındığında birçok parametreyi eş zamanlı göz önüne almanın gerekliliği nedeniyle çizelgelemeyi kategorize etmek de zordur. Cardoen, Demeulemeester ve Beliën (2010) 115 operasyon odası çizelgeleme çalışmasını incelemişlerdir. Literatürde göre Cardoen, Demeulemeester ve Beliën (2010) 5 kritere göre sınıflandırmayı çoğunlukla kullanılmıştır. Bu kriterler:

- Hastaların nitelikleri
- Verimlilik ölçüm değerleri
- Karar verme bölgesi
- Çalışma tekniği
- Belirsizlikler olarak sıralanmıştır.

Santibáñez, Begen ve Atkins (2007) ise performans ölçütü olarak ameliyat olan hasta sayısının maksimizasyonunu ve kaynak seviyelendirmeyi kullanmışlardır. Testi, Tanfani ve Torre (2007) performans ölçütlerinden operasyon ertelemelerini ve cerrah tercihlerini parametre olarak kullanırken, Tànfani ve Testi (2010) çalışmalarında oda kullanımını, süreç içerisindeki işlem öncesi kayıp zaman miktarlarını ve ekonomik değerleri etkililik düzeyini ölçmek için kullanmışlardır. Lamiri, Xie, Dolgui ve Grimaud (2008); Arnaout (2010) ve Van Essen, Hans, Hurink ve Oversberg (2012) ise ameliyatların mesai saatleri içerisinde tamamlanma zamanını çalışmalarında değerlendirmişlerdir. Koçak, Ekren, Yumuşak, Eren ve Alakaş (2023) ise pandemi gibi beklenmedik süreçlerde iş performansının düşmemesini de hesaba katarak çizelgeleme çalışması yapmışlardır.

2.1.1. Hasta özelliklerine göre çizelgeleme çalışmaları

Ameliyathanelerin randevulu hastalar ile planlanması ve çizelgelenmesi yapılırken acil ameliyat gereksinimi olan hasta sınıfı da göz önünde bulundurulmalıdır. Randevulu hastalar daha önceden hastaneye yatırılmış ve ameliyat günü hastaneye gelen yatırılmadan tedavi edilen hasta olarak ikiye ayrılmakta, acil hastalar ise aciliyetine göre derecelendirilerek karşımıza çıkabilmektedir. Gerchak, Gupta ve Henıng (1996) ameliyathane talebi zamanının belirsiz olduğu acil operasyonlar için oda kaynağının dağılımına yönelik bir stokastik dinamik programlama yöntemi geliştirmişlerdir. Lamiri ve Xie (2007) ise çalışmalarında belirsizlik faktörü olarak acil hastaları içeren randevulu ameliyatların çizelgelerini planlamışlardır. Roland, Di Martinelly ve Riane (2006), Augusto, Xie ve Perdomo (2010), Mateus, Marques ve Captivo (2018) gibi araştırmacılar çalışmalarında randevulu hastalar içeren planlama yaparken acil hastaları da genel olarak randevulu hastalarla beraber değerlendirmişlerdir.

Acil hastaların gelişi, en sık karşılaşılan ameliyathanelerde belirsizlik problemlerdendir. Belirsizliklerin varlığında ise çizelge oluşturmak oldukça güçtür. Cayirli ve Veral (2003) çalışmalarında, planlama yapılırken önceliği aciliyeti bulunan hastalara verip, sonrasında diğer hasta gruplarını dahil etmişlerdir. Hastanelerde bu şekilde hasta gruplarını sürece eklemektedir ancak kapasite kullanılırken belirsizlik verilerinin de dikkate alınması önem arz etmektedir. Afet gibi durumların oluştuğu bölgelerde hastaneler bu gibi durumlardaki mağdurları yakın bölgelerdeki hastanelere sevk edilerek acilen tedaviye alınmasını sağlayarak çözüm getirmektedirler. Bu gibi durumlarda ekonomik yüksek getiri hedefi

düşünülmeyerek, yüksek miktarda hayat kurtarılması hedeflenen bir yaklaşım düşünmüşlerdir. Van Essen, Hurink, Hartholt ve Van den Akker (2012) belirsizlik oranlarını karşılama ve kesintiye uğrayan problemleri çözmek için karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Karar destek sistemi sonuçlarına göre işlem iptalinin azaldığı izlenmiştir. Erdem, Qu ve Shi (2012) süreç içerisine acil operasyon dahil edilmesi durumunda sistemin tekrar planlanması için karma tam sayılı lineer programlama çözümü ortaya çıkarmışlardır.

Zonderland, Boucherie, Litvak ve Vleggeert-Lankamp (2010) yarı-acil hasta verilerini incelemişlerdir. Bu grup, işlem için belirli bir süre bekleyebilme özelliği olan hastaları içermektedir.

Molina-Pariente, Hans ve Framinan (2016) listelenmiş operasyonlara tarih ve oda ataması, ekonomik girdileri azaltma ve kapasite aşma durumlarını içeren bir stokastik ameliyathane çizelgeleme problemi oluşturmuşlardır. Al-Refaie, Chen ve Judeh (2016) aciliyeti olmayan normal veriler ve acil veriler için en iyi ameliyathane çizelgesinin oluşturulmasını ele almışlardır. Üç adet optimizasyon algoritması sunulmuştur. Bu üç optimizasyon modeli; sisteme yeni eklenecek ameliyathaneler için acil durumları planlamak, kullanımı olmayan bölgelere acil girdileri atamak ve doluluğu az olan ameliyathanelerde süreç içerisinde olan ve sürece aciliyetle dahil olan hastaları sıralamak şeklindedir. Üç model gerçek hayatta kullanıma dahil edilmiştir ve çıktılar incelenmiştir. Sunulan algoritmaların beklenmeyen durumları önlemesine ek olarak verimlilik artışı sağlamasının beklendiği ifade edilmektedir.

Durmuş, Özdemir ve Gökmen (2023), yoğun bakımdaki hasta grupları için kapasite çalışması ve planlaması yapmışlardır.

2.1.2. Performans ölçütlerine göre çizelgeleme çalışmaları

Ameliyathane çizelgeleme ve planlama prosedürünü değerlendirmek için çeşitli performans ölçütleri kullanılabilmektedir. Bu performans ölçütleri genelde hastanın ameliyat öncesi bekleme süreleri, ameliyat edilen hasta sayısı, hedeflenen bekleme zamanından sapmalar, enfeksiyon oranı, çalışan memnuniyeti, cerrah memnuniyeti, hasta memnuniyeti, hasta erteleme, kaynak kullanımı, finansal önlemler ve tercihleri içermektedir. Süreç içerisinde listede yer alan kişilerin memnuniyeti, motivasyon değerini direkt olarak etkilemektedir. Araştırmacılar, hasta memnuniyeti kadar doktorlarında memnuniyet derecesinin kritik

olduğunu belirtmişlerdir. Operasyonu uygulayacak doktorların da gecikmelerinin düşürülmesini sağlayan bir çözüm sunmuşlardır. Ameliyat süreleri ile doktor bekleme miktarlarının arasındaki ilişkiden bahsetmişlerdir.

Operasyon dağılımının belirli bir dengede olması ile odaların sürece dahil olmasını ilişkilendiren Oğulata ve Erol (2003) problemin hesaplama zorluğuna alternatif olacak şekilde hiyerarşik yapıda bir yaklaşım sunmuşlardır. Oğulata ve Erol (2003) odaların kullanım miktarından yüksek oranda fayda sağlanması, atamanın dengeli yapılması, süreç içerisindeki bekleme miktarlarının en aza indirgenmesi hedefleriyle bir öneri getirmişlerdir. Ortaya çıkan problemin karmaşık olması sebebiyle, problem gruplara bölünmüştür. Belirlenen hiyerarşik gruplar, doktor atama işlemi, hasta seçim işlemi, çizelgenin içeriğinin belirlenmesi şeklinde ayrılmaktadır. Ortaya çıkarılan modeller bir üniversitesi hastanesinde elde edilen girdilere ek olarak sistemin simülasyonuyla üretilen veriler üzerinde analiz edilmiştir.

Guinet ve Chaabane (2003) hastaların; doktorlara, ameliyat teçhizatlarına ihtiyaç duyduğu ve işlem sürelerinin var olduğu bir altyapıda bir çalışma ortaya koymuşlardır. Çözüm yolu olarak, sezgisel bir çözüm kullanılmıştır ve etkililik farklı ölçütler kullanılarak incelenmiştir.

Van Oostrum, Van Houdenhoven, Hurink, Hans, Wullink ve Kazemier (2008) hastanelerde bulunan kaynakların verimliliğini hedefleyen planlama süreçlerini; stratejik, operasyonel ve taktiksel seviyede boyutlandırılmaya yönelik bir model geliştirmişler ve ameliyathane kapasitesinden en verimli olacak şekilde yararlanılmasının önemli olduğunu vurgulamışlardır. Tan, El Mekkawy, Peng ve Oppenheimer (2011) doluluk oranlarındaki sapmaları en aza indirgeyecek çalışmalarda bulunmuşlardır.

Khambhammettu ve Persson (2016) ise karar destek temeli olan bir model geliştirerek ameliyathane kaynak çizelgeleme ve sıra bağımlı ameliyat odası çizelgelemeyi hedeflemişlerdir. Ameliyat tamamlanma süresini en aza indirgemeyi ve dolayısıyla faydayı artırmayı da beklemişlerdir.

Nino, Harris ve Claudio' ya (2016) göre açık planlama stratejisi doktor ve hasta durumlarına göre dağılımı gerçekleştiren bir yöntemdir. İlk gelen ilk olarak hizmet alır düşüncesiyle ilerlemektedirler. Blok planlama stratejisi kullanılarak yapılan planlamalar odaları belirli

uzmanlıklara tahsis etmektedir. Modifiye blok planlama stratejisi bölünmüş bloklarda gerçekleşmeyen operasyonların yeniden ayarlanmasına olanak sağlamaktadır. Esnek bir planlama olarak tanımlanmaktadır.

2.1.3. Tercih kriterine göre çizelgeleme çalışmaları

Van Huele ve Vanhoucke (2015) ameliyat ve doktor sınırlılıklarını esnetmek amacıyla bir model geliştirmiştir. Sonraki aşamada bu sınırlılıkların ortaya çıkardığı sonuçlar değerlendirilmiştir. Xiang, Yin ve Lim (2015) doktorların tecrübe miktarları da sürece dahil edilmiştir. Tecrübe verilerine göre operasyon ve doktor eşleşmesini sağlayarak dengeli sonuç elde edilmeye çalışılmıştır. Akgönül, Eren ve Alakaş (2022), kişilerin kullanılan ekipman yetkinliklerine ve kişilerden gelen taleplere göre ergonomik bir çizelgeleme yaklaşımı geliştirmişlerdir.

2.1.4. Sıra bağımlı hazırlık kriterine göre çizelgeleme çalışmaları

Arnaout ve Kulbashian (2008) ve Arnaout (2010) ameliyat odası çizelgeleme problemini sıra bağımlı hazırlık zamanlarına sahip özdeş paralel makine çizelgeleme problemine benzer şekilde tasarlamıştır.

Zhao ve Li (2014) çizelgeleme için geliştirilen kararları farklı yönlerden incelemiştir. Ameliyathane miktarı, ameliyatların odalara dağılımı ve dağılım içinde sıralamalara dikkat çekmişlerdir. Ameliyat öncesinde hazırlık süreci olduğunu ve ameliyatlar arasında sıra bağımlılığı olduğu varsayılmıştır.

Zhang ve Xie (2015) ve Baesler, Gatica ve Correa (2015) çalışmalarında ameliyatlar ilk gelen, ilk hizmet görür kuralına uygun olarak ilerlemişlerdir. Xiang, Yin ve Lim (2015) tarafından geliştirilen çalışmada ameliyathane çizelgeleme ile üretimdeki çok kaynak kısıtlı esnek iş çizelgeleme problemi arasındaki benzerlikler gözlemlenerek ameliyathane çizelgeleme problemlerinin çözümü için karınca kolonisi optimizasyonu yaklaşımı önerilmektedir. Her ameliyat ve kaynak talebi ile ilişkilidir. Çalışmada, kaynak talebi ameliyatın tüm aşamaları için gerekli kaynakları göstermektedir. Bir sonraki aşamanın başlayabilmesi, mevcut kaynakların çeşitliliği ve bir önceki safhanın performansına bağlıdır.

Lahijanian, Zarandi ve Farahani (2016) sürece dahil randevusu bulunan hastalara ameliyathane çizelgeleme için karma tam sayılı programlama modeli önermiştir. Bu model, toplam başlangıç zamanlarını en küçüklemeyi hedeflemektedir. Ameliyathane hazırlık zamanları sıra bağımlıdır ve süreler değişken sayılar olarak dikkate alınmaktadır. İki bölümlü hibrit bir model önerilmiştir.

2.1.5. Araştırma metodolojisi

Araştırma metodolojisi sorunun çözümünde yararlanılan yöntemleri göstermektedir. Çözüm yöntemleri genellikle kesin çözüm yöntemleri, sezgisel yöntemler ve benzetim modellerinden oluşmaktadır. Kesin çözüm yöntemleri literatürde çok karşımıza çıkmasına rağmen sonuca ulaşmada yeterli olmayabilmektedir. Bu aşamada sezgisel çözümlere başvurulmaktadır. Oğulata ve Erol (2003), Zhao ve Li (2014), Jebali, Alouane ve Ladet (2006) ve Hanset, Meskens ve Duvivier (2010) kesin çözüm yöntemlerini ele almışlardır. Roland, Di Martinelly ve Riane (2006), Chaabane, Meskens, Guinet ve Laurent (2008) ve Vali-Siar, Gholami ve Ramezanian (2018) sezgisel çözümlere başvurmuşlardır. Benzetim tekniği kullanan çalışmalar da literatürde yer almaktadır.

2.2. Çok Ölçütlü Karar Verme Teknikleri Hakkında Literatür Çalışması

Liberatore ve Nydick (2008) sağlık alanında yapılan çalışmalarda; hizmet değerlendirmesi, politika analizi, proje seçimi, tıbbi karar verme süreci gibi konulara değinildiği görülmüştür. Ameryoun, Zaboli, Haghdoost, Mirzaei ve Tofighi (2014) hastane yer seçim probleminin çok ölçütlü karar verme teknikleri kullanılarak irdelendiğini anlatmışlar.

ÇÖKV tekniklerinin hastane kapsamında; vardiya planlaması, kalite yönetimi, performans değerlendirme, tıbbi atık yönetimi, hastane yeri seçimi, hastane bilgi sistemleri, yalın yönetim, vardiya planlama gibi çeşitli konularda da uygulamalar bulunmaktadır.

Tavana, Kennedy ve Joglekar (1996) hemşire tercihini yönlendiren kriterleri değerlendirmişlerdir. Bacaksız ve Sönmez (2015) hemşire seçiminde önemli kriterleri; meslek, eğitim durumu, yaş, tecrübe ve cinsiyet olarak belirlemişlerdir. Dağdeviren (2007) terfi edecek personel belirleme de bulanık AHP yöntemini, Koyuncu ve Özcan (2014)

firmaya personel seçiminde AHP ve TOPSIS yöntemlerini, H. Turan ve G. Turan (2016) hemşire seçim probleminde AHP yöntemini, Demirci ve Kılıç (2019) firmaya mühendis seçiminde Electre, Dematel ve Analitik Ağ Süreci (ANP), Esen, Yiğit ve Güldan (2020) hemşire seçiminde AHP ve TOPSIS, Tabansız, Meriç ve Çavdur (2023), personel çizelgeleme çalışmasında 0-1 tamsayılı çizelgelemeye ek olarak AHP-WASPAS yöntemlerini kullanmışlardır.

3. KULLANILAN ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME TEKNİKLERİ

Çok ölçütlü karar verme, birçok kriter veya hedefi dikkate alarak en iyi kararı verme sürecidir. Hwang ve Yoon (1981) çalışmalarında; seçeneklerin sıralanması, sınıflandırması, önceliklendirmesi veya elenmesi amacıyla ağırlıklandırılmış, birbirleriyle çelişen çok sayıda ölçüt kullanılarak, değerlendirilmesi çok nitelikli karar verme işlemidir yargısına ulaşmışlardır. Lio ve Hwang (1994) tarafından yapılan çalışmalara göre alternatifler, niteliklere göre değerlendirilmektedir. Gregory (1988) çalışması sonucunda ÇÖKV modellerine; AHP, ANP, ELECTRE ve TOPSIS'i örnek vermektedir.

Tez çalışması kapsamında; AHP yöntemiyle ekip seçimi için önemli olan kriterler belirlenecek ve sonucunda kriter ağırlıkları bulunacaktır. Süreç içerisinde elde edilen verilerin tutarlılığı da incelenecektir. Sonraki aşamada ise TOPSIS yöntemiyle, elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak ekip içerisindeki personelin sıralama işlemi yapılacaktır. AHP tercih edilmesinin nedeni kriter ağırlıklarını bulmak için kullanılan etkili bir yöntem olmasıdır. TOPSIS tekniğinin kullanılma nedeni ise alternatiflerin sıralanmasında kullanılan yöntemlerden biri olmasıdır.

3.1. AHP

Saaty'nin (1980) geliştirdiği AHP yöntemi ÇÖKV tekniğidir. AHP adımları aşağıdaki gibi listelenmektedir.

