ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Cansu DAĞSUYU

YENİDOĞAN YOĞUN BAKIM ÜNİTESİNDE YATIŞ SÜRESİ TAHMİNLENMESİNE BAĞLI KATETER KULLANIM PLANI OPTİMİZASYONU

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA-2017

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YENİDOĞAN YOĞUN BAKIM ÜNİTESİNDE YATIŞ SÜRESİ TAHMİNLENMESİNE BAĞLI KATETER KULLANIM PLANI OPTİMİZASYONU

Cansu DAĞSUYU

DOKTORA TEZİ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez …/…/2017 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/~~Oyçokluğu~~ ile Kabul Edilmiştir.

……..	……	……
Prof. Dr. Ali KOKANGÜL DANIŞMAN	Prof. Dr. Rızvan EROL ÜYE	Prof. Dr. Nejat NARLI ÜYE

……..	…….
Prof. Dr. Serap ULUSAM SEÇKİNER ÜYE	Yrd. Doç. Dr. Mustafa GÖÇKEN ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

DOKTORA TEZİ

YENİDOĞAN YOĞUN BAKIM ÜNİTESİNDE YATIŞ SÜRESİ TAHMİNLENMESİNE BAĞLI KATETER KULLANIM PLANI OPTİMİZASYONU

Cansu DAĞSUYU

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Ali KOKANGÜL
Yıl: 2017, Sayfa: 153
Jüri : Prof. Dr. Ali KOKANGÜL
: Prof. Dr. Rızvan EROL
: Prof. Dr. Nejat NARLI
Prof. Dr. Serap ULUSAM SEÇKİNER
Yrd. Doç. Dr. Mustafa GÖÇKEN

Bu çalışma özel bir hastanenin yenidoğan yoğun bakım ünitesinde yürütülmüştür. Yoğun bakım ünitesinde yenidoğanların yatış süresi üzerinde etkili olan parametreler belirlenmiştir. Yatış süresi üzerinde etkili olan parametrelere göre yatış süresi regresyon ve biharmonic spline iterpolasyon modelleri ile modellenmiştir. Yatış süresi, yenidoğanların ilk yatış günü MCH ve HCT değerlerine bağlı olarak biharmonic spline interpolasyon modeli ile yüksek güvenilirlikle tahminlenmiştir. Yatış süresine göre yenidoğan hastalara uygulanacak optimum kateter planlar tek ve çok amaçlı matematiksel modeller ile belirlenmiştir. Çalışma kapsamında enfeksiyon minimizasyonu, ek süre maksimizasyonu ve maliyet minimizasyonu amaç fonksiyonları dikkate alınmıştır. Bu amaçlar dikkate alınarak tek amaçlı ve çok amaçlı genetik algoritma modelleri ile de optimum/etkin çözümler elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yenidoğan, Kateter Planlama, Çok Amaçlı Modelleme, Genetik Algoritma

ABSTRACT

PhD. THESIS

CATETER USAGE PLANNING OPTIMIZATION ACCORDING TO ESTIMATION OF LENGTH OF STAY IN NEWBORN INTENSIVE CARE UNIT

Cansu DAĞSUYU

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING

Supervisor : Prof. Dr. Ali KOKANGÜL
Year: 2017, Pages: 153
Jury : Prof. Dr. Ali KOKANGÜL
: Prof. Dr. Rızvan EROL
: Prof. Dr. Nejat NARLI
: Prof. Dr. Serap ULUSAM SEÇKİNER
: Asst. Prof. Dr. Mustafa GÖÇKEN

This study is conducted in newborn unit of intensive care in private hospital. Effective parameters have been determined in intensive care unit for newborns. Length of stay is modeled with regression and biharmonic spline interpolation models according to the parameters of hospitalization. Length of stay is forecasted high reliably with biharmonic spline interpolation model with the values of first day of length of stay of newborns, MCH and HCT. Optimum catheter plans for newborn patients are determined with single or multi objective mathematical models according to length of stay. Infection minimization, additional time maximization and cost minimization objective functions are taken into account for this study. According to those objectives optimum/ effective solutions are obtained with single and multi-objective genetic algorithm models.

Keywords: Newborn, Catheter Plan, Multi Objective Modeling, Genetic Algorithm

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Sağlık hizmetlerinin odak noktasının insan olması sağlık uygulamalarının planlanmasının her geçen gün daha fazla değer kazandırmaktadır. Sağlık uygulamalarının temelinde hastanın hastanede yatış süresine bağlı olarak alet, ekipman ve personel planlaması yer almaktadır. Hastaların hastanede yatış sürelerinin belirsiz olması yoğun bakım ünitelerinde yatakların boş kalma zamanlarının bilinmemesine ve dolayısıyla yeni hasta için kabul/ret kararlarının verilmesinde zorluk yaşanmasına neden olmaktadır. Bununla beraber hastaya uygulanacak tedavi planlarının ve belirli kullanım süresi olan ekipmanlardan hangisinin kullanımının hem hasta hem de hastane açısından daha faydalı olacağı belirlenememektedir.

Hastaların hastane yatış sürelerinin ilk yatış anında belirlenmesi sağlık hizmetlerinin planlanmasında yaşanan pek çok problemin çözülmesini sağlamaktadır. Bu kapsamda çalışmanın yürütüldüğü yenidoğan yoğunbakım ünitesinde yatışı gerçekleşen yenidoğanlara ait demografik, biyolojik ve laboratuvar test değerleri ile beraber yatış süreleri alınmıştır. İlk olarak istatistiksel analiz ile cinsiyetin yatış süresi üzerinde etkisi analiz edilmiş ve cinsiyetin yatış süresi üzerinde etkili olmadığı bulunmuştur. Cinsiyetin yatış süresi üzerinde etkisi olmadığı için mevcut veriler cinsiyete göre ayrılmayıp kız ve erkek yenidoğanlara ait veriler bir arada incelenmiştir. İkinci adım olarak demografik, biyolojik ve laboratuvar test değerlerinin yatış süresi üzerindeki etkileri analiz edilmiş ve yenidoğan yoğunbakım ünitesi için yatış süresi üzerinde etkili olan parametreler belirlenmiştir. Etkili olan parametrelerin etki büyüklükleri eta-kare ve omega-kare analizleri ile belirlenmiştir.

Sonraki adım olarak yatış süresi üzerinde etkili olan parametrelere bağlı yatış süresinin regresyon modelleri oluşturulmuştur. Regresyon modellerinin açıklayıcılık değerleri oldukça düşük bulunmuştur. Bu nedenle biharmonic spline interpolasyon yöntemi ile parametrelerin ikili kombinasyonlarına ait

formülasyonlar elde edilmiştir. Bu yöntem sonucunda, yatış süresi yüksek güvenilirlikle modellenmiştir. Elde edilen model yeni 20 hasta ile test edilerek model sonucu ile gerçekleşen yatış süresinin ortalama %90.4 uyum içerisinde olduğu görülmüştür. Bu durum, elde edilen BSI modelinin yatış süresinin belirlenmesinde kullanılabileceğini göstermektedir.

Yatış süresinin tahmininden sonra bir diğer önemli konu olan yenidoğan hastalara uygulanacak olan ekipman planları belirlenmiştir. Yoğun bakım ünitesinde kullanılan ekipmanların belirli kullanım süreleri bulunmaktadır ve yatış süresine bağlı olarak optimum ekipman tercih edilmesi önemlidir. Yenidoğan hastaların yoğun bakım ünitesinde maruz kaldıkları her yeni invaziv girişim yenidoğan hastalarının enfeksiyon edinme olasılıklarını arttırmaktadır. Yoğun bakım ünitelerinde gelişen enfeksiyonların %40'ının kateter kaynaklı olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, çalışma kapsamında yenidoğan ünitesinde kullanılan periferik venöz kateter, santral venöz kateter ve PICC-line kateterler dikkate alınmıştır. Her bir kateter çeşidinin kullanım süresi, enfeksiyon oranı ve maliyetleri birbirinden farklılık göstermektedir. Uygulanacak her yeni kateter enfeksiyon oranını 7 kat arttırmaktadır. Edinilen enfeksiyonlar hastanede kalış süresini, mortaliteyi ve maliyetleri arttırdığı için kateter özellikleri de dikkate alınarak en uygun kateter planlarının belirlenmesi, tedavi başarısında büyük önem arz etmektedir. Enfeksiyon değerinin kesin olarak bilinebilen (deterministik) bir değer olmaması kateter planlarının belirlenmesini karmaşık bir problem haline getirmektedir. Kateterlerin özellikleri dikkate alınarak hastanın yatış süresine göre minimum enfeksiyon, minimum maliyet ve kateterlerin kullanılacağı süreyi ifade eden maksimum ek süre amaçlarının sağlanacağı optimum kateter planları belirlenmiştir. Kateter planları belirlenirken tek amaçlı ve çok amaçlı matematiksel modeller oluşturulmuş ve GAMS paket programında bu modeller çözülmüştür. Uygulamada hasta ve hastane açısından amaçların tek başına dikkate alınması uygun olmayacağı için çok amaçlı optimizasyon tekniklerinden hedef programlama yöntemi ile de probleme çözüm bulunmuştur. Hedef programlama modelleri

önceliklendirmesiz ve önceliklendirmeli olmak üzere iki yönteme göre çözülmüştür. Önceliklendirmesiz hedef programlama modellerinde amaçlar eşit önceliğe sahiptir ve üç amaç fonksiyonunun ikili ve üçlü kombinasyonları için etkin çözümler elde edilmiştir.

Son olarak çözüm karmaşıklığından dolayı çözüm süresinin uzaması durumuna karşı matematiksel modellemeye ek olarak tek ve çok amaçlı modeller genetik algoritma yaklaşımı ile kateter planları oluşturulmuş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans ve doktora süresince bana her konuda yardımcı olan, akademik çalışmalarıma yön veren ve tezin her aşamasında bana yol gösteren danışman hocam Prof. Dr. Ali KOKANGÜL'e tüm içtenliğimle teşekkür ederim.

Başta tez izleme komite üyelerim Prof. Dr. Rızvan EROL ve Prof. Dr. Nejat NARLI olmak üzere jüri üyeleri Prof. Dr. Serap ULUSAM SEÇKİNER ve Yrd. Doç. Dr. Mustafa GÖÇKEN'e değerli yorum ve katkılarından dolayı tüm içtenliğimle teşekkür ederim.

Herkesin bendeki değeri farklı olmakla birlikte Çukurova Üniversitesi Endüstri Mühendisliği öğretim üyesi değerli hocalarıma ve araştırma görevlisi arkadaşlarıma, Yrd. Doç. Dr. Murat OTURAKÇI'ya, arkadaşlarım Hande, Nida, Esra, Sevgi, Göksu, Tolga ve Görkem'e teşekkürlerimi sunarım. Hayatımdaki yeri ve önemi hiçbir zaman değişmeyecek Meltem TANGÜLER BAYRAMTAN hayat boyu hep yanımda ol, her alandaki desteğine teşekkür ederim…Akademik destekleri başta olmak üzere beraber çok şey öğrendiğim arkadaşıma en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tezde uygulama çalışmasının yapılmasında deneyimlerini paylaşan ve her türlü hastane imkanını sunan Prof. Dr. Nejat NARLI'ya ve hastane personeline teşekkür ederim. Her anımı paylaşan Müfide NARLI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Doktora eğitimim sırasında 2211 Yurtiçi Doktora Burs Programı kapsamında verdikleri maddi desteklerle eğitimime yardımcı olan, TÜBİTAK Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığı'na (BİDEB) ve eğitimim süresince her türlü sorunda yardımda bulunan çalışanlarına teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Çalışma dönemi boyunca her türlü desteği gösteren, yanımda olan annem Serap DAĞSUYU, babam Kemal DAĞSUYU, kardeşlerim Göksu, Ecem ve Nejla DAĞSUYU'na, babaanneme ve tüm kuzenlerime sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum, iyi ki hayatımdasınız. Çalışma döneminde kaybettiğim büyükbabam'a kalbimde yerin hep aynı kalacak…

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET III
TEŞEKKÜR VII
İÇİNDEKİLER VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ XII
ŞEKİLLER DİZİN XIV
SİMGELER VE KISALTMALAR XVI
1. GİRİŞ 1
1.1. Problemin Tanımı 3
1.2. Çalışmanın Amacı 8
1.3. Çalışmanın Kapsamı 9
1.4. Çalışmanın Adımları 10
1.5. Orjinal Katkılar 11
1.6. Çalışmanın Organizasyonu 12
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 13
2.1. Yatış Süresinin Belirlenmesi Literatür Taraması 13
2.1.1. Hastane genelinde yatış süresinin belirlenmesi 13
2.1.2. Yenidoğan Ünitesinde Yatış süresinin belirlenmesi 16
2.2. Kateter İlişkili Enfeksiyon ile İlgili Literatür Taraması 19
2.3. Yatış Süresi, Kateter ve Enfeksiyon İlişkisi ile İlgili Literatür Taraması 23
2.4. Kateter Modelleme ile ilgili Literatür Taraması 25
2.5. Literatür Değerlendirmesi 26
3. MATERYAL VE METOD 29
3.1. Materyal 29
3.1.1. Çalışmada Kullanılan Yazılımlar 30
3.2. Metod 31