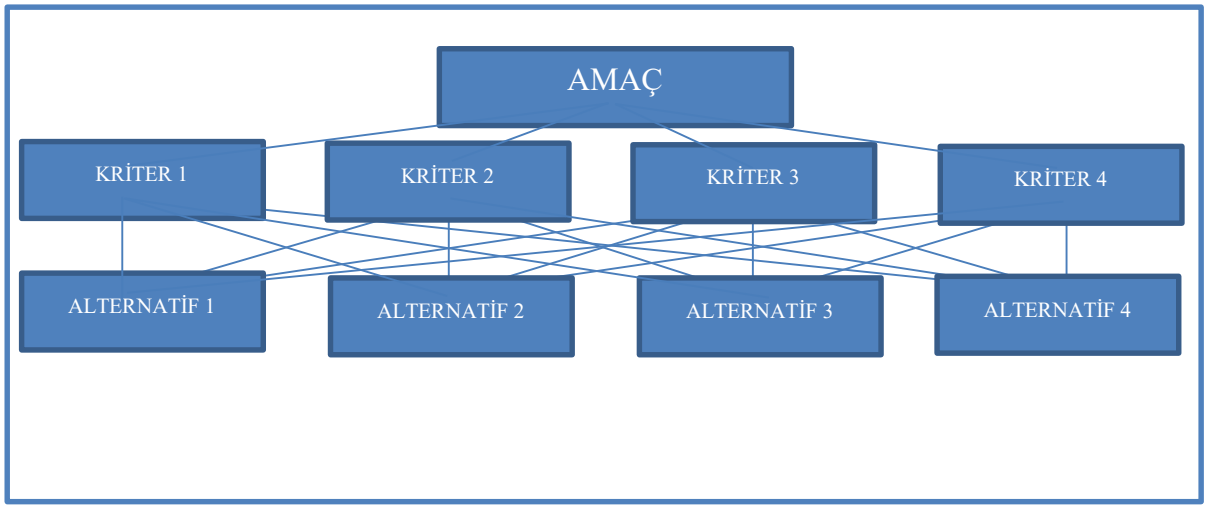
Adım 1- Problemin tanımlanması

İlk olarak, problemin AHP tekniğine uygunluğu belirlenmektedir. Sonraki aşamada, problem alt problemlere ayrılmaktadır ve çözüm yapısı oluşturulmaktadır.

Adım 2- Hiyerarşik yapının oluşturulması

Hiyerarşik yapı oluşturulurken hedeflenen amaç en üst kademedir. Alt seviyede kriterler, en alt kademede ise alternatifler yer almaktadır. Kriterlere karar verirken; uzman görüşleri,

yapılmış çalışmalar ve anketler veri kaynağı olarak kullanılmaktadır. Şekil 3.1'de AHP hiyerarşik yapısına yer verilmiştir.



Şekil 3.1. AHP hiyerarşik yapı

Adım 3- İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması

İkili karşılaştırma matrisi, belirlenen kriterlerin kendi içlerinde değerlendirmesi yapılarak ortaya çıkarılmaktadır. Karşılaştırma matrisi Saaty' nin (2008) önermiş olduğu ve Çizelge 3.1.'de gösterilen standart değer tablosu doğrultusunda ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 3.1. Standart değer tablosu

Standart Tercih Tablosu	
Önem Değeri	Açıklama
1	Eşit Önem Düzeyinde
3	Biraz Daha Önemli (Az Üstünlük)
5	Oldukça Önemli (Fazla Üstünlük)
7	Çok Önemli (Çok Üstünlük)
9	Son Derece Önemli (Kesin Üstünlük)
2,4,6 ve 8	Ara Değerler (Uzlaşma Değerleri)

İkili karşılaştırma matrisinde köşegen üzerinde bulunan elemanlar "1"dir çünkü kriterlerin kendi kendine değerlendirmesi sonucunu vermektedir. i kriteri ile j kriterinin birbiri ile kıyası sonucu "aij" değeri elde edilmektedir. Matristeki j kriteri ile i kriterinin karşılaştırması ile "aji" değeri elde edilir ve bu değer karşılık olması nedeniyle "1/aij" değerine eşittir.

Değerlendirmeler sonucu ortaya çıkan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 3.2.'de ifade edilmiştir. Kare matristen oluşmaktadır.

Çizelge 3.2. İkili karşılaştırma matrisi

A Matrisi	K 1	K 2	K 3	K 4
K 1	1	$a_{ij}=a_{12}$	a_{13}	a_{14}
K 2	$1/a_{ij}=1/a_{12}$	1	a_{23}	a_{24}
K 3	$1/a_{13}$	$1/a_{23}$	1	a_{34}
K 4	$1/a_{14}$	$1/a_{24}$	$1/a_{34}$	1

Adım 4- İkili karşılaştırma matrislerinin normalize edilmesi

"A" İkili Karşılaştırma matrisinin "aij" elemanları, Eş. 3.1'e göre matris sütun toplamlarına bölünerek elde edilen "bij" değerindeki elemanlara sahip normalize edilmiş matris hesaplanmaktadır.

$$b_{ij} = \frac{aij}{\sum_{i=1}^{n} aij} \tag{3.1}$$

Adım 5- Öncelik vektörünün hesaplanması

Normalize edilmiş matristeki her bir sütun değerinin toplamı "1" olmaktadır. Eş. 3.2'ye göre kriter ağırlıkları bulunmaktadır.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} bij}{n} \tag{3.2}$$

Adım 6- Tutarlılık oranının hesaplanması

Kriterler arası karşılaştırma sonrasında elde edilen değerlere göre yargının tutarlılığı test edilmektedir. Eş. 3.3'e göre ikili karşılaştırma matrisi ile kriter ağırlıkları çarpılmaktadır. Eş. 3.4'e göre A matrisinin en büyük özvektörünü yani λ_{max} değeri hesaplanmaktadır. Bu veriler ışığında Eş. 3.5'e göre de tutarlılık indeksi (CI) hesaplanmaktadır. Tutarlılık Oranı yani Consistency Ratio (CR) değeri ise Eş. 3.6'ya göre hesaplanmaktadır. Her karşılaştırma matrisi için tutarlılık oranı (CR) hesaplanır ve değerin 0,1 'den küçük olması

beklenmektedir. Büyük olması durumunda, karar vericinin yargılarında tutarsızlık olduğunu düşünülmektedir. Bu durumda, yargıların iyileştirilmesi gerekmektedir.

$a_{ij} \times w_i = d_i$ (3.3)

$$\lambda max = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{di}{wi}}{n} \quad (3.4)$$

$$\text{Tutarlılık İndeksi} = \text{Consistency Index (CI)} = \frac{\lambda \max - n}{n-1} \quad (3.5)$$

Rastgele Tutarlılık İndeksi (Random Index (RI)) ise n değerine yani kriter sayısına göre hesaplanmaktadır. Çizelge 3.3.'te matrisin boyutuna göre RI değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 3.3. Matrisin boyutuna göre RI değerleri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3.6)$$

3.2. TOPSIS

Hwang ve Yoon'un (1981) çalışmalarıyla geliştirilmiştir. TOPSIS yöntemini çözüm alternatifinin pozitif-ideal çözüme en kısa mesafe ve negatif-ideal çözüme en uzak mesafe düşüncesine göre oluşturmuşlardır.

Adım 1- Amaçların belirlenmesi ve değerlendirme kriterlerinin tanımlanması

Öncelikle problemin amacı belirlenmektedir. Seçmek, sıralamak istenen veriler toplanıp, hangi değerlendirme kriterleri altında bu veriler incelenecektir karar verilmektedir.

Adım 2- Karar matrisinin oluşturulması

Matriste, satır değerlerinde üstünlük değerleri sıralanması beklenen alternatifler yer almaktadır. Sütun değerlerinde ise alternatiflerin değerlendirildiği faktörler yani kriterler yer almaktadır. Her bir alternatifin kriterler bazında aldığı değerlere göre karar matrisi (D) oluşturulmaktadır. Bu değerler uzmanların belirlediği skala aralıklarında değerlendirilebilmektedir. Örneğin; yıl bazında bir kriter varsa, belirli bir skala aralığında değer almaktansa direkt yıl bazındaki değer verisi karar matrisinde yer alabilmektedir. Uzmanlar kendi içlerinde alternatifleri kriterler bazında değerlendirirken skalalar belirleyebilmektedir. Örneğin, iletişim yeteneği gibi bir kriter alternatifler arasında 0-10 skalası aralığında değerlendirilmelidir şeklinde problem kurgulanırken aralıklar belirlenmektedir. Çizelge 3.4.'te Topsis karar matrisi yer almaktadır.

Çizelge 3.4. Topsis karar matrisi

$$D = \begin{bmatrix} y11 & \cdots & y1k \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ yn1 & \cdots & ynk \end{bmatrix}$$

Adım 3- Normalleştirilmiş karar matrisinin oluşturulması

Yurdakul ve İç (2003) çalışmasına göre kriterlere verilmiş puanların kareleri toplamının karekökü alınarak normalleştirme yapılmaktadır. Normalleştirme işlemi için Eş. 3.7 kullanılmakta ve normalizasyon işlemi sonucunda Çizelge 3.5.' te gösterilen normalleştirilmiş karar matrisi elde edilmektedir.

$$r_{ij} = \frac{yij}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} yij \text{ ^2}}} \qquad i= 1,2,\ldots,n \quad j=1,2,\ldots,k \tag{3.7}$$

Çizelge 3.5. Normalleştirilmiş karar matrisi

$$R = \begin{bmatrix} r11 & \cdots & r1k \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ rn1 & \cdots & rnk \end{bmatrix}$$

Adım 4- Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisinin oluşturulması

Monjezi, Dehghani, Singh, Sayadi ve Gholinejad'a (2010) göre alternatiflerin değerlendirileceği kriterlerin ağırlık değerleri olmaktadır. w_j kriterlerin ağırlığını temsil etmektedir. Normalize edilmiş olan matris yani R matrisinin her bir sütunundaki elemanlar kriter ağırlıklarının yer aldığı w_j matrisiyle çarpılarak V matrisi oluşturulur. Çizelge 3.6.'da yer alan V matrisi, ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisini temsil etmektedir.

Çizelge 3.6. Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi

$$V=\begin{bmatrix} v11 & \cdots & v1k \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ vn1 & \cdots & vnk \end{bmatrix}$$

Adım 5- Pozitif ideal ($A+$) ve negatif ideal ($A-$) değerlerinin hesaplanması

Shyjith, Ilangkumaran ve Kumanan'a (2008) göre pozitif ideal çözüm, ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisinin en iyi performans değerlerinden oluşurken; negatif ideal çözüm en kötü değerlerinden oluşmaktadır. Her bir kriter bazında, alternatiflere bakılmaktadır. Kriterler, fayda kriteri ya da maliyet kriteri olarak ayrılmaktadır. Dolayısıyla, en iyi ve en kötü performans değerinin belirlenmesi fayda ya da maliyet kriteri olup olmamasına göre değişmektedir. Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi (V) değerlerinden fayda kriteri olan değerler "A+" pozitif ideal çözüm kümesini oluştururken, maliyet kriteri olan değerler "A-"negatif ideal kümesini oluşturmaktadır. Eğer kriter, maliyet kriteriyse "A+" kümesi "vij" değerlerinin minimum değerlerinden, "A- "kümesi de "vij" değerlerinin maksimum değerlerinden oluşmaktadır. Eğer kriter fayda kriteri ise, "A+" kümesi "vij" değerlerinin en büyük değerlerinden, "A-" kümesi ise "vij" değerlerinin en küçük değerlerinden oluşmaktadır. Eş. 3.8'de A+ kümesi, Eş. 3.9'da A- kümesi temsil edilmektedir.

$$A+ = \{(max_i\, vij \;,\; j \in J),\; (min_i\, vij \;,\; j \in J')\} \tag{3.8}$$

$$A- = \{(min_i\, vij \;,\; j \in J),\; (max_i\, vij \;,\; j \in J')\} \tag{3.9}$$

Eş. 3.10 A+ formülasyonunda J fayda değerini ve Eş. 3.11 A- formülasyonunda J' ise maliyet değerini göstermektedir.

$$A+=\{v_1+, v_2+, \ldots, v_n+\} \tag{3.10}$$

$$A+=\{v_1-, v_2-, \ldots, v_n-\} \tag{3.11}$$

Adım 6- Ayırım ölçülerinin hesaplanması

Hesaplanan pozitif ideal(A+) ve negatif ideal(A-) değerlerine göre her alternatifin ayırım ölçülerinin hesaplanması gerekmektedir. Bu değerler öklid uzaklık yaklaşım denklemine göre hesaplanır. Eş. 3.12'de pozitif ideal çözüme uzaklık S_i+ değeriyle, Eş. 3.13.'e göre negatif ideal çözüme uzaklık S_i- değeriyle hesaplanmaktadır.

$$S_i+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(vij - (vj+))^2} \tag{3.12}$$

$$S_i- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(vij - (vj-))^2} \tag{3.13}$$

Adım 7- İdeal çözüme göreceli yakınlığın hesaplanması

Bütün alternatifler için pozitif ideal ayırımı (S_i+) ve negatif ideal ayırımı (S_i-) değerleri kullanılarak ideal çözüme olan göreceli uzaklık değeri "C_i*" Eş. 3.14 formülasyonuyla elde edilmektedir.

$$C_i* = \frac{S_i-}{(S_i-)+(S_i+)} \tag{3.14}$$

C_i* değeri 0 ve 1 arasında değer almaktadır.

Adım 8- Sıralama işlemi

Belirlenmiş olan alternatif değerleri, hesaplanmış olan C_i* değerlerine göre sıralanmaktadır.

4. ÇİZELGELEME

Çizelgeleme, bir sürecin planlanması için kullanılan bir araçtır. Bu süreçte, proje veya işin zaman çizelgesi oluşturulmakta ve kaynaklar, görevler ve bağımlılıklar göz önünde bulundurularak organize edilmektedir.

Çizelgeleme, sürecin adımlarını belirleme, kaynakları etkin kullanma ve iş takibinin sağlanması amacıyla kullanılmaktadır. Çizelgeleme sürecinde başlangıçta görev belirleme işlemi yapılmaktadır. Yapılması veya atanması beklenen iş adımları öncelikli olarak tanımlanmaktadır. Elde edilen iş adımları arasındaki varsa ilişkiler, öncelikler ve bağımlılıklar analiz edilmektedir. Analiz sonrasında, her bir iş adımı için görevlerin karmaşıklığına, eldeki kaynakların mevcudiyetine ve kullanılabilirliğine bakılarak süre belirlemesi yapılmaktadır. Bir sonraki adımda, süreç boyunca kullanılacak ekipman, insan, finansman kaynakları kapasiteleri göz önüne alınarak iş adımlarına tahsis edilmektedir. Kaynakların, mevcut zaman verilerinin, kapasite ve önceliklerin temel alınması sonucunda bir zaman çizelgesi oluşturulmaktadır. Bu çizelgede; iş adımlarının başlangıç ve bitiş verileri ve kaynakların dağılımı yer almaktadır. Bu şekilde sürecin takibi ve yönlendirilmesi kolaylaşmaktadır.

Ameliyathaneler birden fazla cerrahi birimin birbiriyle ortaklaşa kullandığı, süreçlerin birbiri ardına sıralandığı karmaşık yapılardan oluşan bölümlerdir. Bu bölümlerin etkin kullanılabilmesi, hastaneler için hem gelir kaynağına pozitif etki hem de yapılan işin verimlilik ölçütünü artırma konusunda pozitif etki sağlayacaktır. Birbirinden bağımsız birçok kriterin uyum içinde sağlanabilmesi, kaynakların verimli kullanılabilmesi oldukça zordur. Hastaların ameliyat sürecine gelene kadar geçmekle yükümlü olduğu birbirinden farklı prosesler hem bölüm bazında hem de hasta bazında farklılık göstermektedir. Pinedo (2005) çalışmasında çizelgeleme ve planlama işlemlerinin karar verme aşamasında etkisi yüksek bir araç olduğunu savunmaktadır. Otomatik bir şekilde veya elle manuel olarak yapılması öngörülen işlerin sıralamasını kontrol etmeye yarayan teknik çizelgeleme olarak tanımlanmaktadır.

Ameliyathane çizelgeleme işlemi, sağlık kuruluşlarında gerçekleştirilen cerrahi operasyonların planlanması ve düzenlenmesi için kullanılan bir süreçtir. Bu süreçte,

ameliyathane kaynakları (cerrahlar, hemşireler, anestezi uzmanları, ekipmanlar, odalar vb.) etkili bir şekilde kullanılmakta ve ameliyatların zaman çizelgesi oluşturulmaktadır. Ameliyathane çizelgeleme adımları ise öncelikle verinin değerlendirmesiyle başlamaktadır. Uzman ekipler tarafından yapılan hasta değerlendirmesiyle, ameliyathane sorumlularına cerrahi birimlerden ameliyat listeleri ulaşmaktadır. Cerrahi birimler, hastanelerde veya sağlık kuruluşlarında cerrahi operasyonların gerçekleştirildiği bölümlerdir. Farklı uzmanlık alanlarına göre özelleşmiş bölümlerdir. Örneğin, genel cerrahi, kalp ve damar cerrahisi, ortopedi, göğüs cerrahisi birimleri gibi farklı uzmanlık alanlarına yönelik özelleşmiş ana bilim dallarıdır.

Elde edilen verilere göre cerrahi birim bazında aciliyet durumları, kapasite sınırlandırmaları, ekipman gereksinimleri, zaman verileri analiz edilmektedir. Birim bazında analiz edilme işleminden sonra bütün olarak veriler ele alınmaktadır. Ameliyat verileri analiz edildikten sonra, sağlık personelinin planlaması yapılmaktadır. Bu planlama sürecinde doktorlar, asistanlar, hemşireler ve yardımcı personeller; uzmanlık alanı, deneyim, yetkinlik ve diğer faktörler temel alınarak eşleştirilmektedir. Ameliyatların gerekli ekipman desteği olan odalara ataması yapılmaktadır. Ameliyatların sıralama işlemi ise ameliyatların aciliyet durumuna, ameliyat sürelerine ve eldeki kaynakların kullanım kapasitelerine dayanarak yapılmaktadır. Çizelgeleme işlemi sonucunda sürecin takibinin kolaylaştırılması ve yönetilmesi hedeflenmektedir.

Ameliyathane çizelgeleme işlemi yapılırken birçok teknik kullanılabilmektedir. Gantt diyagramı, matematiksel modelleme gibi araçlar kullanılmaktadır. Matematiksel modelleme, gerçek hayat problemlerini matematiksel tanımlarla ifade etme yöntemidir. Geliştirilen algoritmalarla, süreç ve veriler matematiksel bir zemine oturtulmaktadır. Matematiksel modelleme yöntemlerinde; çizelgeye atanması beklenen işler, kaynaklar, süreler, bağımlılıklar matematiksel denklemlerle ve kısıtlarla ifade edilmektedir. Amaç fonksiyonunda, kaynakların kullanımının minimize edilmesi, atamanın maksimize edilmesi, toplam sürenin en aza indirgenmesi, hedeflenen değerlerden sapmanın azaltılması gibi problemin çözüm yöntemini belirleyen matematiksel ifadeler yer almaktadır. Matematiksel modellemelerin çözümü için geliştirilmiş özel yazılımlar kullanılmaktadır. CPLEX OPL, Gurobi, GAMS, MATLAB ve MS Project Excel gibi çözücüler kullanılabilmektedir.

CPLEX OPL, IBM tarafından geliştirilmiş bir optimizasyon programıdır ve matematiksel optimizasyon problemlerini tanımlamak, çözmek ve analiz etmek için kullanılmaktadır. CPLEX OPL, matematiksel modelleme ve optimizasyon problemlerinin hızlı bir şekilde formüle edilmesini sağlamaktadır. CPLEX OPL, LP (Lineer Programlama), MILP (Karışık Tam sayılı Lineer Programlama) ve MIP (Karışık Tam sayılı Programlama) gibi çeşitli optimizasyon problemlerini çözebilmektedir. CPLEX OPL; üretim planlama, lojistik ağ tasarımı, enerji optimizasyonu gibi alanlarda kullanılan karmaşık problemleri çözümünde tercih edilmektedir.

5. ÇÖKV VE ÇİZELGELEME UYGULAMA ÇALIŞMASI

Ekip seçimi sürecin verimli işleyebilmesi için her kuruluş için kritik önem arz etmektedir. Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi genel ameliyathane biriminde çalışmakta olan 65 hemşire için çalışma yapılmıştır. Hemşire seçiminde kullanılmak üzere AHP ve TOPSIS uygulama süreci ameliyathanede bulunan cerrahi ekiplerden gelen talep üzerine uygulanmıştır. Ameliyat süreci, hastanelerde birçok farklı alandan insanın bir araya gelerek ekip çalışması şeklinde ortaya koyduğu bir süreçtir. Anestezi ekibi, cerrah, hemşire, teknisyenler de dahil olmak üzere kapsamlı yetkin bir ekip süreci yönetmektedir. Ekipler oluşturulurken, birbirinden farklı etkenler seçimleri etkilemektedir. Alanında uzman doktorlar ile birlikte hemşire seçim süreci analiz edilmiş ve AHP ile bu süreç içerisindeki seçim kriterleri analiz edilip ağırlıklandırılmıştır. Sonrasında, TOPSIS yöntemi ile ameliyathanede görevli hemşireler belirlenen kriterlere göre sıralanmıştır.

5.1. AHP Süreci

Adım 1- Problemin tanımlanması

Hemşire seçim problemi, ameliyat süreci öncesinde ekiplerin verimliliğiyle doğru orantılıdır. Doğru ekip ve yetkinliklerle sürecin ilerlemesi problemleri en aza indirgeyerek birbirini tolere edebilecek kişilerle işlemin en iyi şekilde tamamlanmasına olanak sağlayacaktır. Seçim kriterleri, her kuruluş yapısında farklılık göstereceği gibi yöneticiler tarafından iyi analiz edilmiş verilerle çalışmak her anlamda fayda sağlayacaktır.

Adım 2- Hiyerarşik yapının oluşturulması

Genel ameliyathane sorumlusu 1 anestezi ve reanimasyon doktoru, 1 baş hemşire, 1 kalp ve damar cerrahisi uzmanı ve 1 çocuk doktoru ile genel ameliyathanede hizmet vermekte olan 65 hemşire için; personel seçiminde önemli olan kriterler irdelenmiştir. İlk adım olarak; uzman doktorlarla görüşmeler sonucunda 4 ana kriter belirlenmiştir. Bu kriterler; kıdem düzeyi, iletişim ve uyumluluk, sorumluluk düzeyi ve beceridir.

Adım 3- İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması

Belirlenen 4 kriterin standart tercih tablosuna göre birbirleri arasındaki önem düzeyleri belirlenmiş ve ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Standart tercih tablosuna göre Çizelge 5.1.'de yer alan ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur.

Çizelge 5.1. İkili karşılaştırma matrisi

KRİTERLER	Kıdem Düzeyi	İletişim ve Uyum	Sorumluluk Düzeyi	Beceri
Kıdem Düzeyi	1	5	3	0,3333
İletişim ve Uyum	0,2	1	0,3333	0,14286
Sorumluluk Düzeyi	0,3333	3	1	0,2
Beceri	3	7	5	1
TOPLAM	4,5333	16	9,3333	1,67619

Çizelgede Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesinde genel ameliyat ameliyathane sorumlusu ekiple yapılan görüşmeler sonucu belirlenen hemşire seçiminde etkili kriterlerin birbiri üzerinde oluşturduğu önem değerleri yer almaktadır. Köşegen üzerindeki elemanlar 1 değerini almaktadır. Örneğin, kıdem düzeyi iletişim ve uyuma göre oldukça önemli yani fazla üstünlük veren bir kriterdir bu sebeple 5 değerini almıştır. İletişim ve uyum kriterinin de kıdem düzeyi üzerinde karşılaştırması da belirlenen 5 değerinin 10'a bölünmesiyle elde edilir ve 0,2 değerini alır. Toplam satırındaki değerler sütundaki değerlerin toplanmasıyla elde edilmiştir.

Adım 4- İkili karşılaştırma matrislerinin normalize edilmesi ve adım 5- Öncelik vektörünün hesaplanması

İkili karşılaştırma matrisinde yer alan elemanların, sütun toplamlarına bölünmesiyle Eş. 3.1'deki gibi "bij" elemanları hesaplanmaktadır. Normalize matristeki yer alan her bir sütun değerinin toplamı bir olmaktadır. Eş. 3.2 kullanılarak, normalize matrisin her bir satır değerleri toplamı matris boyutuna bölünmektedir. Bu sayede, o satırda yer alan kriterin ağırlık değerine ulaşılmaktadır. Çizelge 5.2. içeriğinde normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisleri ve öncelik vektörü yani kriter ağırlıkları gösterilmektedir.

Çizelge 5.2. Normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisleri ve kriter ağırlıkları

KRİTERLER	Kıdem Düzeyi	İletişim ve Uyum	Sorumluluk Düzeyi	Beceri	Kriter Ağırlıkları (w_i)
Kıdem Düzeyi	0.22059	0.3125	0.3214	0.1988	0.2633
İletişim ve Uyum	0.04412	0.0625	0.0357	0.0852	0.0569
Sorumluluk Düzeyi	0.07353	0.1875	0.1071	0.1193	0.1219
Beceri	0.66176	0.4375	0.5357	0.5966	0.5579

Adım 6- Tutarlılık oranının hesaplanması

Bütün ikili karşılaştırma matrisleri için hesaplanmaktadır. Tutarlılık oranı verisine, A matrisinin en büyük özvektörü (λ_{max}) değeri hesaplanarak ulaşılmaktadır. λ_{max} değerinin hesaplanması için öncelikle Eş. 3 .3'e göre ikili karşılaştırma matrisi değerleri kriter ağırlığı değerleriyle çarpılmalı ve yeni bir matris elde edilmelidir. Çizelge 5.3. kriter ağırlıklarıyla çarpılmış ikili matris değerlerini ve satır toplamlarını vermektedir.

Çizelge 5.3. Kriter ağırlıklarıyla çarpılmış ikili matris ve satır toplamı değerleri

KRİTERLER	Kıdem Düzeyi	İletişim ve Uyum	Sorumluluk Düzeyi	Beceri	Toplam ($\sum_{i=1}^{n} di$)
Kıdem Düzeyi	0.2633	0.2845	0.3656	0.1859	1.0993
İletişim ve Uyum	0.0527	0.0569	0.0406	0.0797	0.2298
Sorumluluk Düzeyi	0.0878	0.1707	0.1219	0.1116	0.4919
Beceri	0.7900	0.3982	0.6094	0.5579	2.3555

Eş. 3.4. formülasyonuna göre λ_{max} değeri hesaplanmıştır. Çizelge 5.4. λ_{max} değeri veri çizelgesini temsil etmektedir. Karşılaştırmalı üstünlük matrisindeki değerlerin normalleştirilmiş ağ matrisi sonucunda elde edilmiş kriter ağırlıkları değerlerine bölünmesiyle elde edilmektedir. Satır olarak toplanmasıyla toplam sütunundaki verilere ulaşılmaktadır.

Çizelge 5.4. λ_{max} değeri veri çizelgesi

Toplam ($\sum_{i=1}^{n} di$)	Kriter Ağırlıkları (w_i)	$\frac{\sum_{i=1}^{n} di}{wi}$
1.0993	0.2633	4.1746
0.2298	0.0569	4.0408
0.4919	0.1219	4.0362
2.3555	0.5579	4.2222

Tabloda toplam değerler kriter ağırlıklarına bölünmektedir. Ortalamaya göre, λ_{max} = 4,1185 değerini almaktadır.

Bu değerlere göre tutarlılık indeksi yani Consistency Index (CI) hesaplanmaktadır. n değeri 4 kriter olduğu için 4 olarak alınmıştır. Eş. 3.5'e göre tutarlılık indeksi hesaplanmaktadır. Tutarlılık İndeksi =Consistency Index (CI) = $\frac{\lambda \max - n}{n-1} = \frac{4,1185-4}{4-1}$ =0,039 değerini almaktadır.

Rastgele Tutarlılık İndeksi (Random Index (RI)) ise n değerine yani kriter sayısına göre hesaplanmaktadır. 4 kriter olduğu için Çizelge 3.3. verilerine göre RI 0,9 değerini almaktadır.

Eş. 3.6'ya göre tutarlılık oranı = $CR = \frac{0,039}{0,9}$ = 0,0438 olarak elde edilir. Bu değerin 0,1 değerinden küçük değer alması hesaplamaların ve kurgunun tutarlılığını ifade etmektedir.

Değer 0,1'den fazla çıksaydı bu kriter ağırlıklarıyla model tahmini yapılması uygun olmayacaktır çünkü bu verilere göre analiz güvenilir bir sonuç vermeyecektir.

5.2. TOPSIS Süreci

AHP' ye göre belirlenen kriter ağırlıklarına göre 65 hemşire sıralama işlemi yapılmıştır. Sıralama işlemi yapılırken TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Çizelge 5.5.'da Tabloda 65 genel ameliyathane hemşiresi kıdem düzeyi, iletişim ve uyum, sorumluluk düzeyi ve beceri kriterlerine göre uzman ekip tarafından değerlendirilmiştir. Kıdem düzeyi değerlendirmesi çalışılan yıl bazında değerlendirilirken; iletişim ve uyum, sorumluluk düzeyi ve beceri kriterleri 1-10 skalası kapsamında değerlendirilmiştir. 4 kriterinde fayda kriteri olduğu düşünülmüştür. Çizelge 5.5. karar matrisi verilerini göstermektedir.

Çizelge 5.5. Karar matrisi

Sıra	K1	K2	K3	K4	Sıra	K1	K2	K3	K4	Sıra	K1	K2	K3	K4	Sıra	K1	K2	K3	K4
H1	26	10	10	9	H18	24	5	8	7	H35	16	7	8	5	H52	24	8	9	6
H2	24	10	10	9	H19	23	6	4	8	H36	18	5	4	5	H53	21	6	8	4
H3	25	2	9	10	H20	9	2	5	4	H37	23	10	9	7	H54	17	5	8	5
H4	14	5	5	4	H21	18	4	6	6	H38	20	9	9	7	H55	26	5	7	7
H5	25	3	4	6	H22	18	4	7	6	H39	13	4	7	3	H56	20	8	9	7
H6	18	7	2	6	H23	11	5	2	3	H40	16	4	6	9	H57	30	8	10	9
H7	26	7	5	8	H24	25	9	9	9	H41	18	2	9	8	H58	22	6	6	8
H8	15	1	5	5	H25	11	4	3	3	H42	19	9	9	9	H59	23	5	5	8
H9	25	6	7	8	H26	18	7	4	6	H43	28	10	8	8	H60	15	10	9	9
H10	10	3	3	3	H27	11	10	9	9	H44	14	2	1	4	H61	16	10	8	9
H11	11	9	7	7	H28	12	1	3	6	H45	22	10	2	8	H62	15	8	8	9
H12	12	4	5	5	H29	18	3	6	7	H46	10	4	7	2	H63	18	10	8	9
H13	13	2	5	6	H30	12	3	1	7	H47	11	1	7	3	H64	10	9	8	8
H14	20	3	8	7	H31	26	10	9	9	H48	25	6	10	8	H65	12	8	8	8
H15	13	6	6	6	H32	17	3	7	8	H49	24	8	10	10	-	-	-	-	-
H16	9	8	8	5	H33	17	8	6	8	H50	28	10	10	10	-	-	-	-	-
H17	25	8	9	8	H34	11	6	4	4	H51	18	6	9	6	-	-	-	-	-

AHP ile hesaplanan kriter ağırlıklarının karekök değeri hesaplanmalıdır. $\sqrt{\sum_{i=1}^{n} {y_{ij}}^2}$ Formülasyonuna göre kriterlere göre karekök değeri hesaplanır. Çizelge 5.6.'de kriterlere göre karekök değerleri gösterilmiştir. Her bir kritere ait olan 65 hemşire için belirlenen değerlerin kareleri alınır ve bu değerlerin toplamının karekökü alınmaktadır.

Çizelge 5.6. Kriterlerin karekök değerleri

Kriterler	K 1	K 2	K 3	K 4
Karekök Değeri	153,8571	54,12024	57,66281	56,99123

Eş. 3.7 kullanılarak Çizelge 5.7.'de yer alan normalleştirilmiş karar matrisi oluşturulmuştur. Verilerin yaklaşık değerleri yazılmıştır.

Çizelge 5.7. Normalleştirilmiş karar matrisi

#	K1	K2	K3	K4	#	K1	K2	K3	K4	#	K1	K2	K3	K4	#	K1	K2	K3	K4
H1	0,17	0,18	0,17	0,16	H18	0,15	0,09	0,14	0,12	H35	0,1	0,13	0,14	0,08	H52	0,15	0,15	0,16	0,1
H2	0,15	0,18	0,17	0,16	H19	0,15	0,11	0,07	0,14	H36	0,12	0,09	0,07	0,08	H53	0,14	0,11	0,14	0,07
H3	0,16	0,04	0,16	0,17	H20	0,06	0,04	0,09	0,07	H37	0,15	0,18	0,16	0,12	H54	0,11	0,09	0,14	0,09
H4	0,09	0,09	0,09	0,07	H21	0,12	0,08	0,1	0,1	H38	0,13	0,17	0,16	0,12	H55	0,17	0,09	0,12	0,12
H5	0,16	0,05	0,07	0,10	H22	0,12	0,08	0,12	0,1	H39	0,08	0,07	0,12	0,05	H56	0,13	0,15	0,16	0,12
H6	0,12	0,13	0,03	0,1	H23	0,07	0,09	0,03	0,05	H40	0,1	0,07	0,1	0,16	H57	0,19	0,15	0,17	0,16
H7	0,17	0,13	0,09	0,14	H24	0,16	0,17	0,16	0,16	H41	0,12	0,04	0,16	0,14	H58	0,14	0,11	0,1	0,14
H8	0,1	0,02	0,09	0,09	H25	0,07	0,07	0,05	0,05	H42	0,12	0,17	0,16	0,16	H59	0,15	0,09	0,09	0,14
H9	0,16	0,11	0,12	0,14	H26	0,12	0,13	0,07	0,1	H43	0,18	0,19	0,16	0,14	H60	0,1	0,18	0,16	0,16
H10	0,06	0,05	0,05	0,05	H27	0,07	0,18	0,16	0,16	H44	0,09	0,04	0,02	0,07	H61	0,1	0,18	0,14	0,16
H11	0,07	0,17	0,12	0,12	H28	0,08	0,02	0,05	0,1	H45	0,14	0,18	0,03	0,14	H62	0,1	0,15	0,14	0,16
H12	0,08	0,07	0,09	0,09	H29	0,12	0,05	0,1	0,12	H46	0,06	0,07	0,12	0,03	H63	0,12	0,18	0,14	0,16
H13	0,08	0,04	0,09	0,10	H30	0,08	0,05	0,02	0,12	H47	0,07	0,02	0,12	0,05	H64	0,06	0,17	0,14	0,14
H14	0,13	0,05	0,14	0,12	H31	0,17	0,18	0,16	0,16	H48	0,16	0,11	0,17	0,14	H65	0,08	0,15	0,14	0,14
H15	0,08	0,11	0,10	0,10	H32	0,11	0,05	0,12	0,14	H49	0,15	0,15	0,17	0,17	-	-	-	-	-
H16	0,06	0,15	0,14	0,09	H33	0,11	0,15	0,1	0,14	H50	0,18	0,15	0,17	0,17	-	-	-	-	-
H17	0,17	0,15	0,16	0,14	H34	0,07	0,11	0,07	0,08	H51	0,12	0,11	0,16	0,10	-	-	-	-	-

Normalize edilmiş matristeki her bir sütunundaki elemanlar kriter ağırlıklarının yer aldığı wj matrisiyle çarpılarak ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi oluşturulmaktadır. w_j matrisi AHP tekniğiyle elde edilmiştir. Çizelge 5.8. AHP ile belirlenmiş kriter ağırlıklarını Çizelge 5.9. Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi değerlerini içermektedir. Verilerin yaklaşık değerleri yazılmıştır.