3.2.1. İstatistiksel Analiz 33
3.2.1.1. Etkili Parametrelerin Belirlenmesi 33
3.2.1.2. Etki Büyüklüklerinin Belirlenmesi 35
3.2.2. Fonksiyonel İlişkilerin Belirlenmesi 36
3.2.2.1. Regresyon Analizi 36
3.2.2.2. Biharmonik Spline İnterpolasyon 38
3.2.3. Matematiksel Programlama 39
3.2.3.1. Varsayımlar 40
3.2.3.2. Notasyonlar 41
3.2.3.3. Tek Amaçlı Matematiksel Modeller 42
3.2.3.4. Çok Amaçlı Matematiksel Modeller 46
3.2.3.4.(1). Önceliklendirmesiz Hedef Programlama 47
3.2.3.4.(2). Önceliklendirmeli Hedef Programlama 50
3.2.3.4.(3). Her Adımda Birden Fazla Amaç Fonksiyonunun Önceliklendirilmesi 52
3.2.5. Genetik Algoritma 53
3.2.5.1. Genetik algoritmada kullanılan operatörler 55
3.2.5.1.(1). Seçim 55
3.2.5.1.(2). Çaprazlama 56
3.2.5.1.(3). Mutasyon 57
3.2.5.2. Çok Amaçlı Genetik Algoritma 58
3.2.5.2.(1). Önerilen Çok Amaçlı Genetik Algoritma Yaklaşımı 59
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 61
4.1. Veri Analizi 61
4.2. Yatış Süresi Üzerinde Etkili Parametrelerin Belirlenmesi 72
4.3. Yatış süresi matematiksel ifadesinin elde edilmesi 79
4.4. Optimum Kateter Planının Belirlenmesinde Matematiksel Modelleme Yaklaşımı 87

4.4.1. Tek amaçlı matematiksel modelleme yaklaşımı 90
4.4.1.1. Maliyet minimum yapan kateter planının belirlenmesi 90
4.4.1.2. Enfeksiyonu minimum yapan kateter planının belirlenmesi .. 93
4.4.1.3. Ek süreyi maksimum yapan kateter planının belirlenmesi 96
4.4.2. Çok amaçlı matematiksel modelleme yaklaşımı 98
4.2.2.1. Amaç fonksiyonlarının eşit öncelikli olması durumu..... 98
4.2.2.1.(1). Maliyet ve enfeksiyonu minimum yapan kateter planının belirlenmesi..... 98
4.2.2.1.(2). Enfeksiyonu minimum ek süreyi maksimum yapan kateter planının belirlenmesi..... 101
4.2.2.1.(3). Maliyeti minimum ek süreyi maksimum yapan kateter planının belirlenmesi..... 102
4.2.2.1.(4). Maliyeti ve enfeksiyonu minimum ek süreyi maksimum yapan kateter planının belirlenmesi... 104
4.2.2.2. Amaç fonksiyonlarının önceliklendirilmesi 106
4.2.2.2.(1). Her adımda bir amaç fonksiyonunun önceliklendirilmesi..... 106
4.2.2.2.(2). Her adımda birden fazla amaç fonksiyonunun önceliklendirilmesi..... 110
4.4.3. Genetik Algoritma 116
4.4.3.1. Tek amaçlı modellerin genetik algoritma sonuçları 116
4.4.3.2. Çok amaçlı modellerin genetik algoritma sonuçları..... 118
4.4.5. Optimizasyon Modeli ve Genetik Algoritma Model Sonuçlarının Karşılaştırılması 121
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 135
5.1. Sonuçlar..... 135
5.2. Öneriler..... 140
KAYNAKLAR.....143
ÖZGEÇMİŞ.....153

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 1.1. Kateter Tipine Göre Enfeksiyon İnsidansları 5
Çizelge 3.1. Çalışmada Kullanılan Verilerin Değişim Aralığı 30
Çizelge 3.2. Hedef Programlama Amaç Fonksiyonları. 59
Çizelge 4.1. Independent t Test Sonucu.....74
Çizelge 4.2. Parametrelerin Sınıf Genişlikleri. 75
Çizelge 4.3. Anova Analiz Sonucu. 76
Çizelge 4.4. Yatış Süresi Üzerinde Etkili Parametrelerin Etki Büyüklükleri 78
Çizelge 4.5. Yatış Süresine Ait Doğrusal Regresyon Modeli. 79
Çizelge 4.6. Doğrusal Olmayan Formülasyonlar. 81
Çizelge 4.7. BSI Model Sonuçları. 83
Çizelge 4.8. Yeni 20 Hasta İçin BSI Modeli İle Yatış Süresi Hesabı. 86
Çizelge 4.9. Kateter Özellikleri. 89
Çizelge 4.10. Minimum Maliyete Sahip Kateter Planları 93
Çizelge 4.11. Minimum Enfeksiyona Sahip Kateter Planları 95
Çizelge 4.12. Maksimum Gün Esnekliğine Sahip Kateter Planları 97
Çizelge 4.13 Minimum Enfeksiyon-Minimum Maliyete Sahip Kateter Planları 100
Çizelge 4.14. Minimum Enfeksiyon-Maksimum Ek Süreye Sahip Kateter Planları 102
Çizelge 4.15. Minimum Maliyet-Maksimum Ek Süreye Sahip Kateter Planları 103
Çizelge 4.16. Minimum Enfeksiyon-Minimum Maliyet-Maksimum Ek Süreye Sahip Kateter Planları 105
Çizelge 4.17. Öncelikli Hedef Programlama Sonucu 109

Çizelge 4.18. Enfeksiyon Minimizasyonu-Ek Süre Maksimizasyonu İlk Öncelikli Amaç, Maliyet Minimizasyonu İkinci Öncelikli Amaç Olması Durumu İçin Sonuçlar.....113
Çizelge 4.19. Genetik Algoritma Tek Amaçlı Model Sonuçları.....117
Çizelge 4.20. Genetik Algoritma Önceliklendirmeli Hedef Programlama Model Sonuçları.....120

ŞEKİLLER DİZİN **SAYFA**

Şekil 3.1. Çalışmanın Akışı....32
Şekil 3.2. Biharmonic spline interpolasyon 39
Şekil 3.3. Çok amaçlı matematiksel programlama çözüm tekniklerinin tercihe dayalı sınıflandırılması 46
Şekil 4.1. Hastalara ait Ateş, Nabız, Solunum ve Boy Verilerinin Dağılımı 63
Şekil 4.2. Hastalara ait Baş Çevresi, Doğum Ağırlığı, ALT ve Albumin Verilerinin Dağılımı....65
Şekil 4.3. Hastalara ait ALP, AST, BILD ve CRP Verilerinin Dağılımı 67
Şekil 4.4. Hastalara ait Glukoz, Kalsiyum, RBC ve WBC Verilerinin Dağılımı 69
Şekil 4.5. Hastalara ait HCT, MCH, MCV ve MCHC Verilerinin Dağılımı 71
Şekil 4.6. Hastalara ait PDW ve RDW Verilerinin Dağılımı....72
Şekil 4.7. HCT-MCH BSI modeli....85
Şekil 4.8. Gerçekleşen ve HCT-MCH BSI modeli ile elde edilen YS'nin Karşılaştırılması....87
Şekil 4.9. Hedef Programlama Model Sonuçları 115
Şekil 4.10. Yatış süresinin 37 Gün olması Durumu için Optimizasyon ve Genetik Algoritma Sonuçları....123
Şekil 4.11. Yatış süresinin 7, 9 ve 10 Gün olması Durumu için Optimizasyon ve Genetik Algoritma Sonuçları....125
Şekil 4.12. Yatış süresinin 3 Gün olması Durumu için Optimizasyon ve Genetik Algoritma Sonuçları....126
Şekil 4.13. Yatış süresinin 23 Gün Olması Durumu için Optimizasyon ve Genetik Algoritma Sonuçları....128
Şekil 4.14. Yatış süresinin 6 Gün olması Durumu için Optimizasyon ve Genetik Algoritma Sonuçları. 129

Şekil 4.15. Yatış süresinin 16 Gün olması Durumu için Optimizasyon ve Genetik Algoritma Sonuçları 131
Şekil 4.16. Yatış süresinin 11 Gün olması Durumu için Optimizasyon ve Genetik Algoritma Sonuçları. 132

SİMGELER VE KISALTMALAR

YBÜ : Yoğun bakım ünitesi

YYBÜ : Yenidoğan yoğun bakım ünitesi

PVK : Periferik venöz kateter

PICC : PICC line kateter

SVK : Santral venöz kateter

1. GİRİŞ

Sağlık hizmetlerine yöneticiler, hizmet sunanlar ve hizmet alanlar olmak üzere üç boyuttan bakıldığında, sağlık hizmetlerinin insan odaklı olduğu görülmektedir (Şimşek, 2011). Bu durum kaliteli sağlık hizmetlerinin doğru zamanda hatasız bir şekilde sunulmasını zorunlu hale getirmektedir. Bu zorunluluğun yerine getirilebilmesi için hastanın, hastane ortamında bulunduğu yatış süresinde uygulanacak tedavi ve girişim planlarının doğru belirlenmesi gerekmektedir.

Hastanede kalınan süre içerisinde tedavi planı kapsamında hastalara enjeksiyon, dikiş, sonda veya kateter takılması gibi pek çok girişimde bulunulmaktadır. Tüm bu müdahaleler invaziv girişim olarak tanımlanmakta ve cilt bütünlüğünü bozarak hastanın olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Dolayısıyla hastalara uygulanacak tedavi ve invaziv girişim planlarının doğru belirlenmesi, hastada oluşacak enfeksiyon oranını doğrudan etkilemektedir. Hastanelerde bulunan ünitelerde uygulanan tedavi yöntemleri, kullanılan ekipmanlar/girişimler ve ünitelerin doluluk oranları birbirinden farklı olmaktadır. Bu farklılıklardan dolayı enfeksiyon oranları ünite/cihaz/ekipman bazında değişkenlik gösterebilmektedir. Hastane genelinde hastane enfeksiyon insidansı % 5-10 iken, yoğun bakım üniteleri (YBÜ)'nde ise bu oran % 20-25'tir (Platt ve ark. 1992: Orucu ve Geyik, 2008'den , Larsen 1989: Orucu ve Geyik, 2008'den). Yatak sayısı yüksek olan YBÜ'nde yatan hastalar, mevcut hastalıkları ya da daha çok maruz kaldıkları terapötik ve diagnostik girişimler nedeni ile enfeksiyon riski yüksek olan hasta grubunu oluşturmaktadır (Arman, 2006). YBÜ'de bulunan hasta sayısının fazla, sağlık personelinin az olması, el yıkamaya, dezenfeksiyona ve sterilizasyona önem verilmemesi enfeksiyon nedenleri arasında sayılabilir (Kölgelier ve ark., 2012). Hastalara uygulanan idrar sondası, periferik-santral kateterler, ventilatör tüpleri vb. invaziv girişimler de YBÜ'de enfeksiyon oluşmasının sebeplerindendir. Enfeksiyon oluşumu için pek çok neden

bulunmasına rağmen YBÜ'nde gelişen bakteriyemilerin % 40'ının invaziv girişimlerden olan kateterlerle ilişkili olduğu belirtilmiştir (Orucu ve Geyik, 2008). Kateterle ilişkili enfeksiyon oranının yüksek olması, kateter planlarının doğru belirlenmesinin önemini göstermektedir. Bununla beraber hasta yatış sürelerinin rassal değişmesi her hastaya uygulanacak optimum kateter planının belirlenmesini zor bir problem haline getirmektedir.

Optimum kateter planının belirlenmesini zorlaştıran bir diğer konu ise hastalarda kullanılabilecek farklı özellikte pek çok kateter çeşidinin bulunmasıdır. Her bir kateter çeşidinin kullanım süresi, hammadesi, lümen sayısı, maliyeti vb. özellikleri birbirinden farklıdır. Farklı kateter özellikleri, katetere bağlı enfeksiyon oluşma riskini farklı oranda etkilemektedir (Bakır, 2006). Kateterlerin yerleştirilmesi ve bakımında uyulacak enfeksiyon kontrol önlemleri sayesinde kateter enfeksiyon oranında %67 azalma olduğu görülmüştür (Eggimann ve ark. 2000: Bakır 2006'dan). Bu durum katetere bağlı enfeksiyon oranlarının koruyucu önlemler ve doğru kateter seçimi ile önemli derece azaltılabileceğini göstermektedir.

Edinilen enfeksiyonlar hastanede kalış süresini, mortaliteyi ve maliyetleri arttırdığı için kateter özellikleri de dikkate alınarak en uygun kateter planlarının belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. Sağlık hizmetlerinin odağı insan olduğu için uygulanan kateter planında enfeksiyonun minimize edilmesi dolayısıyla mortalite oranlarının mümkün olduğunca azaltılması ihmal edilemeyecek amaçlardandır. Aynı zamanda uygulanan kateter planının kullanılabileceği sürenin maksimum olması kateter planlarının seçim kriterlerinden olabilmektedir. Öncelikli amaç olmasa da kateter planları oluşturulurken kateter satın alma ve kateterin takılması için gerekli iş gücü maliyetlerinin minimizasyonu da kateter seçiminde dikkate alınabilmektedir. Bu amaçların gerçekleştirilebilmesi ve hastalar için optimum kateter planlarının uygun yöntemlerle belirlenmesi hem sağlık kurumları hem de hastalar için büyük önem göstermektedir.

1.1. Problemin Tanımı

İnvaziv girişimlerin çok sık kullanıldığı YBÜ, enfeksiyon açısından yüksek riske sahip ünitelerdir. Fakat vücut direnci düşük olan operasyon geçiren prematüre ve yenidoğanların, bulunduğu üniteler enfeksiyon için asıl önemli riske sahip üniteleri oluşturmaktadır. Önemli enfeksiyon riskine sahip yenidoğan yoğun bakım üniteleri (YYBÜ)'nde ortamdan, hemşireden veya bir diğer hastadan enfeksiyon bulaşabilmektedir. Kazanılan her yeni enfeksiyon ise yenidoğanın bağışıklık sisteminin mevcut duruma göre daha az çalışmasına neden olmaktadır. Bu durum, yenidoğanların iyileşme sürecini olumsuz yönde etkilemekte ve hastanede yatış süresini uzatmaktadır.

Yatış süresinin artması ve bu artış süresinin rassal olması yoğun bakım ünitesinde doktor, hemşire ve ekipman planlamasında zorluk yaşanmasına neden olmaktadır. Ünitede yatan hastaların yatış sürelerinin uzaması, bu süreçte yeni hasta gelişlerinin olması yoğun bakım ünitelerinin yoğunluğunu arttırmaktadır. Ünitedeki yatak sayısının yeterli olmaması durumunda hastalık durumu kritik olan hastaların yoğun bakım ünitesine yatışlarının yapılmasında zorluk yaşanmaktadır. Hastanelerde, yoğun bakım ünitelerinin büyüklüğüne bağlı olarak hasta sayısının fazla olması durumunda üniteye yatak eklenebilmektedir. Fakat talimatlarla alet ekipmanlar arasındaki mesafeler belirlendiği için eklenecek yatak sayısı da sınırlı olabilmektedir. Yoğun bakım ünitelerinde yatak ve cihaz alanlarını dikkate alan bazı düzenlemeler şu şekildedir (Resmi Gazete, 2011-28000):

- Destek alanları hariç, her yenidoğan yoğun bakım yatağı başına en az 6 m^2 alan ayrılır ve her kuvöz için; birinci seviyede 90 cm, ikinci seviyede, 120 cm ve üçüncü seviyede 180 cm yataklar arası mesafe bırakılır.
- Temas izolasyon odalarının tek yataklı olarak düzenlenmesi zorunlu olup yenidoğan yoğun bakım servisindeki izolasyon odaları için giriş alanı dahil en az 10 m^2 alan gerekmektedir.

Alet-ekipmanların depolanması için tahmini alanlar yoğun bakım ve orta düzey bakım gerektiren bebekler için talimatlarla belirlenmiştir. Yatak ve cihaz alanlarında yapılan düzenlemeler gibi bebek sayısı ile hemşire sayısı arasındaki oran da talimatlarla belirlenmiştir. Ünitede yatışı gerçekleşen hasta sayısına bağlı olarak vardiyada bulunması gereken hemşire sayısı değişkenlik göstermektedir. Talimatlara uygun hemşire sayısı sağlanmadığı durumda hemşire başına düşen hasta sayısı artabilmekte veya azalabilmektedir. Hemşirenin sorumlu olduğu hasta sayısının artması, hastaya hemşire tarafından yeterli ilginin gösterilememesine ve tedavi sürecini hızlandırmaya çalışırken hijyen koşullarına uyulamamasına neden olmaktadır. Hijyen koşullarının sağlanamaması, hastaların enfeksiyon edinme riskini arttırmakta ve iyileşme süreci üzerinde olumsuz etki yaratmaktadır. Talimatlara uygun olmayan sağlık ortamı hastaların sağlık durumlarının olumsuz etkilenmesine ve belirsiz olan yatış sürelerinin daha da uzamasına neden olmaktadır. Sorumlu olunan hasta sayısının az olması ise ihtiyaçtan daha fazla hemşire istihdam edilmesine ve dolayısıyla hastane açısından maliyetlerin artmasına neden olmaktadır. Kaliteli hizmeti minimum maliyetle gerçekleştirmek hastane politikaları arasında bulunduğu için bu durum hastane yönetimi tarafından istenmemektedir.

Yatış süresinde yaşanan belirsizlikler yoğun bakım ünitesinin fiziki ortamı kadar hastalara uygulanacak invaziv girişim planlarının oluşturulmasında da büyük öneme sahiptir. Yoğun bakım ünitesinde tedavi süresince yenidoğanlar kateter, damar yolu vb. invaziv girişimlere maruz kalmaktadır. Enfeksiyon oranları farklı olmasına rağmen tüm invaziv girişimler yenidoğanın dış ortam ile temas etmesine ve enfeksiyon kapmasına neden olmaktadır. Daha önce anlatıldığı üzere YBÜ'de gelişen enfeksiyonlar genellikle invaziv girişimlerden olan kateterlerle ilişkilidir. Kateterlerin kullanım süresi, damar yolu sayısı, üretiminde kullanılan malzeme gibi özelliklerine göre birçok çeşidi bulunmaktadır. Kateterlere ait her bir özellik enfeksiyon oranı üzerinde farklı etkilere sahiptir. Kateter enfeksiyonu oranları yüzde veya 1000 kateter günü başına enfeksiyon olarak tanımlanmaktadır. Kateter

ilişkili enfeksiyon oranları yaklaşık %3-20 arasında değişmekte olup kateter çeşitlerine göre enfeksiyon oranları değişmektedir (Hakyemez, 2008). Kateter çeşidine göre enfeksiyon oranları Çizelge 1.1.'de verilmiştir. YYB'de periferik ve santral kateterler yaygın kullanılmaktadır. Periferik kateter iğne ucu küçük, santral kateterlerin ise iğne ucu büyüktür.

Çizelge 1.1. Kateter Tipine Göre Enfeksiyon İnsidansları (Henderson 2000, Pearson 1996)

Kateter Tipi	**Enfeksiyon İnsidansı (%)**
Periferik IV kateter	0.2-0.5
Kısa Süreli SVK	3.8-12.0
Total Parenteral beslenme	7.0-10.0
Multilümenli kateterler	12.8

Kateter ilişkili enfeksiyonların nedenleri konak, kateter ve hastane ile ilişkili olabilmektedir. Kateter enfeksiyonlarının kateterle ilişikili nedenleri şu şekilde özetlenebilir (Hakyemez, 2008):

- Kateter tipi: Kateterin plastik olması çelik olmasına göre, polivinil klorür olması teflon ve poliüretan olmasına göre daha yüksek risk grubunu oluşturmaktadır.
- Kateterin uzun, kalın, sert ve çok lümenli olması kateterin kısa, ince fleksibl ve tek lümenli olmasına göre daha yüksek enfeksiyon riski oluşturmaktadır.
- Kateter yerleşim yeri: Kateterler yerleşim yerlerine göre santral kateterlerin enfeksiyon oranı periferik kateterlerin enfeksiyon oranlarından daha yüksek olmaktadır.
- Kateter yerleşim şekli de kateterin enfeksiyon riski üzerinde etki göstermektedir.

Yoğun bakım ünitesinde periferik ve santral venöz kateterler çok sık kullanılmaktadır ve periferik venöz kateterlerin enfeksiyon oranı santral venöz kateterlere göre daha düşüktür (Bakır, 2006). Fakat periferik venöz kateterinin takılması hemşire deneyimine bağlı olmakta ve her bir kateter takımı için ortalama 3 deneme yapılmaktadır. Her bir deneme hastaya uygulanan invaziv girişim sayısını arttırdığı için periferik damar yolu kullanılmasında malzeme ihtiyacı, maliyeti ve enfeksiyon oranı artabilmektedir. YYBÜ'lerde periferik ve santral venöz kateterler kadar sık kullanılan PICC-line kateterler, periferik yolla takılan santral venöz kateterlerdir. PICC-line kateterlerin maliyeti, periferik ve santral venöz kateterlere göre yüksek olmasına rağmen enfeksiyon oranları düşüktür. Her çeşit kateterin kullanım süresi, enfeksiyon oranı, maliyet gibi hasta ve hastane açısından önemli özelliklerinin birbirinden farklı olması uygulanacak kateter planının doğru seçilmesinin önemini arttırmaktadır. Kateter çeşitlerinin kullanım sürelerindeki farklılık, kateter seçimi yapılırken hastanın hastanede kalacağı sürenin de dikkate alınmasını gerekli kılmaktadır.

Mevcut durumda YYBÜ'den sorumlu hemşire ve doktor görüşleri doğrultusunda sezgisel olarak hastalar için yatış süresi tahmini yapılmaktadır. Bu tahmine bağlı olarak her hasta için kateter planı oluşturulmakta ve kateter ihtiyacı haftalık partiler halinde verilmektedir. Mevcut sistemde yatış süresinin hastanın yatış anında doktor veya hemşire deneyimine göre tahmin edilmesi, hastanın tahmin edilen ve gerçekleşen yatış süresi değerleri arasında büyük farklar oluşmasına neden olmaktadır. Hastanın gerçekleşen yatış süresinin tahmin edilenden uzun olması, sipariş verilen kateterin kullanım süresinin gerçekleşen yatış süresine uygun olmamasına ve yeni kateter siparişi verilmesine neden olabilmektedir. İkinci bir kateter girişiminin enfeksiyon riskini 7 kat arttırdığı bilinmektedir. (Öcal ve Dolapçı, 2012). Bu oran kateter planının gerekli kullanım süresinden az belirlenmesi durumunda yenidoğanlara yeni invaziv girişimler yapılmasına neden olacağı için enfeksiyon edinme oranlarını arttıracaktır. Bu durum enfeksiyon oranı ile beraber malzeme maliyetlerinin de artmasına neden

olabilmektedir. Her bir kateterin takılması için hemşire veya doktorun işlem yaptığı göz önüne alınırsa ekstra kateter takılması malzeme maliyetine ek olarak iş gücü maliyetlerini de arttıracaktır. Tahmin edilen yatış süresinin gerçekleşen yatış süresinden fazla olması ise uzun süreli kullanıma sahip, maliyeti yüksek kateterin gereksiz yere kullanılmasına neden olmaktadır. Bu durum her bir hasta yenidoğana uygulanacak kateterin çeşit ve sayısının yenidoğanın yatış süresine önemli seviyede bağlı olduğunu ve yatış süresinin doğru belirlenmesinin önemini göstermektedir.

Yatış süresinin doğru ve erken belirlenmesi yenidoğan sağlığı açısından önemli olduğu kadar hastane maliyetleri açısından da büyük öneme sahiptir. Sağlık kuruluşları organizasyonel ve ekonomik nedenlerden dolayı yatış süresinin erken belirlenmesi ile ilgilenmektedir (Ryan ve ark., 1988). Ryan ve ark. (1988), hastane maliyetlerini direkt tedavi maliyetleri, hasta tedavi maliyetleri ve genel servis maliyetleri olmak üzere 3 grupta özetlemiştir ve yatış süresinin her bir günlük artışı bu maliyetleri doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle yatış süresinin belirlenmesi ve yatış süresine bağlı kateter maliyetini minimize edecek kateter planlarının oluşturulması büyük önem arz etmektedir.

Kateter planlarının oluşturulmasında hasta açısından enfeksiyon minimizasyonu, sağlık kuruluşu açısından ise hem enfeksiyon hem de maliyet minimizasyonu önem göstermektedir. Ayrıca oluşturulan kateter planlarının, kateter özelliklerine göre kullanılabilecekleri süre belirlidir. Oluşturulan kateter planlarının kullanılabileceği sürenin, hastanın yatış süresinden fazla olan kısmı kateter kullanımı için ek süre olarak tanımlanmıştır. Farklı kateter planlarının aynı enfeksiyon ve maliyet değerlerine sahip olması durumunda, optimum kateter planının kullanılabileceği ek sürenin maksimum olanın seçilmesi hasta ve hastane açısından esneklik sağlamaktadır.

YYBÜ'de yatış süresinin rassal ve kateter çeşit sayısının fazla olması, yenidoğana enfeksiyonu ve maliyeti minimize, ek süreyi ise maksimize eden kateter planlarının oluşturulmasını zorlaştırmaktadır. Bu durum yenidoğanlara

yanlış invaziv girişimlerin uygulanmasına, bazı durumlarda yüksek enfeksiyona bağlı ölümlere, artan enfeksiyona bağlı yüksek dozlarda ilaç kullanılmasına ve hastane maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır.