Çizelge 5.8. AHP ile belirlenmiş kriter ağırlıkları

	Kıdem	İletişim ve Uyum	Sorumluluk Düzeyi	Beceri
Kriter Ağırlıkları(w_j)	0,26	0,06	0,12	0,58

Çizelge 5.9. Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi

#	K1	K2	K3	K4	#	K1	K2	K3	K4	#	K1	K2	K3	K4	#	K1	K2	K3	K4
H1	0,04	0,01	0,02	0,09	H18	0,04	0,005	0,02	0,07	H35	0,03	0,007	0,02	0,05	H52	0,04	0,008	0,02	0,06
H2	0,04	0,01	0,02	0,09	H19	0,04	0,006	0,01	0,08	H36	0,03	0,005	0,01	0,05	H53	0,03	0,006	0,02	0,04
H3	0,04	0,002	0,02	0,1	H20	0,01	0,002	0,01	0,04	H37	0,04	0,01	0,02	0,07	H54	0,03	0,005	0,02	0,05
H4	0,02	0,005	0,01	0,04	H21	0,03	0,004	0,01	0,06	H38	0,03	0,01	0,02	0,07	H55	0,04	0,005	0,01	0,07
H5	0,04	0,003	0,008	0,06	H22	0,03	0,004	0,01	0,06	H39	0,02	0,004	0,01	0,03	H56	0,03	0,008	0,02	0,07
H6	0,03	0,007	0,004	0,06	H23	0,02	0,005	0,004	0,03	H40	0,03	0,004	0,01	0,09	H57	0,05	0,01	0,02	0,09
H7	0,04	0,007	0,01	0,08	H24	0,04	0,01	0,02	0,09	H41	0,03	0,002	0,02	0,08	H58	0,04	0,006	0,01	0,08
H8	0,03	0,001	0,01	0,05	H25	0,02	0,004	0,006	0,03	H42	0,03	0,01	0,02	0,09	H59	0,04	0,005	0,01	0,08
H9	0,04	0,006	0,01	0,08	H26	0,03	0,007	0,008	0,09	H43	0,05	0,01	0,02	0,08	H60	0,02	0,01	0,02	0,1
H10	0,02	0,003	0,006	0,03	H27	0,02	0,01	0,02	0,09	H44	0,02	0,002	0,02	0,04	H61	0,03	0,01	0,0	0,1
H11	0,02	0,009	0,01	0,07	H28	0,02	0,001	0,006	0,06	H45	0,04	0,01	0,04	0,08	H62	0,02	0,01	0,02	0,1
H12	0,02	0,004	0,01	0,05	H29	0,03	0,003	0,01	0,07	H46	0,02	0,004	0,01	0,02	H63	0,03	0,01	0,02	0,1
H13	0,02	0,002	0,01	0,06	H30	0,02	0,003	0,002	0,07	H47	0,02	0,001	0,01	0,03	H64	0,02	0,01	0,02	0,08
H14	0,03	0,003	0,02	0,07	H31	0,04	0,010	0,02	0,09	H48	0,04	0,006	0,02	0,08	H65	0,02	0,01	0,02	0,08
H15	0,02	0,006	0,01	0,06	H32	0,03	0,003	0,01	0,08	H49	0,04	0,008	0,02	0,1	-	-	-	-	-
H16	0,01	0,008	0,02	0,05	H33	0,03	0,008	0,01	0,08	H50	0,05	0,01	0,02	0,1	-	-	-	-	-
H17	0,04	0,008	0,02	0,08	H34	0,02	0,006	0,008	0,04	H51	0,03	0,006	0,02	0,06	-	-	-	-	-

Sonraki adımda pozitif ve negatif ideal çözümler belirlenmektedir. Pozitif ideal(A+) ve negatif ideal(A-) değerleri hesaplanırken; her bir kritere ayrı olarak bakılmaktadır. Ağırlıklı normalleştirilmiş matriste her kriterde karşılaştırılması yapılan kişilerin aldığı değerler

incelenmektedir. Belirlenen kriterlerin hepsi pozitif yönde etki edeceğinden fayda kriteridir dolayısıyla; Pozitif ideal(A+) maksimum değere, negatif ideal(A-) ise minimum değere eşittir. Çizelge 5.10. Kriterlere göre pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm değerlerini göstermektedir. Verilerin yaklaşık değerleri yazılmıştır.

Çizelge 5.10. Kriterlere göre pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm

	Kıdem	İletişim ve Uyum	Sorumluluk Düzeyi	Beceri
Pozitif İdeal Çözüm (A+)	0,051349	0,010512	0,021135	0,097891
Negatif İdeal Çözüm (A-)	0,015405	0,001051	0,002114	0,019578

Bir sonraki aşamada Öklid uzaklık değerleri hesaplanmaktadır. Eş. 3.12 formülasyonu kullanılarak S_i+ değeri Pozitif ideal(A+) verisine göre ve Eş. 3.13 formülasyonu kullanılarak S_i- değeri ise negatif ideal(A-) verisine göre her alternatif kişi için hesaplanmaktadır.

Diğer adımda, ideal çözüme göreceli yakınlık C_i* değeri Eş. 3.14 formülüyle hesaplanmaktadır. Değerler büyükten küçüğe sıralanmalıdır. Çizelge 5.11. Alternatiflerin pozitif ideale öklid uzaklık değerleri, negatif ideale öklid uzaklık değerleri ve ideal değere göreceli yakınlık verilerini içermektedir. Verilerin yaklaşık değerleri yazılmıştır.

Çizelge 5.11. Öklid uzaklık değerleri ve ideal çözüme göreceli yakınlık değerleri

#	S_i+	S_i-	C_i*	#	S_i+	S_i-	C_i*	#	S_i+	S_i-	C_i*	#	S_i+	S_i-	C_i*
H1	0,012	0,077	0,866	H18	0,032	0,057	0,643	H35	0,055	0,035	0,394	H52	0,0405	0,05	0,553
H2	0,014	0,076	0,843	H19	0,026	0,064	0,707	H36	0,055	0,034	0,383	H53	0,061	0,03	0,347
H3	0,012	0,085	0,874	H20	0,07	0,021	0,233	H37	0,032	0,058	0,645	H54	0,054	0,04	0,398
H4	0,066	0,023	0,262	H21	0,045	0,043	0,488	H38	0,034	0,056	0,621	H55	0,031	0,058	0,652
H5	0,043	0,048	0,530	H22	0,045	0,044	0,494	H39	0,075	0,018	0,191	H56	0,034	0,055	0,619
H6	0,048	0,043	0,473	H23	0,078	0,011	0,127	H40	0,028	0,070	0,716	H57	0,01	0,08	0,889
H7	0,023	0,066	0,739	H24	0,013	0,076	0,852	H41	0,029	0,063	0,679	H58	0,026	0,063	0,713
H8	0,057	0,032	0,361	H25	0,077	0,012	0,130	H42	0,021	0,073	0,774	H59	0,026	0,064	0,713

Çizelge 5.11. (devam) Öklid uzaklık değerleri ve ideal çözüme göreceli yakınlık değerleri

H9	0,023	0,066	0,745	H26	0,046	0,043	0,483	H43	0,020	0,069	0,773	H60	0,028	0,072	0,723
H10	0,078	0,011	0,123	H27	0,034	0,071	0,676	H44	0,068	0,021	0,239	H61	0,026	0,072	0,732
H11	0,044	0,050	0,537	H28	0,053	0,039	0,429	H45	0,029	0,063	0,684	H62	0,028	0,071	0,719
H12	0,059	0,031	0,345	H29	0,037	0,052	0,580	H46	0,086	0,013	0,136	H63	0,023	0,072	0,758
H13	0,051	0,041	0,445	H30	0,047	0,049	0,510	H47	0,077	0,016	0,176	H64	0,039	0,061	0,607
H14	0,035	0,054	0,609	H31	0,012	0,077	0,864	H48	0,022	0,068	0,756	H65	0,037	0,061	0,624
H15	0,049	0,041	0,455	H32	0,031	0,061	0,664	H49	0,01	0,0849	0,89	-	-	-	-
H16	0,061	0,034	0,356	H33	0,031	0,062	0,667	H50	0,003	0,087	0,962	-	-	-	-
H17	0,021	0,067	0,757	H34	0,068	0,021	0,239	H51	0,044	0,046	0,506	-	-	-	-

Sonuç olarak; AHP yöntemiyle belirlenmiş olan kriter ağırlıkları kullanılarak TOPSIS yöntemiyle tercih edilebilirlik değerlerine göre 65 hemşire sıralanmaktadır. Bu veriler, ameliyat öncesinde hemşire seçiminde veya ekip oluşturmada kullanılabilirliği baş hemşireye ve sorumlu doktorlara sunulmuştur. İstenilen düzeyde hemşire seçimi veya hemşire gruplaması yapılmasında sürece yardımcı olacağı öngörülmüştür. Çizelge 5.12. Topsis çalışmasıyla elde edilen sıra değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 5.12. Topsis yöntemine göre alternatiflerin sıralanması

Hemşire	Sıra	Hemşire	Sıra	Hemşire	Sıra	Hemşire	Sıra	Hemşire	Sıra
H50	1	H9	14	H32	27	H30	40	H16	53
H49	2	H7	15	H55	28	H51	41	H53	54
H57	3	H61	16	H37	29	H22	42	H12	55
H3	4	H60	17	H18	30	H21	43	H4	56
H1	5	H62	18	H65	31	H26	44	H44	57
H31	6	H40	19	H38	32	H6	45	H34	58
H24	7	H58	20	H56	33	H15	46	H20	59
H2	8	H59	21	H14	34	H13	47	H39	60
H42	9	H19	22	H64	35	H28	48	H47	61
H43	10	H45	23	H29	36	H54	49	H46	62
H63	11	H41	24	H52	37	H35	50	H25	63
H17	12	H27	25	H11	38	H36	51	H23	64
H48	13	H33	26	H5	39	H8	52	H10	65

5.3. Ameliyathane Çizelgeleme Çalışması

Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Genel Ameliyathane çizelgeleme işlemi genel ameliyathane sorumlusu doktorlar tarafından haftalık olarak yapılmaktadır. Bu çizelgeleme işlemi esnasında yardımcı olacak bir yazılım kullanılmamaktadır. Manuel olarak yapılan bu çizelgeleme yapılırken hedef; genel ameliyathaneyi kullanan 13 cerrahi bölümün hepsine oda ataması yapılmasıdır. Bu atama süreç boyunca yeterli ameliyatı olmayan bölümlerin odaları gereksiz işgaline yol açmaktadır. Bunun sonucunda, genel kapsamda bakıldığında sağlık hizmetinin alınmasında sürecin yavaşlaması kaçınılmazdır. Dolayısıyla, verimlilik düşmekte istenen oranda tedavi hizmeti verilememektedir. Genel ameliyathaneyi kullanan 13 cerrahi tıp bilimi; Kulak Burun Boğaz (KBB) Anabilim Dalı, Genel Cerrahi Anabilim Dalı, Ortopedi ve Travma Anabilim Dalı, Kadın Hastalıkları ve Doğum Anabilim Dalı, Plastik, Rekonstrüktif ve Estetik Cerrahi Anabilim Dalı, Üroloji, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Çocuk Cerrahisi Anabilim Dalı, Beyin ve Sinir Cerrahisi, Kalp ve Damar Cerrahisi (KVC) Anabilim Dalı, Göğüs Cerrahisi Anabilim Dalı, Transplantasyon Merkezi ve Robotik Cerrahiden oluşmaktadır. Bu 13 cerrahi tıp biliminde birden fazla çeşitte ameliyat yapılmaktadır. Genel ameliyathane sorumlusu doktorlardan ve ilgili sorumlulardan, genel ameliyathanede yapılmış olan bir yıllık ameliyat miktarları ve ameliyatlardaki işlem süreleri yaklaşık olarak alınmıştır.

Bu veriler üzerinde yapılan çalışma sonucunda genel ameliyathanede yapılmış olan ilk 100 çeşit ameliyat verisi matematiksel modelin temelini oluşturması adına listelenmiştir. Bu 100 çeşit ameliyatın yılda kaçar adet yapıldığı verisi analiz edilerek ayda yapılabilecek maksimum miktarları hesaplanmıştır. 13 cerrahi tıp bilimi için bakıldığında her bölüm eşit çeşitte ameliyat yapmamaktadır. Cerrahi bilimler bazında doktor sayıları da değişmektedir. İlgili cerrahi bilim kapsamında çalışan doktorların her ameliyat çeşidini yapabildiği varsayılmıştır. 100 ameliyat çeşidinin hepsi her odada yapılamamaktadır. Bazı ameliyat çeşitleri özel ekipman gerektirmektedir. Bu özel ekipmanların bulunduğu odalar oluşturulacak matematiksel model kapsamında çözüme sınır getirecektir. Bazı cerrahi bilim dallarında bulunan bazı ameliyat çeşitlerinin aciliyeti bulunmaktadır ve çizelgede öncelik verilmesi istenmektedir. Çalışma yapılırken mesai saatinin 8 saat olduğu varsayılmış ve 2 ameliyat arasında odaların temizlik süresinin 15 dakika olması gerektiği kararlaştırılmıştır. Çizelge 5.13. Genel ameliyathane haftalık çizelgesini göstermektedir. Genel ameliyathane katında bulunan 23 odaya ek olarak Kalp ve Damar Cerrahisi bölümünde 3 oda ve B blok

9.katta 2 oda bulunmaktadır. Radyoloji, Nükleer Tıp, Psikiyatri, Radyasyon Onkolojisi, Gastroenteroloji ve Nöroloji bölümlerinde de cerrahi işlemler uygulanmaktadır ama genel ameliyathane odalarında bu uygulamalar yapılmamaktadır. Özel olarak işlem yapılabilecek odaları bulunmaktadır. Tabloda 28 odanın 5 gün içerisinde hangi cerrahi bölümlere dağıtıldığı miktar olarak da gösterilmiştir. Tabloda görüldüğü üzere; genel ameliyathanede bulunan 28 ameliyathane bölümlere ilgili günde tam kapasite bırakılmaktadır. Ama bu atama sonucunda; çok fazla ameliyat adedi bulunmayan transplantasyon, robotik cerrahi gibi bölümler ameliyat süreci bittiğinde başka ameliyat alamamakta ve odayı başka bölümlere devredememektedir. Gün bazında yapılan atamalarda, ameliyatın başlangıç ve bitiş süresi tamamen bölümün inisiyatifinde olduğu için etkili bir süreç yönetilememektedir. Bu nedenlere dayanarak, uzun ameliyat sırası bulunan bölümlerin süreçleri zamana yayılmakta ve sağlık sisteminde hantallaşmaya yol açmaktadır. Ameliyat kararı verilene kadar zaman, ekipman ve personel yetersizliğinden dolayı birçok süreçten geçmesi beklenen hastalar için kritik zaman eşiği bazı ameliyatlarda aşılmaya başlamaktadır. Geliştirilen matematiksel model kapsamında bölümlere ameliyathanelerin tam kapasite günlük veya haftalık verilmesi düşünülmemiş; ameliyathaneyi art arda aynı bölümün kullanmasına imkân sağlanabilirken, farklı bölümlere de belirli kısıtlar altında paylaşmasına imkân sağlanmıştır. Çalışma kapsamında bir aylık yani 20 günlük bir çizelgeleme yapılması istenmiştir.