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacını YYBÜ'de yatış anında hasta özelliklerine bağlı olarak yatış süresinin doğru tahminlenmesi ve yatış süresine göre minimum maliyet değerine ve enfeksiyon oranına, maksimum ek süreye sahip kateter planının belirlenmesi oluşturmaktadır. Çalışmada, dikkate alınan YYBÜ'de bulunan hastaların yetişkin hastalara göre bağışıklık sistemlerinin daha zayıf olması çalışmanın önemini arttırmaktadır.

Bu amaç doğrultusunda;

- Yatış süresi üzerinde etkili parametrelerin ve etkili parametrelerin etki büyüklüklerinin belirlenmesi,
- YYBÜ'ne hasta yatışı gerçekleştiği andaki verilere göre yatış süresinin tahmin edilmesi,
- YYBÜ kaynaklarının etkin planlanması,
- Kateterlerin enfeksiyon oranlarının incelenmesi,
- Kateter planlarının gün esnekliği kısıtı altında modellenmesi,
- Yenidoğanlara minimum enfeksiyon, minimum maliyet ve maksimum ek süre ile uygulanabilecek kateter planının tek ve çok amaçlı olarak matematiksel modellenmesi,
- Oluşturulan modellerin mevcut optimizasyon paket programlarından faydalanılarak çözülmesi ile yaygın etki oluşturulması,
- Oluşturulan modellerin genetik algoritma ile matematiksel modele göre daha kısa sürede çözüm elde edilmesi,
- Model sonuçlarının karşılaştırılarak uygun yöntemin önerilmesi,

- Model sonuçlarının gerçek verilerle test edilmesi amaçlanmaktadır.

1.3. Çalışmanın Kapsamı

Çalışmanın kapsamında ilk olarak yenidoğan yoğun bakım ünitesinde hastalara ait ilk gün laboratuvar test sonuçlarına göre yatış süresi tahmin edilmiştir. İlk gün laboratuvar testlerinde dikkate alınan parametrelerin yatış süresi üzerindeki etkileri istatistiksel analizlerle incelenmiştir. Yatış süresi üzerinde etkisi olan parametrelerin etki büyüklükleri belirlenerek etkili parametrelere göre yatış süresi modellenmiştir.

Yoğun bakım ünitesinde yatış süresinde hastalara pek çok invaziv girişimde bulunulmaktadır. İnvaziv girişimlerde kullanılan aynı alet-ekipmanın pek çok özelliği gibi kullanım süresi de birbirinden farklı olabilmektedir. Alet-ekipmanların kullanım sürelerinin farklılığı maliyetleri doğrudan etkilemektedir. Her bir alet ekipmanın enfeksiyon oranı da kullanım süresi gibi değişkenlik göstermektedir. Sağlık hizmetlerinde kullanılan alet ekipmanlar için kullanım süresi ile maliyet ve enfeksiyon oranı arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu varsayımı yapılamamaktadır. Enfeksiyon ve maliyet kısıtları dikkate alındığında kısa süreli kullanıma sahip alet ekipmanların birim satın alma fiyatları uzun süreli kullanıma sahip alet ekipmanlardan daha pahalı olabilmektedir. Bu durum enfeksiyon minimizasyonu amaçlandığında, uzun süreli hastane yatışlarında bile kısa süreli kullanıma sahip maliyeti yüksek alet ekipmanların kullanılmasına neden olabilmektedir. Hastane personelinin enfeksiyon ve maliyet arasındaki ödünleşimi dikkate alarak hasta için en uygun kateter planının belirlemesi gerekmektedir. Hastanede kazanılan enfeksiyon yatış süresini uzatabilmektedir. Bu nedenle, kateterlerin kullanılabileceği sürenin, yatış süresinden belli bir gün esnekliğinde büyük olması istenmektedir. Bu çalışmanın kapsamını da yatış süresini ve bu yatış süresine bağlı olarak ödünleşimler dikkate alınarak hasta için optimum invaziv girişim planlarının belirlenmesi oluşturmaktadır.

1.4. Çalışmanın Adımları

Çalışmada izlenen adımlar aşağıda verilmiştir.

i. ***Problemin belirlenmesi:*** Bu adımda çalışmada incelenecek olan problem belirlenmiştir.

ii. ***Literatür taraması:*** İlgili problem konusunda yapılmış olan önceki çalışmalar irdelenmiştir. Önceki çalışmalarda dikkate alınan parametreler ve kullanılan metodolojiler ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

iii. ***Özgün katkıların belirlenmesi:*** Çalışmada dikkate alınan problemin literatürdeki çalışmalardan farklı yönleri belirlenmiştir.

iv. ***Probleme uygun çözüm yöntemlerinin belirlenmesi:*** Problemin çözümünde optimizasyon modelleme ve genetik algoritma modellerinin kullanılmasına karar verilmiştir. Çalışmada birden fazla amaç fonksiyonu dikkate alındığı için çok amaçlı çözüm yöntemlerinden hedef programlama yöntemi kullanılmıştır.

v. ***Problemin çözümü için gerekli verilerin toplanması:*** Çalışmada dikkate alınan bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki fonksiyonel ilişkilerin elde edilmesi ve çözüm metotlarının uygulanabilmesi için gerekli veriler toplanmıştır.

vi. ***Problemin çözümü için gerekli istatistiksel analizlerin yapılması:*** Fonksiyonel ilişkilerin belirlenmesinde kullanılacak parametreler istatistiksel analizler ile belirlenmiştir. İstatistiksel analizler, istatistik paket programlar kullanılarak yapılmıştır.

vii. ***Problemin çözümü için gerekli fonksiyonel ilişkilerin oluşturulması:*** Matematiksel modelde kullanılmak üzere bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki fonksiyonel ilişkiler elde edilmiştir. Elde edilen formülasyonlar birbiri ile karşılaştırılarak mevcut verilerle bağımlı değişkeni en iyi açıklayan model çalışmada kullanılmak üzere seçilmiştir.

viii. ***Problemin matematiksel modelinin oluşturulması:*** Çalışmada dikkate alınan amaç fonksiyonları ve kısıtlar dikkate alınarak problemin matematiksel modeli geliştirilmiştir.

ix. ***Matematiksel modelin çözümü:*** Tek ve çok amaçlı kurulan optimizasyon modellerin çözümü Gams optimizasyon paket programı kullanılarak elde edilmiş ve yorumlanmıştır.

x. ***Metasezgisel algoritma ile modelin çözülmesi:*** Metasezgisel modellerden genetik algoritma ile problem çözülmüştür. Tek amaçlı ve çok amaçlı modeller için genetik algoritma modelleri Matlab programında oluşturulmuş ve çözümler elde edilmiştir.

xi. ***Sonuçların değerlendirilmesi:*** Matematiksel model ve genetik algoritma modelleri ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır.

xii. ***Gelecek çalışmalar için önerilerin sunulması:*** Sonuçlar dikkate alınarak gelecek çalışmalarda yapılabilecekler önerilmiştir.

1.5. Orjinal Katkılar

Çalışmanın orjinal katkıları aşağıda verilmiştir:

1. İlk gün laboratuvar testlerinde dikkate alınan parametrelerin yatış süresi üzerindeki etkileri analiz edilmiş ve etkili parametrelerin etki büyüklükleri belirlenmiştir.
2. YYBÜ'de yatış süresinin belirlendiği çalışmalar bulunmaktadır. Fakat bu çalışmalarda YYBÜ'de kullanılan skorlama sistemlerine dayalı yatış süreleri belirlenmektedir. Skorlama sistemlerindeki puanlamalar doktor tarafından yapıldığı için skorlama sonucu doktor deneyimine göre değişebilmektedir. Bu çalışmada skorlama sistemlerinden ve dolayısıyla doktor deneyiminden bağımsız olarak, hastaların ilk gün laboratuvar test sonuçlarına bağlı yatış süresi belirlenmiştir.

3. Yatış süresinin modellenmesinde BSI modellerine daha önce rastlanmamıştır. Bu çalışma bu yönüyle özgün bir katkı sağlamaktadır.
4. İnvaziv girişimlerden kateterlerin enfeksiyon oranlarının alt ve üst sınır değerleri kullanılarak enfeksiyon oranları olasılık dağılımı olarak tanımlanmıştır.
5. Yatış süresine bağlı yenidoğanlara uygulanacak kateter planları oluşturulmuştur.
6. Kateter planları oluşturulurken enfeksiyon minimizasyonu, maliyet minimizasyonu ve ek süre maksimizasyonu aynı modelde amaçlanmıştır.
7. Genetik algoritma modeli kullanılarak öncelikli hedef programlama yaklaşımıyla kateter planları oluşturulmuştur.
8. Geliştirilen yaklaşımın uygulaması gerçek veriler kullanılarak ayrıntılı bir şekilde sunulmuştur.

1.6. Çalışmanın Organizasyonu

Çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde sırasıyla; ikinci bölümde yenidoğanlar ile ilgili yatış süresi, enfeksiyon ve kateter planları ile ilgili daha önce yapılmış çalışmalara yer verilmiştir. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılmak üzere toplanan veriler, kurulan modeller ve kullanılan metotlar açıklanmıştır. Dördüncü bölüm kullanılan metotların özel bir hastanenin YYBÜ'de uygulanmasını ve elde edilen sonuçların yorumlanmasını kapsamaktadır. Son bölümde ise çalışmanın sonuçları verilmiş ve gelecek çalışmalara önerilerde bulunulmuştur.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çalışma konusu ile ilgili yapılan literatür taraması yatış süresinin belirlenmesi, kateter ilişkili enfeksiyon ve kateter modellemesi konulu çalışmalar kapsamında incelenmiştir.

2.1. Yatış Süresinin Belirlenmesi Literatür Taraması

2.1.1. Hastane genelinde yatış süresinin belirlenmesi

Hastane genelinde yatış süresinin belirlenmesi ile ilgili çalışmalar kronolojik sıraya göre bu bölümde verilmiştir.

Gold ve ark. (1993), çalışmalarında özel psikiyatrik hastanede yatış süresi tahminleyicilerini belirlemeye çalışmıştır. 4-12 yaş aralığındaki çocuklarda 47 demografik, psikososyal stresor, psikopatoloji ve yerleştirme değişkenleri ile yatış süresi arasındaki ilişki istatistiksel olarak incelenmiştir. İstatistiksel olarak anlamlı bulunan değişkenlere bağlı yatış süresinin çoklu regresyon modelleri oluşturulmuştur.

Huntley ve ark. (1998), çalışmalarında çok değişkenli istatistiksel analizlerle psikiyatri hastanesinde yatış süresinin tahminlemesinde hasta ile ilişkili parametreleri belirlemeye çalışmıştır. Çalışmada stepwise çoklu regresyon analizi kullanılmıştır.

Kim ve ark. (2000), çalışmalarında anestezi sonrası bakım ünitesinde yatış süresinin belirlenmesi ile hem birimin kullanımını arttırmayı hem de ameliyathane kaynaklarının daha etkin kullanımını hedeflemişlerdir. Yatış süresi belirlenirken yapay sinir ağları ve lojistik regresyon yöntemleri kullanılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Lojistik regresyon ile %65, yapay sinir ağları ile %81.4 doğru tahminleme yapılmıştır. Çalışmada yapay sinir ağlarının, lojistik regresyona göre daha iyi tahminleme performansına sahip olduğu belirtilmiştir.

Ottenbacher ve ark. (2001), retrospektif yaptıkları çalışmada tıbbi rehabilitasyon sonucunda hastaneye tekrar yatan felç hastaların yatış süresi yapay

sinir ağı ve lojistik regresyon yöntemleri ile belirlenmiştir.

Blais ve ark. (2003), çalışmalarında akut bakım medikal psikiyatrik hasta servisinde çok değişkenli istatistiksel analizlerle yatış süresi belirlenmiştir. Çalışmada hastaların demografik özellikleri, hastalık değişkenleri ve tedavi değişkenleri dikkate alınmış ve çoklu regresyon analizi ile modellenmiştir. R^2 değeri %62 olarak bulunmuştur.

Walsh ve ark. (2004), çalışmalarında çocuk bronşiyolitis hastaların yatış süresinin belirlenmesinde yapay sinir ağı ve lojistik regresyon modellerinden faydalanmıştır.

Hussey ve Guo (2005) çalışmalarında yaş ortalaması 9.86, standart sapması 1.84 olan çocuklar üzerinde yürüttükleri çalışmada yatış süresinin tahminlenmesinde kullanılabilecek parametrelerin tanımlanmasını amaçlamıştır. Çalışmada Cox regresyon modeli kullanılmış ve ebeveynlerin alkol alışkanlığı, çocukların yaşı, ilaç durumu, ırkı, başlangıç Devereux Zihinsel Bozukluk Ölçek puanı ve kritik patoloji sonuçları yatış süresi için tahminleyici olarak belirlenmiştir.

Appelros (2007), felç hastalarda akut ve toplam yatış süresini incelemiştir. Hastaların yaş, cinsiyeti, sosyal faktörleri, risk faktörleri, bunama, felç tipi ve şiddeti ile beraber NIH felç skala ölçüm sonuçları kayıt altına alınmıştır. İnme şiddeti hem akut hem toplam yatış süresinin tahminlenmesinde güçlü ve güvenilir bir tahmin edici olarak belirlenmiştir. Çalışmada tek değişkenli ve çok değişkenli analizlerde ve Pearson korelasyon analizlerinin yapılmasında SPSS paket programı kullanılmıştır.

Ohwaki ve ark. (2008), çalışmalarında intraserebral hemoraji hastaların yatış süresi ile enfeksiyon ilişkisini incelemiştir. Yoğun bakım ünitesinde yatışların uzunluğu üzerinde cinsiyet, yaş, Glasgow Koma Ölçek skoru, cerrahi müdahale ve komplikasyon enfeksiyonu klinik bulguları istatistiksel analiz sonucunda önemli bulunmuştur. Cinsiyet, yaş, Glasgow Koma Ölçek skoru, cerrahi müdahale ve komplikasyon enfeksiyonu bağımsız değişken olarak belirlenmiş ve çoklu regresyon modeli ile yoğun bakım ünitesinde kalış süresi modellenmiştir. Elde

edilen modelin R^2 değeri %55 olarak bulunmuştur.

Yang ve ark. (2010), çalışmalarında ateş hastalarında 3 farklı klinik durumda (kabul, akut, tedavi sonrası) yatış süresi tahmini yapmıştır. Tahminlemede iki tane yapay zeka (model ağacına dayalı regresyon ve destek vektör makineleri) modeli oluşturulmuş ve doğrusal regresyon modeli ile sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda yapay zeka tabanlı modellerin, özellikle destek vektör makineleri regresyon modelinin, tüm klinik durumlarda yatış süresini daha iyi performansla tahminlediği belirtilmiştir.

Suresh ve ark. (2015), çalışmalarında parçacık sürüsü algoritması ve geri yayılım algoritması ile yatış süresi belirlemiştir. Çalışmada ameliyat ve acil gibi özel durumlar, birincil durum grupları (Primary condition group) ve Charlson indeks değeri girdi parametresi olarak alınmıştır.

Tabur ve ark. (2015), çalışmalarında akut ayak ülserasyonlu şeker hastalarında yatış süresi ve amputasyon tahminleyicilerini belirlemeye çalışmıştır. Korelasyon analizi sonucunda yatış süresi ile amputasyon oranı arasında negatif korelasyon, WBC, ESR, CRP, Wagner derecesi ve enfeksiyon şiddeti arasında pozitif korelasyon olduğunu belirlemişlerdir. Çalışmada örneklem dağılımları Kolmogorov-Simirnov testi, bağımsız örneklem karşılaştırmalarında Student's t testi veya Mann-Whitney U testi, kategorik değişkenler arasındaki farklılığın incelenmesinde Ki-kare testi kullanılmıştır. Pearson korelasyon analizi ile de yatış süresi ile klinik ve laboratuvar parametreleri arasındaki korelasyon incelenmiştir.

Bazzi ve ark. (2015), 186 hasta ile yürüttükleri çalışmalarında robotik parsiyel nefrektomi sonrası yatış süresini belirlemeye çalışmıştır. Tek ve çok değişkenli istatistiksel analizler sonucunda robotik parsiyel nefrektomi sonrası yatış süresi üzerinde yaş, cinsiyet, medikal komorbiditeler ve tümör boyutunun etkili olduğu belirlenmiştir.

Gholipour ve ark. (2015), çalışmalarında travmatik hastaların yoğun bakım ünitesinde yatış sürelerini yapay sinir ağı modeli ile tahminlemiştir.

LaFaro ve ark. (2015), kalp ameliyatı sonrasında yoğun bakım ünitesinde

yatış süresi hasta özelliklerine bağlı olarak yapay sinir ağları ile tahminlemiştir.

2.1.2. Yenidoğan Ünitesinde Yatış süresinin belirlenmesi

Yenidoğan ünitesinde yatış süresinin belirlenmesi ile ilgili çalışmalar kronolojik sıraya göre bu bölümde verilmiştir.

Zernikow ve ark. (1999), çalışmalarında erken yeni doğan bebeklerin yaşamlarının ilk gün alınan 40 parametre değerine göre hastanede yatış süreleri yapay sinir ağları ve çoklu lineer regresyon modeli ile belirlenmiştir. Çalışma sonucunda ilk gün verilerinin yatış süresinin belirlenmesinde etkili olabileceği belirtilmiştir.

Silva ve ark. (2001), yenidoğanlarda erken ve geç başlangıçlı kan enfeksiyonunu inceledikleri çalışmada risk faktörleri çoklu lojistik regresyon modeli ile modellenmiştir. Çalışma sonucunda erken ve geç başlangıçlı kan enfeksiyonunun yenidoğanlarda uzun yatış sürelerine ve mortalitenin artmasına neden olduğunu belirtmişlerdir.

Seaton ve ark. (2006), çalışmalarında yenidoğan yatış süresinin belirlendiği ve MEDLINE, EMBASE, Scopus veritabanlarında bulunan 7996 adet çalışmayı incelemiştir. Yatış süresinin tahminlenmesinin kaynak planlama, karar verme ve ebeveyn danışmanlığı konularında önemli olduğu vurgulanmıştır. Doğum ağırlığı ve gebelik haftası gibi inherent bilgilerle yatış süresinin belirlenmesinin kolay olduğu fakat yenidoğanlarda erken ortaya çıkan faktörlerin de yatış süresinin tahminlenmesinde etkili olabileceği belirtilmiştir.

Berry ve ark. (2008), çalışmalarında Kanada'da yenidoğan yoğun bakım ünitesinde lojistik regresyon modeli ile mortalite ve yatış süresini belirlemiştir. Çalışmada demografik özellik olarak doğum ağırlığı, doğum haftası, cinsiyet, 5. Dakika Apgar skoru, hastaneye yatış günü, SNAP-II ve SNAPPE-II değerleri dikkate alınmıştır. Başka bir hastaneden transfer, konjenital anomalilerin varlığı ve ameliyat ihtiyacı olmak üzere üç farklı durum dikkate alınmıştır. İstatistiksel analizler sonucunda yatış süresinin ve mortalitenin belirlenmesinde SNAPPE-II,

başka bir hastaneden transfer, konjenital anomalilerin varlığı ve ameliyat ihtiyacı bağımsız tahmin ediciler olarak belirlenmiştir.

Jeremic ve Tan (2008), çalışmalarında kalp atış hızı ve fizyolojik değerler kullanılarak markov zincirleri modeli ile yeni doğan yoğun bakım ünitesinde yatış süresini belirlemiştir.

Manktelow ve ark. (2010), çalışmalarında İngiltere'de çok erken doğan yenidoğanların yatış süresini belirlemiştir. 30 farklı yenidoğan ünitesinde yürütülen çalışmada çok erken doğan bebeklerin yatış süresinin gebelik haftası ve klinik bulgulara bağlı olduğu belirtilmiştir. Yatış süresi belirlenirken kantil (quantile) regresyon modelleri STATA V.10.0 ve SAS V.9.1 programlarında modellenmiştir. Modellerde cinsiyet, doğum yılı, CRIB II, 1. ve 5. dakika Apgar değerleri ve çoklu hamilelik incelenmiştir.

Weisgerber ve ark. (2011), geçmiş verilerle yapılan çalışmalarında bronşiyolit olan yenidoğanlarda yatış süresi ile çeşitli klinik bulguların ilişkisini belirlemeyi ve bilinen risk faktörleri ve hastaneye gelinen ilk 2 günlük klinik bulgularla yatış süresi tahmin modeli geliştirmeyi amaçlamıştır. Çalışmada yatış süresi kısa ve uzamış olmak üzere iki grupta incelenmiştir. Çalışmada yaş, gebelik haftası, ırk, cinsiyet, ateş, kalp koşulları vb. veriler dikkate alınmıştır. Değişkenler normal dağılıma uymadığı için gruplar arası fark Mann–Whitney testi ile, ikili değişkenler ise ki-kare veya Fisher's exact testi ile analiz edilmiştir. Çalışmada bronşit hastaları için yatış süresinin belirlendiği ilk model olan Milwaukee Modeli geliştirilmiş ve Michigan Lojistik Regresyon Modeli ve Rotterdam Model sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Milwaukee (85%), Michigan (85%) ve Rotterdam Modeli (98%) olmak üzere iyi duyarlılık değerlerine sahiptir. Fakat Milwaukee Modelinin (%82) özgüllük (specificity) değeri de iyi olmasına rağmen Michigan and Rotterdam Modelleri için sırasıyla (46% and 44%) olmak üzere düşük özgüllük değerleri elde edilmiştir.

Pepler ve ark. (2012), çalışmalarında Güney Afrika'da özel bir hastanenin yenidoğan yoğun bakım servisinde kolay ulaşılabilen perinatal verilerle mortalite

ve yatış süresini belirlemeyi amaçlamıştır. 15 adet yenidoğan yoğun bakım merkezi ile yürütülen çalışmada yatış süresi poisson log-linear model ile modellenmiş ve R^2 değeri 0.7027 olarak bulunmuştur. Çalışmada birinci dakikada elde edilen Apgar skorunun, doğum ağırlığının ve annenin etnik yapısının yatış süresi üzerinde etkili olduğu; hastanenin bölgesinin, cinsiyetin ve bebeğin ateşinin yatış süresi üzerinde etkili olmadığı belirtilmiştir.

Corneli ve ark. (2012), çalışmalarında Amerika Birleşik Devletleri'nde yenidoğan yatış nedenlerinden olan bronşiyolitin başlangıç klinik özelliklerini ve uzun yatış sürelerini incelemişlerdir. 20 adet acil departmanında yürütülen çalışmada 2-12 aylık ciddi bronşiyolit olan 598 yenidoğan dikkate alınmıştır. Yatış süreleri belirlenirken regresyon ağaçları ve lojistik regresyon analizleri kullanılmıştır. Çalışmada yaş, cinsiyet, hastalık günü, solunum sıkıntısı değerlendirme enstrüman skoru ve nabız oksimetresi ile oksijen satürasyon parametreleri dikkate alınmıştır.

Bender ve ark. (2013), çalışmalarında yenidoğanların doğum ağırlığı, gebelik haftası, the score for neonatal acute physiology, perinatal extension (SNAPPE) ve yenidoğanlar için morbidite değerlendirme indeksi (MAIN) değerlerine göre yatış süresi tahminlenmiştir. Çalışmada birinci, üçüncü ve yedinci gün verileri kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen en iyi R^2 değeri 0.786'dır.

DeRienzo ve ark. (2016), çalışmalarında yenidoğan yoğun bakım ünitesinde ortalama yatış süresi, maliyet ve klinik sonuçlar arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Yoğun bakım sisteminde önemli rasgele bileşenlerin ve aşırı kompleks matematiksel ve mantıksal ilişkiler bulunduğu için çalışmada kesikli simülasyon modeli kullanılmıştır. Model sonuçları yatış süresinin azaltılmasının hastane kaynak kullanımını aynı oranda azaltmayacağını göstermektedir.

Lee ve ark. (2016), çalışmalarında yenidoğan yoğun bakım ünitesinde yatış süresini belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışmada yatış süresi üzerindeki risk faktörü olarak doğum ağırlığı belirlenmiş ve doğum ağırlığı sınıflandırılmıştır. Sınıflandırmaya göre yatış süresinin medyanı doğum ağırlığı <1000gram olanlar

için 79 gün, doğum ağırlığı 1000-1500gram olanlar için 46 gün, doğum ağırlığı 1500-2500 gram olanlar için 21 gün ve doğum ağırlığı >=2500 gram olanlar için 8 gün olarak belirlenmiştir. Doğum ağırlıklarına göre sosyo-demografik ve medikal faktörlere bağlı çok değişkenli regresyon modelleri ile yatış süresi incelenmiştir. Çalışma sonucunda yatış süresi tahmin modelinin düşük doğum ağırlıklı yenidoğanlar için yüksek doğum ağırlıklı yenidoğanlardan daha iyi performansa sahip olduğu belirtilmiştir.

2.2. Kateter İlişkili Enfeksiyon ile İlgili Literatür Taraması

Çalışma kapsamında optimum kateter planları belirlenirken enfeksiyon minimizasyonu amaçlanmıştır. Kateter ilişkili enfeksiyonlar hastanede kazanılan enfeksiyonların başlıca nedenleri arasında bulunmaktadır. Bu nedenle kateter ilişkili enfeksiyon ile ilgili literatür taraması yapılmış ve kronolojik sıraya göre bu bölümde verilmiştir.

Sohn ve ark. (2001), çalışmalarında yeni doğan yoğun bakım ünitesinde enfeksiyon nedenlerini ve risk faktörlerini belirlemeyi ve önlemeyi hedeflemiştir. Hastanede kazanılan enfeksiyona neden olan bakteriler ve bunların risk puanları belirlenmiştir. Birden fazla hastanede yürütülen çalışmada; hastane özelliklerine, yeni doğan yoğun bakım ünitesinin özelliklerine, hastalara ve hastalık sonuçlarına yer verilmiştir. Doğum ağırlığı ve bakterilerin dağılımına ait basit istatiksel incelemeler çalışmada bulunmaktadır.