Çizelge 5.13. Genel ameliyathane haftalık çizelgesi

ODALAR	PAZARTESİ	SALI	ÇARŞAMBA	PERŞEMBE	CUMA
1	Covid İzole Oda/Genel Cerrahi	Covid İzole Oda/Genel Cerrahi	Covid İzole Oda/Genel Cerrahi	Covid İzole Oda/Genel Cerrahi	Covid İzole Oda/ Çocuk Cerrahi
2	Ortopedi	Ortopedi	Ortopedi	Ortopedi	Ortopedi
3	Ortopedi	Ortopedi	Ortopedi	Ortopedi	Ortopedi
4	Çocuk Cerrahi	Çocuk Cerrahi	Çocuk Cerrahi	Çocuk Cerrahi	Çocuk Cerrahi
5	Ortopedi	Ortopedi	Ortopedi	Ortopedi	Ortopedi
6	Göz	Göz	Göz	Göz	Göz
7	Ortopedi	Ortopedi	Ortopedi	Ortopedi	Ortopedi
8	Göz	Göz	Göz	Göz	Göz
9	KBB	KBB	KBB	KBB	KBB
10	Üroloji	Üroloji	Üroloji	Üroloji	Üroloji
11	KBB	KBB	KBB	KBB	KBB
12	Üroloji	Üroloji	Üroloji	Üroloji	Üroloji
13	Genel Cerrahi	Genel Cerrahi	Genel Cerrahi	Genel Cerrahi	Üroloji
14	Genel Cerrahi	Genel Cerrahi	Genel Cerrahi	Genel Cerrahi	KBB

Çizelge 5.13. (devam) Genel ameliyathane haftalık çizelgesi

15	Genel Cerrahi	Transplantasyon	Genel Cerrahi	Genel Cerrahi	KBB
16	Robotik Cerrahi	Robot /Transplantasyon	KBB	Robotik Cerrahi	Robotik Cerrahi
17	KBB	Genel Cerrahi	Kadın Doğum	KBB	KBB
18	Kadın Doğum	Kadın Doğum	Kadın Doğum	Kadın Doğum	Kadın Doğum
19	Plastik Cerrahi	Plastik Cerrahi	Plastik Cerrahi	Plastik Cerrahi	Plastik Cerrahi
20	Plastik Cerrahi	Plastik Cerrahi	Plastik Cerrahi	Plastik Cerrahi	Plastik Cerrahi
21	Beyin Cerrahi	Beyin Cerrahi	Beyin Cerrahi	Beyin Cerrahi	Beyin Cerrahi
22	Beyin Cerrahi	Beyin Cerrahi	Beyin Cerrahi	Beyin Cerrahi	Beyin Cerrahi
23	Beyin Cerrahi	Beyin Cerrahi	Beyin Cerrahi	Beyin Cerrahi	Beyin Cerrahi
KVC-1	KVC	KVC	KVC	KVC	KVC
KVC-2	KVC	KVC	KVC	KVC	Göğüs Cerrahi
KVC-3	Göğüs Cerrahi	Göğüs Cerrahi	Göğüs Cerrahi	Göğüs Cerrahi	Göğüs Cerrahi
9.KAT-1	Kadın Doğum	Kadın Doğum	Kadın Doğum	Kadın Doğum	Kadın Doğum
9.KAT-2	Kadın Doğum	Kadın Doğum	Kadın Doğum	Kadın Doğum	Kadın Doğum
Cerrahi Branş	Masa/hafta	Cerrahi Branş	Masa/hafta	Cerrahi Branş	Masa/hafta
Genel Cerrahi	16	Plastik Cerrahi	10	KVC	9
Ortopedi	20	Üroloji	11	Göğüs Cerrahi	6
KBB	16	Göz	10	Transplantasyon	2
Beyin Cerrahi	15	Çocuk Cerrahi	6	Algoloji	0
Kadın Doğum	10+6	Robotik Cerrahi	Değişmeli+3	Covid İzole Oda	0
Toplamda 28 oda x 5 gün = 140 masa/hafta					

Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesinde genel ameliyathaneyi kullanan bölümler ve bu bölümlerin yıllık ameliyat çeşitleri, ameliyatların adetleri, ameliyat süreleri ilgili uzmanlardan alınıp analiz edilmiştir. Yapılan analize göre, 1 yıl içerisinde en çok yapılmış 100 ameliyat çeşidi belirlenmiştir. Bu ameliyat çeşitlerinin ayda gerçekleşmesi beklenen adetleri hesaplanmıştır ve ameliyat adedine göre sıralama yapılmıştır. Çizelge 5.14. ilgili bölümlerin ameliyat çeşitleri, bu ameliyatların aylık beklenen miktarları ve ameliyatın süresi verilerini içermektedir. Veriler, bir aydaki maksimum ameliyat sayısına göre sıralanmıştır.

Çizelge 5.14. Ameliyat isimleri, süreleri ve bir aydaki maksimum ameliyat sayıları

Bölüm	Ameliyat Adı	Ameliyat Süresi(dk)	Bir Aydaki Maksimum Ameliyat Sayısı
Plastik Cerrahi	Rinoplasti, komplike /greft ile	90	157
KBB	Konka lateralizasyonu	120	144
Göz	Fakoemülsüfikasyon + İOL	60	129
KBB	Alt konka kırılması	60	124
Genel Cerrahi	Kist /benign tümör çıkarılması, büyük	45	111
KBB	Burun içi konka elektrokoterizasyonu	60	100
KBB	Radyofrekans/plazma uygulaması ile konka küçültülmesi	60	88
KBB	Konka SMR'ı, çift taraf	120	86
Plastik Cerrahi	Blefaroplasti, her bir göz kapağı için	90	85
KBB	Endoskopik konka redüksiyonu	45	85
Kadın Doğum	Sezaryen	60	79
Genel Cerrahi	Kolesistektomi (laparoskopik)	90	71
KBB	Nazal Valv cerrahisi (çift taraf)	90	68
KVC	Varislerde lokal pake eksizyonu	120	67
Kadın Doğum	Endometrial biyopsi	30	61
Plastik Cerrahi	Kolumella uzatılması	45	59
Üroloji	Üreteral J stent takılması	30	58
Plastik Cerrahi	Skar revizyonu, orta	60	53
Üroloji	Üreteral stent çıkartılması	30	51
Kadın Doğum	Terapötik küretaj	30	50
Göz	Genel anestezi altında muayene	30	50
KBB	Septoplasti veya SMR	120	48
Göz	Vitro- Retinal cerrahi (Tüm işlemler)	90	48
KBB	Endoskopik septoplasti	120	46
KBB	Septal fraktür onarımı	120	41
Üroloji	Endoskopik üreter taşı tedavisi	120	39
Üroloji	Sistoüretroskopi	45	37
Ortopedi	Her türlü periferik sinir explorasyonu	120	37
Ortopedi	Diz artroplastisi, total	120	34
Üroloji	Üretral kordi onarımı	60	33
Göz	Foto terapotik keratektomi (ptk)	90	32
Göz	Foto refraktif keratektomi (Eximer laser ile prk ameliyatı)	45	30
Kadın Doğum	Histeroskopi diagnostik	60	28
Ortopedi	Artroskopik rotator kılıf onarımı	90	27
Genel Cerrahi	Biyopsi, cerrahi, derin	60	25
Beyin Cerrahisi	Lomber mikrocerrahi ile diskektomi	120	24
Kadın Doğum	Kolposkopi	60	23

Çizelge 5.14. (devam) Ameliyat isimleri, süreleri ve bir aydaki maksimum ameliyat sayıları

Genel Cerrahi	Peritoneal tuvalet ve debridman (seans başına)	90	22
Genel Cerrahi	Appendektomi	90	21
KVC	Vena safena magna	90	21
Ortopedi	Büyük kemik implant çıkarma	120	21
Üroloji	Prostatektomi, bipolar TUR	120	21
KBB	Timpanoplasti	150	20
Kadın Doğum	Histeroskopi operatif	120	20
Plastik Cerrahi	Z-Plasti	90	20
Beyin Cerrahisi	Duraplasti, diğer greftler (Sentetik vb) ile	120	20
Plastik Cerrahi	Benign yumuşak doku tümörü, kompleks	90	19
Beyin Cerrahisi	Kraniyal kemik defektlerinin rekonstrüksiyonu	180	19
KBB	Maksiller sinüse endoskopik müdahale	180	18
Genel Cerrahi	Kist/benign tümör çıkarılması, küçük	45	17
Genel Cerrahi	Tiroidektomi (iki taraflı total)	120	17
KBB	Endoskopik konka bülloza rezeksiyonu	120	17
Ortopedi	Kalça eklem total protezleri, primer	150	16
Ortopedi	Büyük kemik kırıklarında açık redüksiyon ve plak/vida tesbit	180	16
Ortopedi	Artroskopik menisküs onarımı	120	15
Üroloji	Meatoplasti, stenozlarda	45	15
Plastik Cerrahi	Küçültme mammoplastisi (iki yanlı)	180	14
Üroloji	Mesane tümörü (TUR) (<3 cm)	90	14
Göğüs Cerrahi	Akciğer rezeksiyonu ve mediastinal lenf nodu diseksiyonu	240	14
Genel Cerrahi	Appendektomi (laparoskopik)	60	14
Kadın Doğum	Histerektomi, abdomial salpingo-ooferektomi	150	14
Göz	Siklofotokoagülasyon	60	13
Üroloji	Sistoskopi ve mesaneden "punch" biyopsi	60	13
Genel Cerrahi	Laparoskopi, tanısal	90	13
Göz	Korneal Cross- Linking uygulaması	45	13
Üroloji	Mesanenin prekanseröz lezyonlarında fulgurasyon	90	13
Genel Cerrahi	Obezite, by-pass	150	12
Genel Cerrahi	İnguinal Fıtık Onarımı, tek taraflı (Greftli)	120	12
Genel Cerrahi	Yara debridmanı ve pansumanı, büyük (Günde bir, pans.dahil)	60	12
KBB	Fonksiyonal endoskopik sinüs cerrahisi, çift taraf	180	12
KBB	Endoskopik sfenoid sinüs cerrahisi	150	11
Beyin Cerrahisi	Duraplasti - galeal greft İle	120	11
Çocuk Cerrahi	Kondilom koterizasyonu	45	11
Kadın Doğum	Leep	90	11
Genel Cerrahi	Mastektomi, modifiye radikal	120	11
Ortopedi	Girişimsel ayak bileği artroskopisi	120	11
Ortopedi	Nervus medianusun dekompresyonu	60	11
KBB	Nazal fraktür onarımı	60	11

Çizelge 5.14. (devam) Ameliyat isimleri, süreleri ve bir aydaki maksimum ameliyat sayıları

KBB	Ventilasyon tüpü uygulaması	60	11
KBB	Fonksiyon elendoskopik Sinüs Cerrahisi (Tek taraf)	90	10
Plastik Cerrahi	Kıkırdak grefti alınması	60	10
Kadın Doğum	Laparoskopik histerektomi	150	10
Ortopedi	Artroskopik Ön Çapraz Bağ Ameliyatı (diz)	120	10
Genel Cerrahi	Laparotomi, tanısal	120	10
Ortopedi	Tenotomi, myotomi	60	10
Genel Cerrahi	Perianal fistülotomi/fistülektomi	60	10
Ortopedi	Artroskopik Bankart onarımı, omuz	90	10
Genel Cerrahi	İnguinal herni onarımı, laparoskopik (tek taraflı)	90	10
Robotik Cerrahi	Robotik cerrahi	120	9
Transplantasyon	Organ transplantasyonu	120	9
Genel Cerrahi	Retroperitoneal lenf nodu diseksiyonu	120	9
Plastik Cerrahi	Malign deri tümörlerinin eksizyonu	90	9
Plastik Cerrahi	Yumuşak doku laserasyonu, Derin yabancı cisimler	60	9
Ortopedi	Büyük eklem debridmanı	120	9
KBB	Boyun eksplorasyonu	180	9
Kadın Doğum	Myomektomi	90	9
Çocuk Cerrahi	İnmemiş testis (herni onarımı dahil)	90	9
Genel Cerrahi	İnsizyonel herni onarımı (greftli)	120	9
Genel Cerrahi	Hemikolektomi, sağ veya sol	180	9
Genel Cerrahi	İnguinal herni onarımı (tek taraflı) (greftsiz onarım)	90	8

Çizelge 5.15.'da genel ameliyathaneyi en çok kullanan 13 cerrahi bölüm, bölümlerdeki doktor miktarı, verilerin analizine göre elde edilmiş 100 ameliyatın bölümlere dağılımı ve bölüm bazında bu ameliyatlarında miktarlarının toplanmasıyla elde edilmiş veri yer almaktadır.

Çizelge 5.15. Genel ameliyathane kullanımı detayları

Bölüm	Doktor Sayısı	En Çok Yapılan 100 Çeşit Ameliyattaki Ameliyat Çeşidi Sayısı	En Çok Yapılan 100 Çeşit Ameliyattaki Maksimum Ameliyat Sayısı (Aylık)
Genel Cerrahi	25	20	423
Ortopedi	16	13	227
KBB	14	19	949
Beyin Cerrahisi	12	4	74
Kadın Doğum	10	10	305
Plastik Cerrahi	16	10	435
Üroloji	18	10	294

Çizelge 5.15. (devam) Genel ameliyathane kullanımı detayları

Göz	14	7	315
Çocuk Cerrahi	10	2	20
KVC	8	2	88
Göğüs Cerrahisi	10	1	14
Transplantasyon	3	1	9
Robotik Cerrahi	3	1	9

5.3.1. Matematiksel model

Matematiksel modelde yer alan veri setleri, parametreler, karar değişkenleri, amaç fonksiyonu ve kısıtlar tanımlanmaktadır.

Veri seti

P: Operasyon seti $P \in \{1,2,\ldots,p_1,p_1+1,\ldots,p_2,p_2+1,\ldots 100\}$

R: Ameliyat odaları seti $R \in \{1,2,\ldots,28\}$

D: Bir aydaki mesai yapılan gün seti $D \in \{1,2,\ldots,20\}$

G: Ameliyathaneyi kullanacak departman seti $G \in \{1,2,\ldots,13\}$

Parametreler

t_p: Genişletilmiş operasyon süreleri (Temizlik süreleri dahil)(dk.) $p \in P$

N_p: Toplam zamandaki maksimum yapılabilecek operasyon sayısı $p \in P$

C_p: Bir gündeki maksimum ameliyat kapasitesi (Branşlardaki doktor sayısı) $p \in P$

$$B_p = \begin{cases} 1, & eğer\ operasyon\ ilk\ d'gün\ icerisinde\ yapılmalıysa \\ 0, & diğer\ durumlar \end{cases} \qquad p \in P, d' \in D$$

$$A_{pr} = \begin{cases} 1, & eğer\ operasyon\ p,r\ odasında\ yapılabiliyorsa(ekipman) \\ 0, & diğer\ durumlar \end{cases} \qquad p \in P, r \in R$$

E: Gün içerisinde odaların maksimum kullanılabilirlik süresi(dk.)

M: Olabildiğince büyük bir sayı

Karar değişkenleri

Y_{prd}: p tipinde r odasında d gününde çizelgelenen operasyon sayısı

Amaç fonksiyonu

$$Maksimize \sum_{p}^{P} \sum_{r}^{R} \sum_{d}^{D} Yprd \tag{5.1}$$

Kısıtlar

$$\sum_{r}^{R} \sum_{d}^{D} Yprd \leq Np \qquad \forall p \in P \tag{5.2}$$

$$\sum_{p}^{P} tp \times Yprd \leq E \qquad \forall r \in R, \forall d \in D \tag{5.3}$$

$$\sum_{p}^{g} \sum_{r}^{R} Yprd \geq 1 \qquad \forall d \in D, \forall g \in G \tag{5.4}$$

$$\sum_{p}^{P} Yprd \geq 1 \qquad \forall r \in R, \forall d \in D \tag{5.5}$$

$$\sum_{d}^{D} Yprd \leq M \times Apr \qquad \forall p \in P, \forall r \in R \tag{5.6}$$

$$\sum_{r}^{R} \sum_{d'+1}^{D} Yprd \leq M \times (1 - Bp) \qquad \forall p \in P \tag{5.7}$$

$$\sum_{r}^{R} Yprd \leq Cp \qquad \forall p \in P, \forall d \in D \tag{5.8}$$

$$\sum_{r}^{R} \sum_{d}^{D} Yprd \geq 1 \qquad \forall p \in P \tag{5.9}$$

$Yprd \geq 0$ *ve tamsayı* $\forall p \in P, \forall r \in R, \forall d \in D$ (5.10)

Ameliyathane çizelgeleme işleminin temelini oluşturduğu matematiksel model, bir tam sayılı programlama örneğidir.

Verilerin kümelerini belirten setler P, R, D ve G olmak üzere 4 veri grubundan oluşmaktadır. P, operasyonları temsil etmektedir. Genel ameliyathaneyi kullanan 13 farklı departmanın bir yıl içerisinde gerçekleştirdiği operasyonlar analiz edilmiş ve en fazla gerçekleşen 100 ameliyat belirlenmiştir. Dolayısıyla P veri setinin 100 elemanı bulunmaktadır. R veri seti, genel ameliyathanede bulunan ameliyat odalarını temsil etmektedir. Toplamda 28 adet olan ameliyathaneler, özel ekipmanlı ve özel ekipmansız olarak ikiye ayrılmıştır. Bir aydaki 20 mesai gününü D veri seti temsil etmektedir. Ameliyathaneyi kullanan 13 ayrı cerrahi bölümü de G veri seti temsil etmektedir.

Matematiksel modelde Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesinden alınan veri grupları parametreleri oluşturmaktadır.

t_p her ameliyat için genişletilmiş operasyon sürelerini temsil etmektedir. Genişletilmiş operasyon süresi, dakika cinsinden her bir ameliyat için verilen süreye ek olarak ameliyat sonrasında odaların temizlenmesi için belirlenmiş azami temizlik süresini de içermektedir. Azami temizlik süresi 15 dakika olarak belirlenmiştir ve sabit tutulmuştur.

N_p parametresi ise ameliyathane sorumlusundan alınan verilere göre analiz edilmiş ve toplam zaman içerisinde o ameliyat çeşidinin yapılabileceği en büyük sayıyı göstermektedir. Toplam zaman bu matematiksel model için 20 iş gününden oluşmaktadır.

C_p parametresi bir gün içerisinde her ameliyattan yapılabilecek maksimum kapasiteyi göstermektedir. 13 adet cerrahi bölüm içerisinde hizmet vermekte olan doktor sayılarıyla ilişkili olarak belirlenmiştir. Cerrahi bölümde bulunan bütün doktorların o cerrahi bölümdeki ameliyatların hepsini yapabildiği varsayılmıştır.

B_p parametresi ise aciliyeti olan ameliyatları göstermektedir. Eğer ameliyat ilk d' gün içerisinde yapılmalıysa bu B_p matrisi içerisinde 0-1 ikili değişkenlerine göre değer almıştır.

A_{pr} parametresi ise özel ekipman gerektiren ameliyatları ve o ekipmana sahip ameliyathaneleri gösteren 0-1 matrisidir. Bir cerrahi bölümde bulunan bir ameliyat çeşidi, özel ekipman gerektirirken diğer ameliyat çeşidi özel ekipman gerektirmeden de yapılabilmektedir.

E parametresi gün içerisinde ameliyathane odalarının maksimum kullanılabilirlik süresini dakika cinsinden göstermektedir. Gün içerisinde 8 saat yani 480 dakika ameliyathanelerin kullanılabilirliği bulunmaktadır.

M parametresi modelde olabildiğince büyük bir sayı olarak kullanılmaktadır.

Matematiksel modelde karar değişkeni Y_{prd} olarak yer almaktadır. p tipinde r odasında d gününde çizelgelenen operasyon sayısını göstermektedir.