Chapman ve Stoll (2002), çalışmalarında yeni doğan yoğun bakımda kazanılan enfeksiyonlardan korunma yollarını incelemişler ve özellikle düşük doğum ağırlığındaki bebeklerin enfeksiyona yakalanma risklerinin daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Nozokomiyal enfeksiyonlardan etkili bir şekilde korunabilmek için epidemolojinin (salgın hastalık) geniş çapta araştırılması, hasta ve çevre risk faktörlerinin belirlenmesi ve bakım odalarında enfeksiyon kontrol politikalarının uygulanması gerekmektedir. Çalışmada epidemoloji, kateter varlığı, el yıkama, yeni doğan cilt bakımı, ekipmanlara yer verilmiş ve enfeksiyonu önleme

stratejileri olarak; bakım odalarının tasarımı, hemşire/hasta oranı, el yıkama, kateter kontaminasyon riski minimizasyonu, personelin sürekli eğitimi ve sürekli kontrol yapılması verilmiştir.

Auriti ve ark. (2003), yeni doğan yoğun bakım ünitesinde 48 saat veya daha fazla yatan 280 hasta üzerinde yapılan çalışmada ilk 12 saat ve sonrasındaki süre arasındaki ilişki SPSS 10 programında Ki-kare ve çok değişkenli regresyon analizi ile incelenmiştir. Çalışma sonucunda en azından bir tane bile enfeksiyon kazanan bebeklerde mortalite oranının hiç enfeksiyon kazanmayan bebeklere göre daha yüksek olduğu ortaya konulmuştur. Çoklu regresyon analizi ile hastanede kazanılan enfeksiyonun düşük gebelik haftası ve damar içi kateter varlığı ile ilişkili olduğu ve mortaliteyi arttırdığı belirlenmiştir. Çalışmada hastanede enfeksiyon kazanılmaması, enfeksiyon kazanılması ve hastanede sepsis olunması durumları için istatistiklere yer verilmiş ve klinik karakteristiklerin (cinsiyet, doğum ağırlığı, doğum haftası, ikiz doğumu, apgar skoru, sıcaklık vb.) analizleri yapılmış ve %95 güvenle bu karakteristiklerin enfeksiyon üzerindeki önemi incelenmiştir.

Hwang ve ark. (2005), çalışmalarında doğum ağırlığı 1000 gramın altında olan yeni doğan bebeklerde klinik stratejilerle nozokomiyal sepsisin azaltılmasını hedeflemiştir. Uygulanan klinik stratejiler; antibiyotik kullanımının azaltılması, göbek damar kateterizasyon ve entübasyon gibi invaziv prosedürlerin daha az kullanımı, el yıkama kuralları, bebeklerin taşınması ve merkezi intravasküler doğru yönetimi konularını kapsamaktadır. Uygulamalar sonucunda nozokomiyal sepsis oranının önemli derecede azaldığı gözlenmiştir. Çalışmada dikkate alınan risk faktörlerinin performansı çoklu lojistik regresyonla; kategoriler arası fark Ki-kare testi ile SPSS 11.5 programında incelenmiştir.

Jeong ve ark. (2006), çalışmalarında yeni doğan yoğun bakım ünitesinde oluşan enfeksiyon oranları, ana enfeksiyon bölgesi ve en sık görülen mikroorganizmaları belirlemeyi amaçlamıştır. 489 yeni doğanla geçmişte var olan verilerle yapılan çalışmada en yaygın enfeksiyonlar belirlenmiştir. 1500 gramdan az, 32 haftadan erken doğan ve Apgar skoru 8'den küçük olan yeni doğanların

nozokomiyal enfeksiyon ile ilişkisi incelenmiştir. Çalışmada dikkate alınan genel karakteristikler; cinsiyet, doğum ağırlığı, doğum haftası, 1. Dakikada Apgar skoru, 5. Dakikada Apgar skoru, doğum şekli, hastane departmanı ve hastanede kalış süresidir.

Mireya ve ark. (2007), pediatrik ve yeni doğan yoğun bakım ünitelerindeki nozokomiyal enfeksiyonları incelemiştir. Her iki yoğun bakımda da en yaygın görülen mikroorganizmanın gram-pozitif bakterileri olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yeni doğan yoğun bakım ünitesindeki enfeksiyonlarda 1000 gramdan daha düşük doğum ağırlıklarının ve arter kateterizasyonunun en önemli risk faktörleri olduğu belirlenmiştir.

Távora ve ark. (2008), geriye dönük verilerle yapılan çalışmalarında Brezilya'da yeni doğan yoğun bakım ünitesindeki nozokomiyal risk faktörlerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Ki-kare ve çok değişkenli lojistik regresyon analizleri SPSS 10 programı kullanılarak yapılmış ve istatistiksel anlamlılık ölçülmüştür. Risk faktörleri ile nozokomiyal enfeksiyon ilişkisine Ki-kare testi ile bakılmış ve çok değişkenli lojistik regresyon analizi ile de bağımsız risk faktörleri belirlenmiştir ($p<0.05$). Çalışma sonucunda nozokomiyal enfeksiyonun temelinde en yaygın enfeksiyon olarak kan dolaşım enfeksiyonu (68.1%) belirlenmiştir. Çok değişkenli analiz ile nozokomiyal enfeksiyon risk faktörleri; doğum ağırlığı, parenteral beslenme, kateter, anneni sahip olduğu hastalıklar olarak belirlenmiştir. Risklerin belirlenmesi ile mortalite oranlarının minimize edilmesi amaçlanmaktadır. Nozokomiyal enfeksiyona bağlı hastanede yatış süresinin de maliyetler üzerinde etkili olduğu çalışmada belirtilmiştir.

Richards ve ark. (2010), çalışmalarında tıbbi cerrahi (medical-surgical) yoğun bakım ünitelerinde oluşan enfeksiyonların genellikle kullanılan invaziv girişimlerle alakalı olduğunu belirtmiştir. Çalışmada santral line, ventilator ve üriner kateter için cihaz kullanım oranı cihaz kullanım gün sayısı toplam hasta-gün sayısına bölünerek hesaplanmıştır.

Downey ve ark. (2010), çalışmalarında nozokomiyal sepsisde düşük

doğum ağırlığı, düşük gebelik haftası, düşük el hijyeni, kateter durumunu risk faktörü olarak belirlemişlerdir. Geç başlangıçlı sepsisden korunmada ise beslenme ve gelişmiş el hijyeni üzerinde durulmuştur.

Chien ve ark. (2002), çalışmalarında yenidoğan yoğun bakım ünitesinde santral venöz kateterin nozokomiyal kan dolaşımı enfeksiyonu ile ilişkisi analiz edilmiştir. 17 adet yenidoğan yoğun bakım servisinde yürütülen çalışmada hesaplamalar 1000 hasta günü üzerinden yapılmıştır. Santral venöz kateter risk oranı hesaplanırken kateterli gün sırasındaki enfeksiyon oranı katetersiz gündeki enfeksiyon oranına bölünerek hesaplanmıştır. Elde edilen değerler poisson regresyon modeli ile modellenmiştir. Santral venöz kateter nozokmiyal kan dolaşım enfeksiyonunu arttırdığı ve Kanada'da bulunan yenidoğan yoğunbakım üniteleri arasında SVK ilişkili enfeksiyon riskleri arasında önemli farklılıkların olduğu belirtilmiştir.

Bekhof ve ark. (2013), çalışmalarında erken doğan bebeklerde (34 haftadan önce) laboratuvar sonuçları olmadan klinik bulgulara göre geç başlangıçlı yeni doğan sepsis tanısının konulabilmesini amaçlamışlardır. Çalışma sonuçlarına göre artan solunum desteği, kapiller dolum, gri deri ve santral venöz kateter erken doğan bebekte geç başlangıçlı sepsis şüphesi uyandıran bulgular olarak belirlenmiştir.

Shah ve ark. (2013) yoğun bakım ünitelerinde oluşan kan dolaşım enfeksiyonlarına genellikle damar içi kateterlerin neden olduğunu belirtmiştir. Kateterlerin neden olduğu kan dolaşım enfeksiyonunun hasta, kateter ve operatörden kaynaklı olabileceği ve kateter kaynaklı enfeksiyonların önlenmesi için optimal kateter seçiminin, yerleştirilmesinin ve ihtiyaç duyulmayan kateterlerin çıkarılmasının gerektiği çalışmada belirtilmiştir. Çalışmada kateter tipinin ve kateter lümen sayısının da enfeksiyon riskini etkilediği ortaya konulmuştur. Kateter ilişkili kan akım enfeksiyonunun azaltılabilmesi için kateter seçiminin ve yerleştirilmesinin optimize edilmesine çalışmada yer verilmiştir.

Haque ve ark. (2017), çalışmalarında 2012-2015 yılları arasında pediatrik

yoğun bakım servisinde alet (device) ilişkili enfeksiyonu incelemiştir. Çalışmada santral-line ile ilişkili kan akım enfeksiyonu, ventilatörle ilişkili pnömoni ve kateterle ilişkili idrar yolu enfeksiyonları dikkate alınmıştır. Alet ilişkili enfeksiyon oranları düşük bulunmasına rağmen, santral-line ile ilişkili kan akım enfeksiyonu 7/1000 santral-line günü ile en yüksek değere sahip bulunmuştur.

2.3. Yatış Süresi, Kateter ve Enfeksiyon İlişkisi ile İlgili Literatür Taraması

Yatış Süresi, kateter ve enfeksiyon ilişkisi ile ilgili çalışmalar kronolojik sıraya göre bu bölümde verilmiştir.

Rello ve ark. (2000), çalışmalarında yoğun bakım ünitelerinde kateter ilişkili kan enfeksiyonunun mortalite, yatış süresi ve maliyetler ile ilişkisi istatistiksel olarak incelenmiştir. Yatış süresi karşılaştırmalarında Wilcoxon's nonparametric test, mortalite karşılaştırmalarında ise McNemar's testi kullanılmıştır. Çalışmada güven aralığı %95 olarak alınmıştır. Çalışma sonucu kateter ilişkili enfeksiyonun mortalite üzerinde case ve kontrol grubu arasında %95 güven aralığında bir fark olmadığını göstermektedir. Fakat bu enfeksiyonların hastanede yatış süresini yaklaşık 20 gün, maliyetleri ise 3,000 Euro'dan daha fazla arttırdığı çalışma sonucunda elde edilmiştir.

Dimick ve ark. (2001), çalışmalarında kritik hastalığı olan cerrahi hastalarda kateter ilişkili kan enfeksiyonu ile yatış süresi ve sağlık maliyetlerinin ilişkili olduğunu belirtmiştir. Maliyetlerin artması, yoğun bakım ünitesi kurulumu ve yüksek oranda artan yatış süresi ile ilişkilendirilmiştir. Maliyet ve yatış süresinin Shapiro-Wilks testi ile normal dağılıma uymadığı belirlenmiş ve regresyon analizi için log dönüştürme yapılmıştır. Yoğun bakım ünitesi mortalitelerinin belirlenmesinde çoklu lojistik regresyon, maliyet ve yatış süresi belirlenmesinde ise çoklu doğrusal regresyon modeli kullanılmıştır. Çalışmada kateter ilişkili enfeksiyonların yoğun bakım ünitesindeki ölüm risklerini arttırdığı belirtilmiştir. Çalışmada hastalık dereceleri belirlenirken APACHE-III skorlama sisteminden faydalanılmıştır.

Rosenthal ve ark. (2003), çalışmalarını 3 hastanenin 6 yetişkin yoğunbakım ünitesinde yürütmüştür. Hastaların cinsiyet, yaş, hastalık skoru ile beraber yoğunbakımda kalış süreleri gün bazında kayıt altına alınmıştır. Gruplar arasındaki farklar analiz edilirken ikili değişkenlerde ki-kare analizi, sürekli değişkenlerin analizinde Student t testi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda santral venöz kateter ilişkili kan enfeksiyonunun hastanede kalış süresini, maliyetleri ve mortaliteyi arttırdığı ortaya konulmuştur. Bu sonuçlar dikkate alınarak santral venöz kateter kullanımında koruyucu önlemlerin kullanılması gerektiği çalışmada belirtilmiştir.

Abdel-Wahab ve ark. (2013), çalışmalarında 12 aylık verilerle Mısır'da yeni doğan yoğun bakım ünitesinde nozokomiyal enfeksiyona neden olan bakterileri ve anatomik bölgeleri (anatomical sites) belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışmada nozomokiyal enfeksiyonun yatış süresi ve mortalite üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışmada SPSS 16 programında kikare testi ile enfeksiyonu olan ve olmayan yeni doğanlarda mortaliteleri Mann-Whitney testi ile bu iki grubun hastanede kalma süreleri kıyaslanmıştır. ($P<0.05$ anlamlı Kabul edilmiş) Sonuçlara göre mortalitede hastanede kalma süreleri arasında önemli fark olduğu görülmüştür.

Al-Mousa ve ark. (2016), çalışmalarında kullanılan alet-ekipmanlarla ilişkili mortalite, yatış süresi, bakteri direnci ve enfeksiyon oranlarını incelemiştir. ABD Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezleri (CDC) Ulusal Sağlık Güvenliği Ağı (NHSN) tanımlamaları ve Uluslararası Enfeksiyon Kontrol Konsorsiyumu metotları kullanılarak yetişkin pediatrik ve yenidoğan yoğunbakım ünitelerinde çalışma yürütülmüştür. Santral girişli enfeksiyon oranı 3.5/ 1,000 santral line günü, kateter ilişkili idrar yolu enfeksiyon oranı ise 3.3/ 1,000 üriner kateter günü olarak bulunmuştur. Çalışmada ekstra yatış süreleri santral line için 27.1 gün, kateter ilişkili idrar yolu enfeksiyonu için ise 19.2 gün olarak belirtilmiştir. Yaklaşık ekstra mortalite oranı ise santral line için %19.9, kateter ilişkili idrar yolu enfeksiyonu için ise %11.1'dir.

2.4. Kateter Modelleme ile ilgili Literatür Taraması

Kateter modelleme ile ilgili yapılan literatür taraması yapılmış ve kronolojik sıraya göre bu bölümde verilmiştir.

Thaijiam ve Gale (2007), çalışmalarında farklı eğimlerde kateter konfigrasyonlarının ve basit Sonlu Element (Finite Element) modelinde elektrotların farklı sayılarının sonuçları karşılaştırılmıştır. Üç noktadan geçen kateter eğimi belirlenirken kübik spline interpolasyon metodu kullanılmıştır. Kateter boyunca ölçüm elektrotlarının konumları değiştirilerek kateter konfigrasyonları optimize edilmiştir. Çalışmada ölçüm elektrotlarının optimal dağılımının belirlenmesi için genetik algoritma kullanılarak model sunulmuştur.

Barsuk ve ark. (2009), çalışmalarında santral venöz kateter kullanımında simülasyon tabanlı öğretim programı kullanımı ile kateter ilişkili kan dolaşım enfeksiyonunu azaltmaya çalışmıştır. Çalışma yetişkin yoğun bakım servisinde yürütülmüştür. Santral venöz kateterden kaynaklı kateter ilişkili kan dolaşım enfeksiyon oranı, simülasyon tabanlı öğrenme programından önce ve sonra olmak üzere 32 aylık sonuçlar üzerinden karşılaştırılmıştır ve programın enfeksiyon oranını azaltacağı belirtilmiştir.

Li ve ark. (2010), çalışmalarında yeni bir optimizasyon tekniği ile kemoterapide optimum kateter pozisyonunun belirlenmiştir. Optimizasyon modelinde beynin istenen bölgesine iletilen ilaç konsantrasyonunun maksimum olması istenirken ilaç konsantrasyonunun terapötik olarak etkili bir seviyenin altına düşmemesi gibi amaçlar dikkate alınmıştır. Doğrusal olmayan hibrit bir optimizasyon programında değiştirilmiş bir sonlu hacim ayrıklaşma yöntemi kullanılmıştır. Kateterlerin alternatif yerleşimleri genetik algoritma modeli ile belirlenmiştir. Çalışma sonucunda tek kateterli ve iki kateterli sonuçlar verilmiştir.

Crews ve Buckner (2011) çalışmalarında şekil bellekli alaşımla (shape memory alloy) harekete geçirilen robotik kateterin tasarımını optimize etmek için metot önermişlerdir. Kullanılan malzeme gerilme (stress) ve sıcaklıktan etkilendiği için tasarım karmaşıktır ve sezgisel olarak belirlenememektedir. Bu durum robotik

kateterlerin modellenmesini zorlaştırmaktadır. Bu çalışmada eğilme esnekliği ve itilebirliğin arttırılması amaç fonksiyonu olarak formülize edilmiş ve COMSOL Multiphysics Modeling and Simulation yazılımı ile birleştirilmiş çok amaçlı genetik algoritma modeli kullanılarak kateter tasarımı optimizasyon modeli oluşturulmuştur.

2.5. Literatür Değerlendirmesi

Literatürde yatış gününün belirlenmesinde hastanın sağlık durumunun sınıflandırıldığı skorlama sistemlerinden sıklıkla faydalanılmıştır. Kullanılan skorlama sistemlerinde genellikle doktor görüşü doğrultusunda puanlama yapılmaktadır. Skorlama sistemlerinin puanlanmasında uzman doktorun deneyimine göre skor puanları değişebilmektedir. Bu değişkenlik skorlama sistemine göre tahminlenen yatış süresini doğrudan etkilemektedir. Uzman doktorun yanlış değerlendirme yapması yatış süresinin hatalı tahminlenmesine neden olabilmektedir.

Literatürde yapılan çalışmalarda yatış süresinin belirlenmesinde ilk gün yatış verilerinin de kullanılabileceği belirtilmiştir (Zernikow ve ark. 1999). Yapılan çalışmalarda birinci gün verileri gibi üçüncü, yedinci vb. gün verilerini de dikkate alarak yatış süresi tahmini yapılmıştır (Bender ve ark. 2013). Literatürde hastaların demografik özelliklerini (Blais ve ark. 2003), klinik bulguları (Manktelow ve ark. 2010), anne/ebeveyn özelliklerini (Pepler ve ark. 2012, Hussey ve Guo 2005) dikkate alarak yatış süresi yapan çalışmalar da bulunmaktadır. Fakat literatürde yenidoğan yoğun bakım ünitesinde demografik, biyokimyasal ve laboratuvar parametrelerinin yatış süresi ile ilişkisini aynı anda dikkate alan ve etkili parametrelere göre yüksek güvenilirlikle yatış süresi belirleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada YYBÜ'nde demografik, biyokimyasal ve laboratuvar parametreleri dikkate alınarak yatış süresi belirlenmiştir.

Yoğun bakım ünitelerinde enfeksiyon ediniminin ve buna bağlı yatış sürelerinin uzamasının en önemli nedenleri arasında kateterler bulunmaktadır.

Literatürde yapılan çalışmalarda yatış süresi belirlendikten sonra yatış süresi ile kateter planları arasında ilişki kurulmadığı görülmüştür. Enfeksiyon oluşumu ve kateter ilişkili enfeksiyonlar ile ilgili yapılan çalışmalarda yatış süresinin kısa/uzun olmasına göre istatistiksel analizler yapılmıştır. Genel olarak kateter kullanımının enfeksiyon nedenleri arasında olduğu belirtilmiştir. Bu durumun da yatış sürelerinin uzamasına, mortalite ve hasta maliyetlerinin artmasına neden olabileceği belirtilmiştir. Literatürde enfeksiyon ve kateter ilişkili enfeksiyon oluşumundan korunma yolları incelenmiş, fakat optimum kateter planın belirlenmesi konusunda bir modelleme çalışmasına rastlanmamıştır. Kateterlerle ilgili yapılan modelleme çalışmalarında genellikle kateter tasarımı ile ilgilenilmiştir. Kateter planlarının minimum enfeksiyona sahip olmasının yanında minimum maliyet ve maksimum kullanılabilir süreye de sahip olmaları beklenmektedir.

Literatürde yatış süresi ve bu yatış süresine göre uygulanacak optimum kateter planlarının belirlenmesi konusunda bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada her bir hastanın ilk gün parametre değerlerine göre yatış süreleri ve yenidoğanlara uygulanan kateter özellikleri dikkate alınarak yatış süresine göre enfeksiyonu minimum, maliyeti minimum ve kateterlerin kullanılabileceği ek süreyi maksimum yapan kateter planları belirlenmiştir. Kateter planları belirlenirken tek ve çok amaçlı modeller oluşturulmuştur. Önceki çalışmalar incelendiğinde, incelenen model karakteristiğinde bir çalışmaya rastlanmamıştır.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Bu çalışmanın materyalini bölgemizde bulunan 55 adet yenidoğan yatak kapasitesine sahip özel bir hastanede 2015-2016 yılları arasındaki hasta kayıtları oluşturmaktadır. İlgili tarih aralığında 641 adet hasta kaydı incelenmiş olup, sadece 162 adet hastada Çizelge 3.1.'de yer alan tüm verilere ait kayıtlar yer aldığı için çalışma 162 hasta ile yürütülmüştür. Çalışmanın yürütüldüğü hastane en üst düzeyde tıbbi bakım ve tedavi yapılabilen (3.düzey) imkanlara sahip olduğu için bölge hastanelerinden çok fazla nakil olmaktadır. Nakil taleplerinde hastaların kabul/ret kararları yenidoğan yoğun bakım ünitesinde bulunan hastaların yatış süresine göre değişmektedir. Yatış süresinin önceden bilinmesi kabul/ret kararının yanı sıra yenidoğanların yatış süresi boyunca minimum enfeksiyon, minimum maliyet ve maksimum ek süreye sahip optimum invaziv girişim planlarının belirlenmesinde de büyük önem arz etmektedir. Yatış süresinin ve optimum invaziv planlarının oluşturulabilmesi için aşağıdaki verilere ihtiyaç duyulmaktadır.

- Çizelge 3.1.'de minimum ve maksimum sınır değerleri verilen laboratuvar parametre değerleri
- Laboratuvar parametre değerleri alınan yenidoğanların cinsiyetleri ve gerçekleşen yatış süreleri
- Yoğun bakımda yatışı gerçekleşen hastalarda kullanılan ve belirli kullanım ömrü olan alet ekipman listesi
- Çalışmada dikkate alınan alet ekipmanların değişim süreleri
- Çalışmada dikkate alınan alet ekipmanların satın alma fiyatları
- Çalışmada dikkate alınan alet ekipmanların yenidoğana takılıp-çıkarılma işlemini yapan personel (hemşire, doktor vs) bilgisi, personel maliyetleri ve birim işlem süreleri

Çizelge 3.1. Çalışmada Kullanılan Verilerin Değişim Aralığı

Parametre	Minimum Değer	Maksimum Değer	Parametre	Minimum Değer	Maksimum Değer
Ateş (^{o}C)	34,5	39,3	CRP	0,01	125
Nabız	80	205	Glukoz	35	174
Solunum	24	84	Kalsiyum	7,3	13
Boy (cm)	33	64	RBC	2,42	7,37
Baş Çevresi (cm)	27	50	WBC	2,68	37,96
Doğum Ağırlığı (Gram)	670	4400	HCT	20,9	70,4
ALT	3,7	245	MCH	23,6	39,9
Albumin	2,68	4,8	MCV	71,7	112,8
ALP	0	1059	MCHC	31,9	40,1
AST	12	514	PDW	8,2	19,5
BILD	0,1	3,5	RDW	13,2	25,3

3.1.1. Çalışmada Kullanılan Yazılımlar

Çalışmada istatistiksel analizlerin yapılmasında SPSS, fonksiyonel ilişkilerin belirlenmesinde Minitab ve MATLAB, matematiksel modelin çözümünde Gams optimizasyon programı ve genetik algoritma modelinin oluşturulmasında ve çözülmesinde MATLAB paket programı kullanılmıştır.

İstatistiksel analizlerin yapılmasında Statistica, SPSS, Minitab gibi paket programlar kullanılabilmektedir. Çalışmada etkili parametrelerin belirlenmesinde SPSS paket programı, doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon modellerin oluşturulmasında ise Minitab paket programı kullanılmıştır.

Matlab paket programında mühendislikle ilgili pek çok uygulamaya özel araçlar bulunmaktadır. Bu araçlara örnek olarak eğri uydurma, optimizasyon,

yapay sinir ağları verilebilir. Doğrusal olmayan ve birden fazla girdi değişkeni içeren biharmonic spline interpolasyon (BSI) modelleri de Matlab programında modellenebilmektedir.