Eş. 5.1 amaç fonksiyonunu göstermektedir. Amaç fonksiyonunda hedef, çizelgelenen operasyon sayısını maksimize etmektir.

Eş. 5.2 kısıtı, her operasyon için hesaplanan toplam atamanın yapılabilecek maksimum atama sayısını geçmemesini sağlamaktadır.

Eş. 5.3 kısıtı, her odaya her gün için atanan ameliyatların sürelerinin toplamının maksimum çalışma süresini geçmemesini sağlamaktadır.

Eş. 5.4 kısıtı, her departmanın her gün en az bir ameliyat yapmasını hedeflemektedir.

Eş. 5.5 kısıtı, her gün her odaya en az bir ameliyat atanmasını sağlamaktadır.

Eş. 5.6 kısıtı, özel ekipmana ihtiyaç duyulan ameliyatların özel ekipmanı olan odalara atanmasını sağlamaktadır.

Eş. 5.7 kısıtı, ilk d' günde yapılması beklenen acil nitelikli ameliyatların d' gün sonrasına atanmamasını sağlamaktadır.

Eş. 5.8 kısıtı, her gün her operasyon için yapılan toplam atamanın o ameliyatı yapabilecek doktor sayısının üzerinde olmaması hedeflenmektedir.

Eş. 5.9 kısıtı, toplam süre boyunca her ameliyatın en az bir kere yapılmasını sağlamaktadır.

Eş. 5.10 kısıtı, karar değişkeninin sıfırdan büyük ve tamsayı olmasını sağlamaktadır.
Matematiksel model CPLEX OPL programı üzerinde yazılmış ve çözdürülmüştür. Modelin çözüm süresi 100 saniye ile sınırlandırılmıştır. Bu sınırlandırmanın yapılmasının nedeni; modelin çözümünün uzun bekleme süresinde dahi sonuç vermemesi ve GAP değerinde değişiklik olmamasıdır. GAP değeri; CPLEX OPL gibi karma tam sayılı çözücülerde hesaplanan, mevcut en iyi çözüm ile mevcut en iyi çözüm arasındaki boşluğu yüzde cinsinden göstermektedir. Eş. 5.11 formülüyle hesaplanmaktadır.

$$\text{GAP } (\%) = \frac{En\ iyi\ \text{çözüm}}{Gevşetilmiş\ \text{çözüm}} - 1 \qquad (5.11)$$

Matematiksel modelin sonucunda 2 744 olan çözüm değeri elde edilmiştir. En iyi çözüm 2 751 olarak hesaplanmış ama zaman sınırından dolayı 2 744 değeri Eş. 5.11 formülasyonuyla ve aynı zamanda CPLEX çözücüsünün verdiği değer olan % 0,27 GAP değeriyle elde edilmiştir. Resim 5.1.' de CPLEX OPL programında yazılan matematiksel modelin bir kısmı gösterilmiştir.

```
 //index sets

int p=...;//operations
int r=...;//ameliyatların sayısı
int d=...;//ameliyathane sayısı

range P=1..p;
range R=1..r;
range D=1..d;

//parameters

int t[P]=...;//extended time(include cleaning) for operation p
int N[P]=...;//maximum number of operation p for all days
int C[P]=...;//maximum capacity for operation p at a given day
int B[P]=...;//1, if the operation should be scheduled within first d' days. 0, ow
int A[P][R]=...;//1, if operation p is available at room r(has special equipment). 0, ow
int E=...;//maximum available time on given day 8*60=480 min

//decision variables

dvar int+ Y[P][R][D];//number of type p operations scheduled at r th room on d th day


//objective function

maximize sum(p in P,r in R,d in D)Y[p][r][d];

subject to{

forall(p in P) sum(r in R, d in D)Y[p][r][d]<=N[p];

forall(r in R, d in D) sum(p in P)t[p]*Y[p][r][d]<=E;
```

Resim 5.1. CPLEX OPL matematiksel model görseli

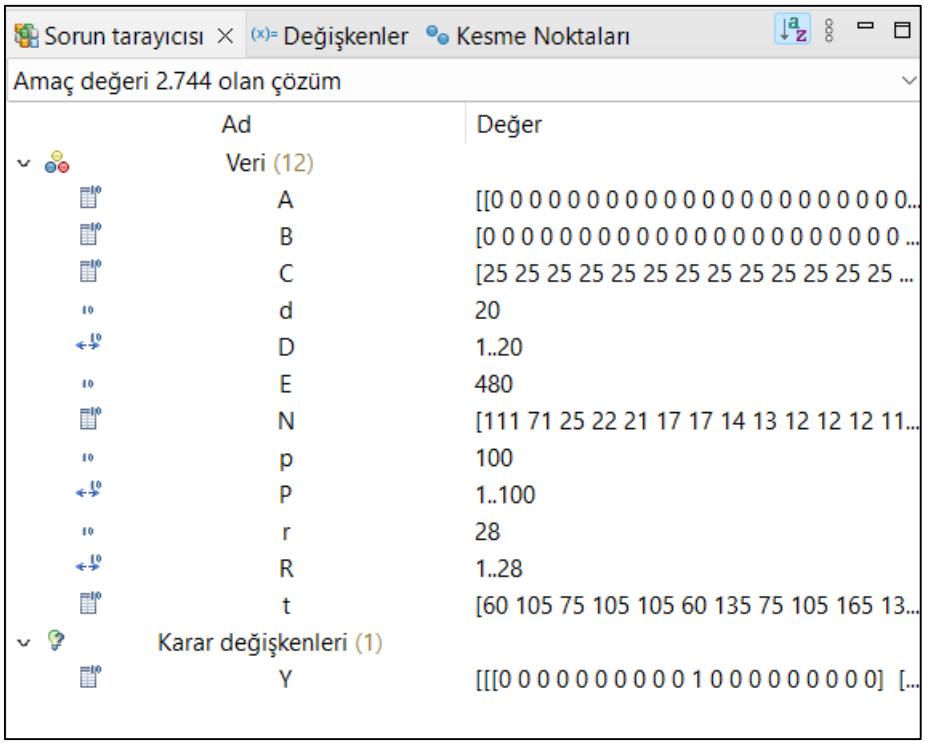
Resim 5.2.'de CPLEX OPL veri çekim notasyonu gösterilmiştir.

```
SheetConnection sheet ("Data.xlsx");

p from SheetRead (sheet,"Sayfa1!C2");
 r from SheetRead (sheet,"Sayfa1!C3");
 d from SheetRead (sheet,"Sayfa1!C4");
 t from SheetRead (sheet,"Sayfa1!D14:CY14");
 N from SheetRead (sheet,"Sayfa1!D19:CY19");
 C from SheetRead (sheet,"Sayfa1!D24:CY24");
 B from SheetRead (sheet,"Sayfa1!D29:CY29");
 A from SheetRead (sheet,"Sayfa1!D33:AE132");
 E from SheetRead (sheet,"Sayfa1!C5");
```

Resim 5.2.'de CPLEX OPL veri çekim notasyonu görseli

Resim 5.3.'de CPLEX OPL çözüm verileri görseli yer almaktadır.



Resim 5.3.'de CPLEX OPL çözüm verileri görseli

EK-1. içeriğinde CPLEX OPL çözüm satırları örneği yer almaktadır.

Çizelge 5.16. içeriğinde matematiksel modelin CPLEX OPL üzerinde çalıştırılmasından sonra elde edilen veriye göre ameliyat bazında dağılımı ve yapılması beklenen maksimum atama detayları yer almaktadır. Bu verilere göre ameliyat bazında atamanın gerçekleşme oranları hesaplanmıştır. 100 ameliyat içerisinde bir ayda maksimum yapılması beklenen ameliyat sayısı 3 162 adettir. CPLEX OPL sonucuna göre yapılan atama sayısı 2 744'tür. Hedeflenen değere oran %86,78'dir.

Çizelge 5.16. Sonuçların dağılımı ve atama oranı

Ameliyat	Branş	Ameliyat Detayı	Bir Ayda Toplam Atama	Bir Aydaki Maksimum Ameliyat Sayısı	Atama Oranı (%)
1	Genel Cerrahi	Kist/benign tümör çıkarılması, büyük	111	111	100
2	Genel Cerrahi	Kolesistektomi (laparoskopik)	71	71	100
3	Genel Cerrahi	Biyopsi, cerrahi, derin	25	25	100
4	Genel Cerrahi	Peritoneal tuvalet ve debridman (seans başına)	22	22	100
5	Genel Cerrahi	Appendektomi	21	21	100
6	Genel Cerrahi	Kist/benign tümör çıkarılması, küçük	17	17	100
7	Genel Cerrahi	Tiroidektomi (iki taraflı total)	17	17	100

Çizelge 5.16. (devam) Sonuçların dağılımı ve atama oranı

8	Genel Cerrahi	Appendektomi (laparoskopik)	14	14	100
9	Genel Cerrahi	Laparoskopi, tanısal	13	13	100
10	Genel Cerrahi	Obezite, by-pass	12	12	100
11	Genel Cerrahi	İnguinal Fıtık Onarımı, tek taraflı (Greftli)	12	12	100
12	Genel Cerrahi	Yara debridmanı ve pansumanı, büyük (günde bir, pans.dahil)	12	12	100
13	Genel Cerrahi	Mastektomi, modifiye radikal	11	11	100
14	Genel Cerrahi	Laparotomi, tanısal	10	10	100
15	Genel Cerrahi	Perianal fistülotomi/fistülektomi	10	10	100
16	Genel Cerrahi	İnguinal herni onarımı, laparoskopik (tek taraflı)	10	10	100
17	Genel Cerrahi	Retroperitoneal lenf nodu diseksiyonu	9	9	100
18	Genel Cerrahi	İnsizyonel herni onarımı (greftli)	9	9	100
19	Genel Cerrahi	Hemikolektomi, sağ veya sol	6	9	66,67
20	Genel Cerrahi	İnguinal herni onarımı	8	8	100
21	Ortopedi	Her türlü periferik sinir explorasyonu	37	37	100
22	Ortopedi	Diz artroplastisi, total	34	34	100
23	Ortopedi	Artroskopik Rotator kılıf onarımı	27	27	100
24	Ortopedi	Büyük kemik implant çıkarma	21	21	100
25	Ortopedi	Kalça eklem total protezleri, primer	16	16	100
26	Ortopedi	Büyük kemik kırıklarında Açık Redüksiyon ve Plak/Vida Tesbit	6	16	37,5
27	Ortopedi	Artroskopik Menisküs onarımı	15	15	100
28	Ortopedi	Girişimsel ayak bileği artroskopisi	11	11	100
29	Ortopedi	Nervus medianusun dekompresyonu	11	11	100
30	Ortopedi	Artroskopik Ön Çapraz Bağ Ameliyatı (diz)	10	10	100
31	Ortopedi	Tenotomi, myotomi	10	10	100
32	Ortopedi	Artroskopik Bankart onarımı, omuz	10	10	100
33	Ortopedi	Büyük eklem debridmanı	9	9	100
34	KBB	Konka lateralizasyonu	144	144	100
35	KBB	Alt konka kırılması	124	124	100
36	KBB	Burun içi konka elektrokoterizasyonu	100	100	100
37	KBB	Radyofrekans/plazma uygulaması ile konka küçültülmesi	88	88	100
38	KBB	Konka SMR'ı, çift taraf	86	86	100
39	KBB	Endoskopik konka redüksiyonu	85	85	100
40	KBB	Nazal Valv cerrahisi (çift taraf)	68	68	100
41	KBB	Septoplasti veya SMR	48	48	100
42	KBB	Endoskopik septoplasti	46	46	100
43	KBB	Septal fraktür onarımı	41	41	100
44	KBB	Timpanoplasti (mastoidektomi ve kemikcik zincir onarımı dahil)	19	20	95
45	KBB	Maksiller sinüse endoskopik müdahale	3	18	16,67
46	KBB	Endoskopik konka bülloza rezeksiyonu	17	17	100

Çizelge 5.16. (devam) Sonuçların dağılımı ve atama oranı

47	KBB	Fonksiyonal endoskopik sinüs cerrahisi, çift taraf	8	12	66,67
48	KBB	Endoskopik sfenoid sinüs cerrahisi	11	11	100
49	KBB	Nazal fraktür onarımı	11	11	100
50	KBB	Ventilasyon tüpü uygulaması	11	11	100
51	KBB	Fonksiyon elendoskopik Sinüs Cerrahisi (Tek Taraf)	10	10	100
52	KBB	Boyun eksplorasyonu	6	9	66,67
53	Beyin Cerrahisi	Lomber mikrocerrahi ile diskektomi	24	24	100
54	Beyin Cerrahisi	Duraplasti, diğer greftler ile	20	20	100
55	Beyin Cerrahisi	Kraniyal kemik defektlerinin plaklar ile rekonstrüksiyonu	1	19	5,26
56	Beyin Cerrahisi	Duraplasti - galeal greft ile	11	11	100
57	Kadın Doğum	Sezaryen	1	79	1,26
58	Kadın Doğum	Endometrial biyopsi	7	61	11,47
59	Kadın Doğum	Terapötik küretaj	25	50	50
60	Kadın Doğum	Histeroskopi diagnostik	1	28	3,57
61	Kadın Doğum	Kolposkopi	1	23	4,35
62	Kadın Doğum	Histeroskopi operatif	1	20	5
63	Kadın Doğum	Histerektomi, abdomial + salpingo-ooferektomi	1	14	7,14
64	Kadın Doğum	Leep	1	11	9,09
65	Kadın Doğum	Laparoskopik histerektomi	1	10	10
66	Kadın Doğum	Myomektomi	1	9	11,11
67	Plastik Cerrahi	Rinoplasti, komplike/greft ile	157	157	100
68	Plastik Cerrahi	Blefaroplasti, her bir göz kapağı için	85	85	100
69	Plastik Cerrahi	Kolumella uzatılması	59	59	100
70	Plastik Cerrahi	Skar revizyonu, orta	53	53	100
71	Plastik Cerrahi	Z-Plasti (bir tek Z-plasti)	20	20	100
72	Plastik Cerrahi	Benign yumuşak doku tümörü, kompleks	19	19	100
73	Plastik Cerrahi	Küçültme mammoplastisi (iki yanlı)	4	14	28,57
74	Plastik Cerrahi	Kıkırdak grefti alınması	10	10	100
75	Plastik Cerrahi	Malign deri tümörlerinin eksizyonu	9	9	100
76	Plastik Cerrahi	Yumuşak doku laserasyonu, Derin yabancı cisimler	9	9	100
77	Üroloji	Üreteral J Stent takılması	58	58	100
78	Üroloji	Üreteral stent çıkartılması	51	51	100
79	Üroloji	Endoskopik üreter taşı tedavisi	39	39	100
80	Üroloji	Sistoüretroskopi	37	37	100

Çizelge 5.16. (devam) Sonuçların dağılımı ve atama oranı

81	Üroloji	Üretral kordi onarımı	33	33	100
82	Üroloji	Prostatektomi, bipolar TUR	21	21	100
83	Üroloji	Meatoplasti, stenozlarda	15	15	100
84	Üroloji	Mesane tümörü (TUR) (<3 cm)	14	14	100
85	Üroloji	Sistoskopi ve mesaneden "punch" biyopsi	13	13	100
86	Üroloji	Mesanenin prekanseröz lezyonlarında fulgurasyon	13	13	100
87	Göz	Fakoemülsüfikasyon + İOL	129	129	100
88	Göz	Genel anestezi altında muayene	50	50	100
89	Göz	Vitro- retinal cerrahi (tüm işlemler)	48	48	100
90	Göz	Foto Terapotik Keratektomi (ptk)	32	32	100
91	Göz	Foto refraktif keratektomi (eximer laser ile prk ameliyatı)	30	30	100
92	Göz	Siklofotokoagülasyon	13	13	100
93	Göz	Korneal Cross- Linking uygulaması	13	13	100
94	Çocuk Cerrahi	Kondilom koterizasyonu	11	11	100
95	Çocuk Cerrahi	İnmemiş testis (herni onarımı dahil)	9	9	100
96	KVC	Varislerde lokal pake eksizyonu	1	67	1,49
97	KVC	Vena safena magna	19	21	90,47
98	Göğüs Cerrahi	Akciğer rezeksiyonu	1	14	7,14
99	Transplantasyon	Organ transplantasyonu	9	9	100
100	Robotik Cerrahi	Robotik cerrahi	1	9	11,11

Çizelge 5.17. içeriğinde 13 cerrahi bölüm bazında yapılan atama incelemesi sonucunda hedeflenen ve ortaya çıkan atama sonuçları arasında bölüm bazında hedefe yaklaşılan oran miktarları yer almaktadır. 4 bölüm kapsamında tam verim sağlanırken, 4 farklı bölümde de %95'in üzerinde atama oranı gözlemlenmiştir. Göğüs cerrahisi, kadın doğum ve robotik cerrahi bölümlerinde atama oranının düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.17. Bölüm bazında yapılan atama, hedeflenen atama ve oran verisi

Bölüm	Yapılan Atama	Hedeflenen Atama	Oran (%)
Genel Cerrahi	420	423	99,3
Ortopedi	217	227	95,6
KBB	926	949	97,6
Beyin Cerrahisi	56	74	75,7
Kadın Doğum	40	305	13,1
Plastik Cerrahi	425	435	97,7
Üroloji	294	294	100

Çizelge 5.17. (devam) Bölüm bazında yapılan atama, hedeflenen atama ve oran verisi

Göz	315	315	100
Çocuk Cerrahi	20	20	100
KVC	20	88	23,5
Göğüs Cerrahi	1	14	7,1
Transplantasyon	9	9	100
Robotik Cerrahi	1	9	11,1

Çizelge 5.18. içeriğinde matematiksel modelin CPLEX OPL çözücüsünde yürütülmesi sonucunda elde edilen; 1.gün, 28 ameliyathane odası, ameliyat atamaları yer almaktadır. Bu atamaların detayları ve odalara kaç adet atandıkları, toplam ameliyat + ameliyat sonrası ameliyathane temizlik sürelerinin yer aldığı verilen sunulmaktadır. İlk günde 28 odanın 27'sinde 8 saat mesai yani 480 dakikanın tamamı ameliyatlara atanmış, 13.odada 450 saatlik bir atama yapılmıştır. Birinci günde yapılan atamalar yarım saatlik bir boşluk olmasına rağmen yaklaşık %99,78 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.18. İlk gün oda bazında yapılan ameliyatlar ve toplam atama süreleri

ODA	1. Günde yapılan atamalar	Toplam Süre(dk)
1.Oda	7 Kadın Doğum (Endometrial biyopsi) =315 dk	480
	1 Kadın Doğum (Laparoskopik histerektomi) =165 dk	
2.Oda	1 Üroloji (Sistoüretroskopi) =60 dk	480
	4 KVC (Vena safena magna) =420 dk	
3.Oda	8 Genel Cerrahi (Kist /benign tümör çıkarılması, büyük) =480 dk	480
4.Oda	8 Genel Cerrahi (Kist /benign tümör çıkarılması, büyük) =480 dk	480
5.Oda	2 KBB (Endoskopik sfenoid sinüs cerrahisi) =330 dk	480
	1 Plastik Cerrahi (Skar revizyonu, orta) =75 dk	
	1 Üroloji (Üretral kordi onarımı) =75 dk	
6.Oda	5 KBB (Alt konka kırılması) =375 dk	480
	1 Göz (Vitro -retinal cerrahi (tüm işlemler)) =105 dk	
7.Oda	1 Genel Cerrahi (Biyopsi, cerrahi, derin) =75 dk	480
	3 KBB (Konka SMR'ı, çift taraf) =405 dk	
8.Oda	8 KBB (Endoskopik konka redüksiyonu) =480 dk	480
9.Oda	1 KBB (Radyofrekans/plazma uygulaması ile konka küçültülmesi) =75dk	480
	3 Beyin Cerrahisi (Lomber mikrocerrahi ile diskektomi tek seviye -1) =405 dk	
10.Oda	5 KBB (Radyofrekans/plazma uygulaması ile konka küçültülmesi) =375 dk	480

Çizelge 5.18. (devam) İlk gün oda bazında yapılan ameliyatlar ve toplam atama süreleri

	1 KBB (Nazal Valv cerrahisi (çift taraf)) =105 dk	
11.Oda	8 Genel Cerrahi (Kist/benign tümör çıkarılması, büyük) =480 dk	480
12.Oda	5 KBB (Alt Konka Kırılması) =375 dk	480
	1 KBB (Nazal Valv cerrahisi (çift taraf)) =105 dk	
13.Oda	1 KBB (Alt Konka Kırılması) =75 dk	450
	1 Beyin Cerrahisi (Duraplasti, diğer greftler (Sentetik vb) ile) =135 dk	
	4 Çocuk Cerrahisi (Kondilom koterizasyonu) =240 dk	
14.Oda	1 KBB (Radyofrekans/plazma uygulaması ile konka küçültülmesi) =75 dk	480
	2 Beyin Cerrahisi (Duraplasti- Galeal Greft ile) =270 dk	
	3 Üroloji (Üreteral Stent Çıkartılması) =135 dk	
15.Oda	5 Göz (Fakoemülsüfikasyon + İOL) =375 dk	480
	1 Göz (Foto Terapotik Keratektomi (ptk)) =105 dk	
16.Oda	1 Genel Cerrahi (Biyopsi, cerrahi, derin) =75 dk	480
	3 Üroloji (Endoskopik üreter taşı tedavisi) =405 dk	
17.Oda	1 Genel Cerrahi (Appendektomi (laparoskopik)) =75 dk	480
	1 KBB (Endoskopik septoplasti) =135 dk	
	2 Beyin Cerrahisi (Lomber mikrocerrahi ile diskektomi tek seviye -1) =270 dk	
18.Oda	1 Genel Cerrahi (Yara debridmanı ve pansumanı, büyük (günde bir, pans.dahil)) =75 dk	480
	3 Üroloji (Prostatektomi, bipolar TUR) =405 dk	
19.Oda	1 Genel Cerrahi (Yara debridmanı ve pansumanı, büyük (günde bir, pans.dahil) =75 dk	480
	3 Beyin Cerrahisi (Lomber mikrocerrahi ile diskektomi -1) =405 dk	
20.Oda	3 Beyin Cerrahisi (Duraplasti, diğer greftler ile) =405 dk	480
	1 Göz (Fakoemülsüfikasyon + İOL) =75 dk	
21.Oda	4 Genel Cerrahi (İnguinal herni onarımı, laparoskopik (tek taraflı) =420 dk	480
	1 Çocuk Cerrahi (Kondilom koterizasyonu)) =60 dk	
22.Oda	3 KBB (Konka lateralizasyonu) =405 dk	480
	1 Üroloji (Üretral kordi onarımı) =75 dk	
23.Oda	1 Ortopedi (Nervus medianusun dekompresyonu) =75 dk	480
	3 KBB (Konka lateralizasyonu) =405 dk	
24.Oda	3 KBB (Konka SMR'ı, çift taraf) =405 dk	480
	1 Üroloji (Üretral kordi onarımı) =75 dk	
25.Oda	1 Genel Cerrahi (Perianal fistülotomi/fistülektomi) =75 dk	480
	3 KBB (Konka SMR'ı, çift taraf) =405 dk	
26.Oda	1 Üroloji (Sistoüretroskopi) =60 dk	480
	4 Göz (Vitro- Retinal Cerrahi (Tüm İşlemler)) =420 dk	

Çizelge 5.18. (devam) İlk gün oda bazında yapılan ameliyatlar ve toplam atama süreleri

27.Oda	1 KBB (Alt Konka Kırılması) =75 dk	480
	2 KBB (Burun içi konka elektrokoterizasyonu) =150 dk	
	2 KBB (Nazal Valv cerrahisi (çift taraf)) =210 dk	
	1 Üroloji (Üreteral J Stent takılması) =45 dk	
28.Oda	1 KBB (Endoskopik konka redüksiyonu) =60 dk	480
	4 Çocuk Cerrahi (İnmemiş testis (herni onarımı dahil)) =420 dk	

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi genel ameliyathane birimi için hemşire seçimi problemine yol gösterici olması için AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak hemşire alternatiflerinin değerlendirme işlemi yapılmıştır ve elde edilen sonuç ekip oluşturma da görevli personele sunulmuştur. Bu kapsamda ileri süreçlerde elde edilmiş bu verinin matematiksel modele entegrasyonu planlanmaktadır. Aynı süreç, asistan hekimlerin seçimi ve sıralaması düşüncesiyle görevli personele önerilmiştir. Bu yöntem, bilimsel yöntemlere de dayanarak daha adaletli ve etkin ekipler kurulması açısından verimlilik sağlayacaktır.

Ameliyathane çizelgeleme problemi için orijinal bir model geliştirilmiş ve bu modelin çözücü üzerinde koşturulması sonucunda hastane kapsamında hali hazırda kullanılan manuel atamaya oranla daha yüksek sayıda ameliyat atama işleminin yapıldığı gözlemlenmiştir. Matematiksel modelin CPLEX OPL üzerinde 100 saniye kuralıyla çalıştırılması süre kısıtından dolayı tam verime ulaşmaya olanak sağlamamıştır ama ileri süreçte bu kural bertaraf edilerek sürecin etkililiğini artırmak adına çalışma yapılacaktır.

Çizelgeleme çalışmasının sonucunda, gün bazında ameliyat odalarına yapılan atamada sonuçlar bütün olarak verilmektedir yani oda içinde ameliyat sıralaması yapılmamaktadır. Burada yetki ilgili cerrahi bölümlerin asistanlarına bırakılmaktadır. Görevli başasistanlar arasında kararlaştırma yapılacak ve süreç bu ortak karar göre ilerleyecektir. Elde edilen veriye göre ilk giren ilk çıkar yaklaşımı kullanılarak sürecin yönetimi önerilmektedir. Bir diğer seçenekte ise ameliyat süresi en kısa olan ameliyatın ilk yapılması önerilmektedir. Bu seçeneklere ilave olarak; bir cerrahi bölümden birkaç ameliyat ataması ilgili odaya o günde yapıldıysa, bu grubun bölünmemesi önerilmektedir. Dolayısıyla parti tipi üretime benzer şekilde bir çizelgeleme çalışması ortaya çıkacaktır. Bu şekilde; asistanların, görevli hemşirelerin, yardımcı personelin koordinasyonunun daha hızlı olması beklenmektedir. Bu sayede ekstra karışıklık ve iş yükü azaltılacaktır.

Aciliyet durumu olan ameliyatların belirlenen gün sınırı içinde yapıldığı gözlemlenmiştir. Aynı zamanda özel ekipman gereksinimi olan ameliyatların, ihtiyaçlarının bulunduğu doğru odalara atamasının yapıldığı gözlemlenmiştir. Mesai saati sınırlandırması aşılmamıştır ve her bölümün her gün çalışmasına olanak sağlanmıştır. Kapasite kullanım sınırlandırmalarına uygun sonuçlar elde edilmiştir. Odaların kullanım yüzdeleri tatmin edicidir.

Kadın Hastalıkları ve Doğum Anabilim Dalında yapılması beklenen atama oranının çok düşük seviyede olduğu gözlemlenmiştir. İlgili bölümün çok acil düzeyde ve tahmin edilemez ameliyat verilerinin olduğu sorumlu doktorlardan raporlanmıştır. Bu kapsamda, Kadın Hastalıkları ve Doğum Anabilim Dalı için diğer cerrahi bölümler ile ortak kullanılmayacak ve sadece bu bölüme ayrılacak odalar belirlenmesi önerilmektedir.

Geliştirilen matematiksel modelde, sürelerin sabit olacağı varsayılmıştır ama öngörülemez durumlar içinde planlama konusunda esneklik sağlanması önerilmektedir. Sürecin uzaması durumunda, hizmetin aksamaması ve karışıklığın engellenmesi için yedek bir oda düzenlenmesi önerilmektedir. Bu oda sayesinde hem çok acil ameliyatlar için hastaneye bir esneklik sağlanacak hem de atamaların beklendiği seviyede gerçekleşmesi sağlanacaktır.

Modelin büyüklüğü nedeniyle veriler sabit değerler olarak alınmıştır, bir sonraki aşamada verilerin stokastik olarak alındığı ve bir indisle tanımlandığı bir çalışma düşünülmekte ve oda içi atama sıralamasının da yapılabilmesi için geliştirilmiş bir matematiksel modelle sürecin tekrar değerlendirilmesi gerekmektedir.

İlerleyen süreçte, çizelgeleme sonuçlarının daha rahat anlaşılabilmesi ve herkes tarafından kullanılmasına olanak sağlaması için verileri entegre edip, yeni veri girilebilmesine olanak sağlayan bir karar destek sistemi geliştirilmesi hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

1. Oğulata, S. N. and Erol, R. (2003). A hierarchical multiple criteria mathematical programming approach for scheduling general surgery operations in large hospitals. *Journal of Medical Systems*, 27(3), 259-270.

2. Hooshmand, F., MirHassani, S. A. and Akhavein, A. (2018). Adapting GA to solve a novel model for operating room scheduling problem with endogenous uncertainty. *Operations Research for Health Care*, 19, 26-43.

3. Cardoen, B., Demeulemeester, E. and Beliën, J. (2010). Operating room planning and scheduling: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 201(3), 921- 932.

4. Santibáñez, P., Begen, M. and Atkins, D. (2007). Surgical block scheduling in a system of hospitals: an application to resource and wait list management in a British Columbia health authority. *Health Care Management Science*, 10(3), 269-282.

5. Testi, A., Tanfani, E. and Torre, G. (2007). A three-phase approach for operating theatre schedules. *Health Care Management Science*, 10(2), 163-172.

6. Tànfani, E. and Testi, A. (2010). A pre-assignment heuristic algorithm for the master surgical schedule problem (MSSP). *Annals of Operations Research*, 178(1), 105-119.

7. Lamiri, M., Xie, X., Dolgui, A. and Grimaud, F. (2008). A stochastic model for operating room planning with elective and emergency demand for surgery. *European Journal of Operational Research*, 185(3), 1026-1037.

8. Arnaout, J. P. (2010). Heuristics for the maximization of operating rooms utilization using simulation. *Simulation*, 86(8-9), 573-583.

9. Van Essen, J. T., Hans, E. W., Hurink, J. L. and Oversberg, A. (2012). Minimizing the waiting time for emergency surgery. *Operations Research for Health Care*, 1(2-3), 34-44.

10. Koçak, M., Ekren, G., Yumuşak, R., Eren, T. ve Alakaş, H.M. (2023). Pandemi sürecinde hemşire çizelgeleme problemi için hedef programlama modeli. *Konya Journal of Engineering Sciences*, 11(2), 391-407.

11. Gerchak, Y., Gupta D. and Henıng M. (1996). Reservation Planning for Elective Surgery Under Uncertain Demand for Emergency Surgery, *Management Science*, 42 (3), 321-334.

12. Lamiri, M. and Xie, X. (2007). Operating room planning with uncertain operating times. Working paper, *Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint Etienne*, France, 521-526.

13. Roland, B., Di Martinelly, C. and Riane, F. (2006). Operating theatre optimization: A resource-constrained based solving approach, *IEEE*, 1, 443-448.

14. Augusto, V., Xie, X. and Perdomo, V. (2010). Operating theatre scheduling with patient recovery in both operating rooms and recovery beds. *Computers and Industrial Engineering*, 58(2), 231-238.

15. Mateus, C., Marques, I. and Captivo, M. E. (2018). Local search heuristics for a surgical case assignment problem. *Operations Research for Health Care*, 17, 71-81.

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

17. Van Essen, J. T., Hurink, J. L., Hartholt, W., and van den Akker, B. J. (2012). Decision support system for the operating room rescheduling problem. *Health Care Management Science*, 15(4), 355-372.

18. Erdem, E., Qu, X. and Shi, J. (2012). Rescheduling of elective patients upon the arrival of emergency patients. *Decision Support Systems*, 54(1), 551-563.

19. Zonderland, M. E., Boucherie, R. J., Litvak, N. and Vleggeert-Lankamp, C. L. (2010). Planning and scheduling of semi-urgent surgeries. *Health Care Management Science,* 13(3), 256-267.

20. Molina-Pariente, J.M., Hans, E.W., and Framinan, J.M. (2016). A stochastic approach for solving the operating room scheduling problem. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 1-28.

21. Al-Refaie, A., Chen, T., and Judeh, M. (2016). Optimal operating room scheduling for normal and unexpected events in a smart hospital. *Operational Research*, 1-24.

22. Durmuş, A., Özdemir, A. ve Gökmen, N. (2023). Yoğun bakım ünitelerinde kapasite değerlendirmesi ve planlaması: 3. Basamak hastaneler için simülasyon modellemesi. *Dokuz Eylul University The Journal of Graduate School of Social Sciences*, 25(2), 599-620.

23. Guinet, A. and Chaabane, S. (2003). Operating theatre planning. *International Journal of Production Economics*, 85.

24. Van Oostrum, J. M., Van Houdenhoven, M., Hurink, J. L., Hans, E. W., Wullink, G., Kazemier, G. (2008). A master surgical scheduling approach for cyclic scheduling in operating room departments. *OR Spectrum,* 30(2), 355-374.

25. Tan, Y., El Mekkawy, T., Peng, Q. and Oppenheimer, L. (2011). Mathematical Programming For The Scheduling Of Elective Patients In The Operating Room Department. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association*, 1-10.

26. Khambhammettu, M. and Persson, M. (2016). Analyzing a Decision Support System for Resource Planning and Surgery Scheduling. *Procedia Computer Science*, 100.

27. Nino, L., Harris, S., and Claudio, D. (2016). A Simulation of Variability-Oriented Sequencing Rules On Block Surgical Scheduling. *Proceedings of the 2016 Winter Simulation Conference, IEEE*.

28. Van Huele, C., Vanhoucke, M. (2015). Operating theatre modelling: integrating social measures. *Journal of Simulation*, 9(2), 121-128.

29. Xiang, W., Yin, J., Lim, G. (2015). An ant colony optimization approach for solving an operating room surgery scheduling problem. *Computers & Industrial Engineering*, 85, 335-345.

30. Akgönül, R., Eren, T. ve Alakaş, H.M. (2022). Ergonomik Personel Çizelgeleme Problemi: Savunma Sanayinde Bir Uygulama. *International Journal of Engineering Research and Development*, 14(3), 43-68.

31. Arnaout, J. P. M. and Kulbashian, S. (2008). Maximizing the utilization of operating rooms with stochastic times using simulation. *In Proceedings Of The 40th Conference On Winter simulation Conference*, 1617-1623.

32. Arnaout, J. P. (2010). Heuristics for the maximization of operating rooms utilization using simulation. *Simulation*, 86(8-9), 573-583.

33. Zhao, Z. and Li, X. (2014). Scheduling elective surgeries with sequence-dependent setup times to multiple operating rooms using constraint programming. *Operations Research for Health Care*, 3(3), 160-167.

34. Zhang, Z., and Xie, X. (2015). Simulation-based optimization for surgery appointment scheduling of multiple operating rooms. *IIE Transactions*, 47(9), 998-1012.

35. Baesler, F., Gatica, J., and Correa, R. (2015). Simulation optimisation for operating room scheduling. *International Journal of Simulation Modelling*, 14(2), 215-226.

36. Xiang, W., Yin, J., and Lim, G. (2015). An ant colony optimization approach for solving an operating room surgery scheduling problem. *Computers and Industrial Engineering*, 85, 335-345.

37. Lahijanian, B., Zarandi, M.H.F. and Farahani, F.V. (2016). Proposing a model for operating room scheduling based on fuzzy surgical duration. *Annual Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society, IEEE*, 1-5.

38. Jebali, A., Alouane, A. B. H. and Ladet, P. (2006). Operating rooms scheduling. *International Journal of Production Economics*, 99(1-2), 52-62.

39. Hanset, A., Meskens, N. and Duvivier, D. (2010). Using constraint programming to schedule an operating theatre. *IEEE Workshop On Health Care Management*, 1-6.

40. Roland, B., Di Martinelly, C. and Riane, F. (2006). Operating theatre optimization: A resource-constrained based solving approach. *International conference on service systems and service management, IEEE*, 1, 443-448.

41. Chaabane, S., Meskens, N., Guinet, A. and Laurent, M. (2008). Comparison of two methods of operating theatre planning: application in Belgian hospital. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 17(2), 171-186.

42. Vali-Siar, M. M., Gholami, S. and Ramezanian, R. (2018). Multi-period and multiresource operating room scheduling under uncertainty: A case study. *Computers and Industrial Engineering*, 126, 549-568.

43. Liberatore, M. and Nydick, R. (2008) The Analytic Hierarchy Process in Medical And Health Care Decision Making: A Literature Review. *European Journal of Operational Research*, 189(1), 194-20.

44. Ameryoun, A., Zaboli, R., Haghdoost, A. A., Mirzaei, T. and Tofighi, S. (2014). Applying Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP). *Healthcare System. International Journal of Medical Research and Review*, 2(6), 610-617.

45. Tavana, M., Kennedy, D. and Joglekar, P. (1996). A Group Decision Support Framework for Consensus Ranking of Technical Manager. *International Journal of Management*, 24(5), 523-538.

46. Bacaksız, F. E. ve Sönmez, B. (2015). İnsan Kaynakları Web Sitelerinde Yer Alan Hemşire İş İlanlarının İncelenmesi. *Sağlık ve Hemşirelik Yönetimi Dergisi*, 3(1), 112-122.

47. Dağdeviren, M. (2007). Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Personel Seçimi ve Bir Uygulama. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(4), 791–799.

48. Koyuncu, O. ve Özcan, M. (2014). Personel Seçim Sürecinde Analitik Hiyerarşi Süreci ve TOPSIS Yöntemlerinin Karşılaştırılması: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 32(2), 195–218.

49. Turan, H., Turan, G. (2016). Hemşire seçiminde analitik hiyerarşi metodunun uygulanması. *Sağlık Akademisyenleri Dergisi*, 3(1), 26-30.

50. Demirci, A. E. ve Kılıç, H. S. (2019). Entegre Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerine Dayalı Personel Seçimi. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 31(2), 163–178.

51. Esen, H., Yiğit, V. ve Güldan, S. (2020). Hastanelerde AHP ve TOPSIS Yöntemi ile Personel Seçimi: Acil Bakım Hemşireliği Sertifikalı Eğitim Programı Örneği. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 6(12), 112–128.

52. Tabansız, G., Meriç, A. ve Çavdur, F. (2023). Güvenlik Personeli Vardiya Çizelgelemesinde Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımı. *Journal of Industrial Engineering*, 34(1), 1-25.

53. Hwang, C.L. and Yoon, K. (1981). Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications, *Springer*.

54. Lio Y.J. and Hwang C.L. (1994). Fuzzy Multiple Objective Decision Making. *Springer*, 1.

55. Gregory, G. (1998). Decision Analysis, *New York: Plenum Pres*, 58-78.

56. Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98.

57. Yurdakul, M., İç, Y.T. (2003). Türk otomotiv firmalarının performans ölçümü ve analizine yönelik TOPSIS yöntemi kullanan bir örnek çalışma. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18(1), 1-3.

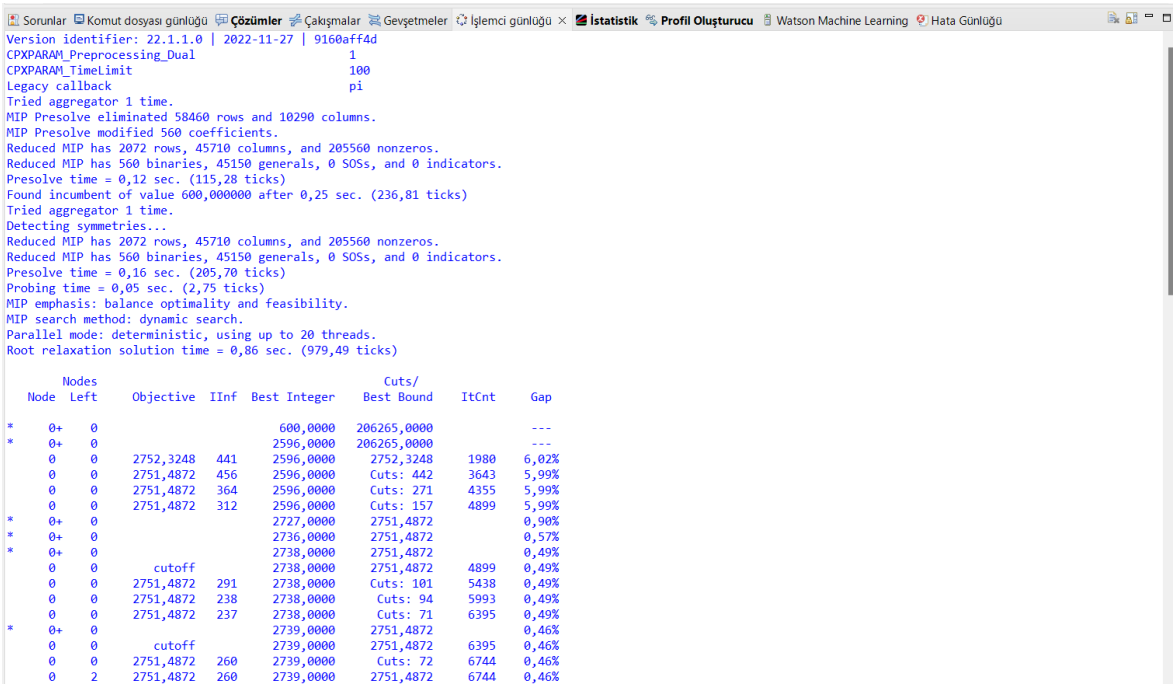
58. Monjezi, M., Dehghani, H., Singh, T.N., Sayadi, A.R. and Gholinejad, A. (2010). Application of TOPSIS method for selecting the most appropriate blast design, *Arabian Journal of Geosciences*, 5(1), 95-101.

59. Shyjith, K., Ilangkumaran and M., Kumanan, S. (2008). Multi-criteria decision-making approach to evaluate optimum maintenance strategy in textile industry. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 14(4), 375-386.

60. Pinedo, M. (2005). Planning and Scheduling in Manufacturing and Services. *Springer*, 3-18.

EKLER

EK-1. Cplex opl çözüm satırları örneği

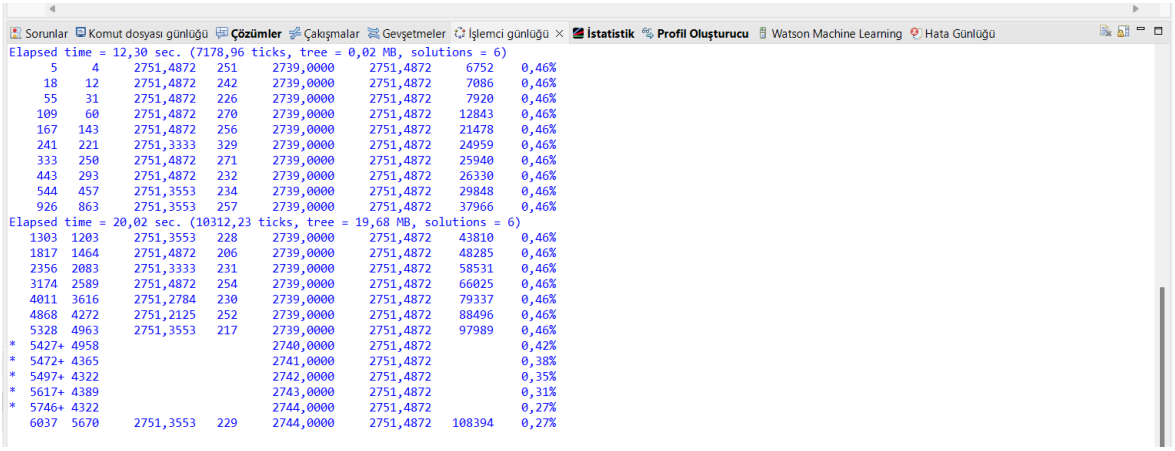


```
Sorunlar  Komut dosyası günlüğü  Çözümler  Çakışmalar  Gevşetmeler  İşlemci günlüğü  İstatistik  Profil Oluşturucu  Watson Machine Learning  Hata Günlüğü
Version identifier: 22.1.1.0 | 2022-11-27 | 9160aff4d
CPXPARAM_Preprocessing_Dual                      1
CPXPARAM_TimeLimit                               100
Legacy callback                                  pi
Tried aggregator 1 time.
MIP Presolve eliminated 58460 rows and 10290 columns.
MIP Presolve modified 560 coefficients.
Reduced MIP has 2072 rows, 45710 columns, and 205560 nonzeros.
Reduced MIP has 560 binaries, 45150 generals, 0 SOSs, and 0 indicators.
Presolve time = 0,12 sec. (115,28 ticks)
Found incumbent of value 600,000000 after 0,25 sec. (236,81 ticks)
Tried aggregator 1 time.
Detecting symmetries...
Reduced MIP has 2072 rows, 45710 columns, and 205560 nonzeros.
Reduced MIP has 560 binaries, 45150 generals, 0 SOSs, and 0 indicators.
Presolve time = 0,16 sec. (205,70 ticks)
Probing time = 0,05 sec. (2,75 ticks)
MIP emphasis: balance optimality and feasibility.
MIP search method: dynamic search.
Parallel mode: deterministic, using up to 20 threads.
Root relaxation solution time = 0,86 sec. (979,49 ticks)

        Nodes                                         Cuts/
   Node  Left     Objective  IInf  Best Integer    Best Bound    ItCnt     Gap

*     0+    0                          600,0000   206265,0000              ---
*     0+    0                         2596,0000   206265,0000              ---
      0     0     2752,3248   441     2596,0000     2752,3248     1980    6,02%
      0     0     2751,4872   456     2596,0000     Cuts: 442     3643    5,99%
      0     0     2751,4872   364     2596,0000     Cuts: 271     4355    5,99%
      0     0     2751,4872   312     2596,0000     Cuts: 157     4899    5,99%
*     0+    0                         2727,0000     2751,4872             0,90%
*     0+    0                         2736,0000     2751,4872             0,57%
*     0+    0                         2738,0000     2751,4872             0,49%
      0     0        cutoff           2738,0000     2751,4872     4899    0,49%
      0     0     2751,4872   291     2738,0000     Cuts: 101     5438    0,49%
      0     0     2751,4872   238     2738,0000      Cuts: 94     5993    0,49%
      0     0     2751,4872   237     2738,0000      Cuts: 71     6395    0,49%
*     0+    0                         2739,0000     2751,4872             0,46%
      0     0        cutoff           2739,0000     2751,4872     6395    0,46%
      0     0     2751,4872   260     2739,0000      Cuts: 72     6744    0,46%
      0     2     2751,4872   260     2739,0000     2751,4872     6744    0,46%
```

Resim 1.1. CPLEX OPL çözüm satırı birinci görseli



```
Sorunlar  Komut dosyası günlüğü  Çözümler  Çakışmalar  Gevşetmeler  İşlemci günlüğü  İstatistik  Profil Oluşturucu  Watson Machine Learning  Hata Günlüğü
Elapsed time = 12,30 sec. (7178,96 ticks, tree = 0,02 MB, solutions = 6)
      5     4     2751,4872   251     2739,0000     2751,4872     6752    0,46%
     18    12     2751,4872   242     2739,0000     2751,4872     7086    0,46%
     55    31     2751,4872   226     2739,0000     2751,4872     7920    0,46%
    109    60     2751,4872   270     2739,0000     2751,4872    12843    0,46%
    167   143     2751,4872   256     2739,0000     2751,4872    21478    0,46%
    241   221     2751,3333   329     2739,0000     2751,4872    24959    0,46%
    333   250     2751,4872   271     2739,0000     2751,4872    25940    0,46%
    443   293     2751,4872   232     2739,0000     2751,4872    26330    0,46%
    544   457     2751,3553   234     2739,0000     2751,4872    29848    0,46%
    926   863     2751,3553   257     2739,0000     2751,4872    37966    0,46%
Elapsed time = 20,02 sec. (10312,23 ticks, tree = 19,68 MB, solutions = 6)
   1303  1203     2751,3553   228     2739,0000     2751,4872    43810    0,46%
   1817  1464     2751,4872   206     2739,0000     2751,4872    48285    0,46%
   2356  2083     2751,3333   231     2739,0000     2751,4872    58531    0,46%
   3174  2589     2751,4872   254     2739,0000     2751,4872    66025    0,46%
   4011  3616     2751,2784   230     2739,0000     2751,4872    79337    0,46%
   4868  4272     2751,2125   252     2739,0000     2751,4872    88496    0,46%
   5328  4963     2751,3553   217     2739,0000     2751,4872    97989    0,46%
*  5427+ 4958                         2740,0000     2751,4872             0,42%
*  5472+ 4365                         2741,0000     2751,4872             0,38%
*  5497+ 4322                         2742,0000     2751,4872             0,35%
*  5617+ 4389                         2743,0000     2751,4872             0,31%
*  5746+ 4322                         2744,0000     2751,4872             0,27%
   6037  5670     2751,3553   229     2744,0000     2751,4872   108394    0,27%
```

Resim 1.2. CPLEX OPL çözüm satırı ikinci görseli

EK-1. (devam) CPLEX OPL çözüm satırları örneği

```
Performing restart 1

Repeating presolve.
Tried aggregator 1 time.
MIP Presolve eliminated 2 rows and 0 columns.
Reduced MIP has 2070 rows, 45710 columns, and 205459 nonzeros.
Reduced MIP has 560 binaries, 45150 generals, 0 SOSs, and 0 indicators.
Presolve time = 0,06 sec. (102,40 ticks)
Tried aggregator 1 time.
Reduced MIP has 2070 rows, 45710 columns, and 205459 nonzeros.
Reduced MIP has 560 binaries, 45150 generals, 0 SOSs, and 0 indicators.
Presolve time = 0,14 sec. (205,02 ticks)
Represolve time = 0,44 sec. (401,97 ticks)
   6374     0     2751,4872   487     2744,0000     Cuts: 617   127037    0,27%
   6374     0     2751,4872   478     2744,0000     Cuts: 617   128201    0,27%
   6374     0     2751,4872   431     2744,0000     Cuts: 617   129167    0,27%
   6374     0     2751,4872   383     2744,0000     Cuts: 465   130161    0,27%
   6374     0     2751,4732   316     2744,0000     Cuts: 351   130861    0,27%
   6374     0     2751,4583   295     2744,0000     Cuts: 264   131266    0,27%
   6374     0     2751,4359   318     2744,0000     Cuts: 248   131596    0,27%
   6374     0     2751,4322   272     2744,0000     Cuts: 245   132082    0,27%
   6374     0     2751,4111   361     2744,0000     Cuts: 221   132589    0,27%
   6374     0     2751,4023   327     2744,0000     Cuts: 296   133088    0,27%
   6374     0     2751,4018   302     2744,0000     Cuts: 288   133855    0,27%
   6374     0     2751,4007   285     2744,0000     Cuts: 286   134619    0,27%
   6374     0     2751,3998   293     2744,0000     Cuts: 262   135121    0,27%
   6374     0     2751,3988   292     2744,0000     Cuts: 253   135471    0,27%
   6374     0     2751,3981   280     2744,0000     Cuts: 217   135776    0,27%
   6374     0     2751,3981   295     2744,0000     Cuts: 198   136067    0,27%
   6374     2     2751,3981   295     2744,0000     2751,3981   136067    0,27%
   6383    11     2751,3333   180     2744,0000     2751,3909   136253    0,27%
Elapsed time = 81,34 sec. (60401,20 ticks, tree = 0,06 MB, solutions = 17)
   6387    15     2751,3333   209     2744,0000     2751,3909   136504    0,27%
   6397    21     2751,2123   237     2744,0000     2751,3909   136693    0,27%
   6453    30     2751,3333   208     2744,0000     2751,3837   137028    0,27%
   6514   102     2750,9744   226     2744,0000     2751,3837   138262    0,27%
Starting limited solution polishing.
   6652   218     2750,9949   211     2744,0000     2751,3837   140909    0,27%
   6819   398     2751,3333   201     2744,0000     2751,3837   144783    0,27%
   7064   440     2751,3333   180     2744,0000     2751,3837   145784    0,27%
   7224   676     2751,3333   212     2744,0000     2751,3837   149005    0,27%
```

Resim 1.3. CPLEX OPL çözüm satırı üçüncü görseli

```
Implied bound cuts applied:  2
Mixed integer rounding cuts applied:  1244
Zero-half cuts applied:  100
Gomory fractional cuts applied:  5

Root node processing (before b&c):
  Real time             =   12,11 sec. (7168,56 ticks)
Parallel b&c, 20 threads:
  Real time             =   88,31 sec. (61619,52 ticks)
  Sync time (average)   =   13,06 sec.
  Wait time (average)   =    0,35 sec.
                          ------------
Total (root+branch&cut) =  100,42 sec. (68788,08 ticks)
```

Resim 1.4. CPLEX OPL çözüm satırı dördüncü görseli

,

Gazili olmak ayrıcalıktır