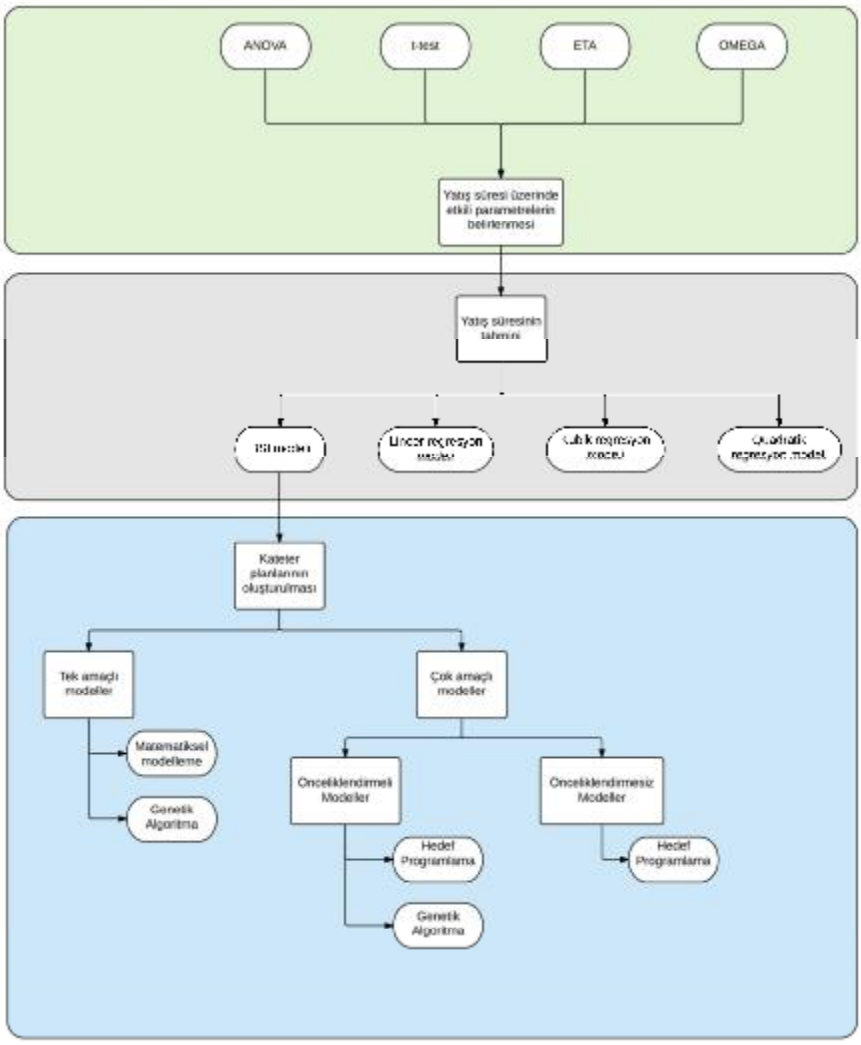
Optimizasyon problemlerinin çözümünde IBM ILOG CPLEX, Gams, Lingo gibi paket programlar kullanılabilmektedir. Çalışmada oluşturulan matematiksel modellerin çözümünde Gams paket programı tercih edilmiştir. Gams programı, doğrusal, doğrusal olmayan, kuadratik, tamsayılı, karma tamsayılı matematiksel modellerin çözümünde kullanılabilmektedir.

3.2. Metod

Çalışmanın ilk adımında problem tanımlanmıştır. Tanımlanan problemin çözümü için gerekli veriler toplanmıştır. Elde edilen verilerin (girdilerin) istatistiksel analizler ile çıktı değişkeni üzerinde etkili olup olmadıkları ve etkili bulunan girdi değişkenlerinin etki büyüklükleri belirlenmiştir. Çizelge 3.1.'de görüldüğü gibi etkili parametreler belirlenirken t-test, anova, eta-kare ve omega-kare analizleri yapılmıştır.

Çıktı değişkeni üzerinde etkili bulunan girdi değişkenleri ile çıktı değişkeni arasındaki fonksiyonel ilişki elde edilmiştir. Şekil 3.1.'de görüldüğü gibi fonksiyonel ilişkilerin elde edilmesinde lineer regresyon, kübik regresyon, quadratik regresyon ve biharmonic spline interpolasyon yöntemleri kullanılmıştır. Fonksiyonel ilişkilerin güvenilirliği test edilmiş ve BSI modeli ile elde edilen fonksiyonel ilişkinin güvenilir olması durumunda matematiksel modelleme adımına geçilmiştir. Şekil 3.1.'de görüldüğü gibi matematiksel modellemeye ek olarak genetik algoritma modelleri de oluşturulmuştur. Genetik algoritma model sonuçları matematiksel modelleme sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada dikkate alınacak kısıtlar altında enfeksiyon minimizasyonu, maliyet minimizasyonu ve ek süre maksimizasyonu amaçlanmıştır. Amaç fonksiyonlarının (enfeksiyon minimizasyonu, maliyet minimizasyonu ve ek süre maksimizasyonu) aynı anda

gerçekleştirilmesi dikkate alınarak çok amaçlı matematiksel programlama çözüm yöntemlerinden hedef programlama yaklaşımı ile probleme çözüm aranmıştır.



Şekil 3.1. Çalışmanın akışı

3.2.1. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler ile çıktı değişkeni üzerinde etkili olan parametreler ve bu parametrelerin önem seviyeleri belirlenmiştir.

3.2.1.1. Etkili Parametrelerin Belirlenmesi

Çalışmada Çizelge 3.1.'de bulunan parametreler ve yenidoğanların cinsiyet bilgileri toplanmıştır. Cinsiyetin, çıktı değişkeni olan yatış süresi üzerinde etkili olup olmadığının belirlenmesinde bağımsız örneklem (independent sample) t testi kullanılmıştır. Çizelge 3.1.'de bulunan parametrelerin yatış süresi üzerindeki etkisinin belirlenmesinde ise varyans analizi (Analysis of Variance-ANOVA) yapılmıştır.

i. Independent sample t testi

Independent sample t testi iki popülasyonun ortalamalarının karşılaştırılmasında kullanılmaktadır (Landau ve Everitt, 2004). Null hipotez iki popülasyonun ortalamalarının aynı ($H_0: \mu_1 = \mu_2$) olması durumunu ifade etmektedir. $\overline{y_1}$ ve $\overline{y_2}$ sırasıyla 1. ve 2. popülasyonların ortalamalarını, n_1 ve n_2 örneklem büyüklüklerini, s_1 ve s_2 örneklemlerin standart sapma değerlerini ifade etmektedir (Landau ve Everitt, 2004). Eşitlik 3.1. ile s standart sapma, Eşitlik 3.2. ile t test istatistik değeri ise hesaplanmaktadır. Eşitlik 3.1.'deki $n_1 + n_2 - 2$ ise serbestlik derecesini ifade etmektedir (Landau ve Everitt, 2004).

$$s = \sqrt{\frac{(n_1-1)*s_1^2+(n_2-1)*s_2^2}{n_1+n_2-2}} \quad (3.1.)$$

$$t = \frac{\overline{y_1}-\overline{y_2}}{s\sqrt{\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}}} \quad (3.2.)$$

α önem seviyesinde güven aralığı Eşitlik (3.3.) ile hesaplanmaktadır.

$$(\overline{y_1} - \overline{y_2}) \pm t_\alpha s\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}} \quad (3.3.)$$

Çalışmada independent sample t testi ile çıktı değişkeni olan yatış günü üzerinde yenidoğan hastaların cinsiyetlerinin etkili olup olmadıkları analiz edilmiştir.

ii. Anova Analizi

Varyans Analizi (Anova) iki veya daha fazla popülasyonun ortalamaları arasındaki farkın değerlendirilmesinde kullanılan hipotez test prosedürüdür (Gravetter ve Wallnau, 2013). Anova analizinde popülasyon ortalamaları arasındaki fark incelenirken varyanstan faydalanılmaktadır. Anova analizi t testine benzemesine rağmen, t testine göre en büyük avantajı anova analizinin ikiden fazla popülasyonu incelemesidir. Bu durum Anova analizi ile tasarım ve sonuçların yorumlanmasında esneklik sağlamaktadır (Gravetter ve Wallnau, 2013). Anova analizinde de t testinde olduğu gibi sıfır (null) hipotez popülasyonların ortalamalarının aynı ($H_0: \mu_1 = \mu_2 = \cdots = \mu_n$) olması durumunu ifade etmektedir. Alternatif hipotez ise popülasyondaki gruplardan en az bir tanesinin ortalamasının farklı olmasını ifade etmektedir.

Anova analizi gruplar arası farka bakmaktadır. Bu nedenla anova analizinin uygulanabilmesi için girdi değişkenlerinin gruplandırılması gerekmektedir. Sturgles formülü ile girdi değişkenleri gruplandırılmıştır. Eşitlik (3.4.)'deki Sturges formülünde k sınıf sayısı, n ise veri sayısıdır. Her bir sınıf aralığı (c) değeri ise Eşitlik (3.5.) ile bulunmaktadır. R, veri setindeki 'maksimum değer-minimum değer'i ifade etmektedir.

$$k = 1 + 3.3 * \log(n) \quad (3.4.)$$

$$c = {}^{R}/_{k} \quad (3.5.)$$

Çalışmada Anova analizi ile Çizelge 3.1.'de yer alan parametrelerin yatış süresi üzerindeki etkisi incelenmiştir.

3.2.1.2. Etki Büyüklüklerinin Belirlenmesi

Anova analizi ile yatış süresi üzerinde etkili bulunan parametrelerin, yatış süresi üzerindeki etki büyüklükleri birbirinden farklı olabilmektedir. Varyansın açıklanma oranının (etki büyüklüklerinin) belirlenmesinde eta-kare, omega-kare ve epsilon-kare kullanılabilmektedir (Finch ve French, 2012). Bu çalışmada parametrelerin etki büyüklüklerinin belirlenmesinde eta-kare ve omega-kare analizleri kullanılmıştır.

Etki büyüklüklerinin yorumlanmasında genellikle kullanılan yöntem etki büyüklüklerini "küçük", "orta" ve "büyük" olmak üzere üç gruba ayırmak yönündedir.

i. **Eta-kare (η^2):** Eta-kare, bağımsız bir değişkenle tanımlanan farklı gruplarla ilişkili bağımlı değişkenin toplam varyansın oranını ölçmektedir (Richardson□, 2010). SS (between groups) bağımsız değişkenin etkilerinin hata kareleri toplamını, SS (Total) ise toplam hata kareleri toplamını ifade etmektedir. Eta-kare formülasyonu aşağıda verilmiştir (Gravetter ve Wallnau, 2013).

$$\eta^2 = \frac{SS(Between\ groups)}{SS(Total)}$$

Eta, girdi değişkeninin çıktı değişkeni üzerinde doğrusal veya doğrusal olmayan bir ilişkiye sahip olup olmadığını göstermektedir. Eta kare değeri 0.01'den büyük ise küçük; 0.06'dan büyük ise orta ve 0.14'den büyük ise büyük etki bulunmaktadır (Cohen, 1988: Lakens, 2013'den).

ii. Omega-kare (ω^2): Omega-kare ölçümü bağımlı değişkende varyasyonun hangi oranda belirli bir değişken veya faktörle ilişkili olduğunu gösterir.

$$\omega^2 = \frac{\left(SS_{Between} - (df_{Between} * MS_{Within})\right)}{SS_{Total} + MS_{Within}}$$

Omega-kare analizinde küçük, orta ve büyük etkiler sırasıyla 0.01, 0.06 and 0.14 olarak tanımlanmıştır (Kirk, 1996).

Girdi (bağımsız) ve çıktı (bağımlı) değişkenler arasındaki ilişkinin gücünü açıklarken eta-kare yanlı, omega-kare ve epsilon-kare yansız bir tahmin edicidir (Cohen ve ark., 2003). SPSS gibi pek çok paket program sadece eta-kare için hesaplama yaptığı için çalışmalarda yaygın olarak eta-kare tercih edilmektedir (Cohen ve ark., 2003: Pierce ve ark. 2004'den). Bu çalışmada eta-kare ve omega-kare analizleri yapılmıştır.

3.2.2. Fonksiyonel İlişkilerin Belirlenmesi

Çıktı değişkeni olan yatış süresi üzerinde Anova analizi sonucunda etkili bulunan parametreler ile çıktı değişkeni arasındaki fonksiyonel ilişkiler belirlenirken doğrusal ve doğrusal olmayan modeller kullanılabilir. Bu çalışmada doğrusal, kuadratik ve kübik regresyon modellerinden ve BSI metodundan faydalanılmıştır.

3.2.2.1. Regresyon Analizi

Regresyon analizi, bir bağımlı değişken ile bir veya daha fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkinin matematik bir fonksiyonla ifade edilmesidir (Keskintürk ve Şahin, 2009). Değişkenler arasında doğrusal veya doğrusal olmayan ilişki bulunabilir. Her iki tip ilişkide de bağımlı ve bağımsız değişkenlerden elde edilen modelin uygunluğuna R^2 değerine bakılarak karar verilebilir. R^2 değeri elde edilen modelin verilere uyum oranını gösteren bir ölçüdür. R^2 değeri 1'e ne kadar

yakın olursa modelin o kadar iyi olduğu söylenebilir (Kirkword ve Sterne, 2003). Elde edilen model tahminlemede kullanılacağı zaman R^2 ile beraber tahmin (prediction) R^2 değerine de bakılmalıdır. Tahmin R^2 değer, modelin yeni gözlemlere nasıl tepki vereceğini göstermektedir ve değeri %0-%100 arasında değişmektedir. Tahmin R^2 değerinin büyük olması modelin tahminleme gücünün yüksek olduğunu göstermektedir (http://support.minitab.com/en-us/minitab/17/topic-library/modeling-statistics/regression-and-correlation/goodness-of-fit-statistics/r-squared/).

Y, bağımlı değişken; b_0 regresyon denklemi sabiti, $b_1, b_2, b_3 \dots b_n$ regresyon katsayıları ve $x_1, x_2, x_{3,} \dots x_n$ bağımsız değişkenleri ifade etmektedir. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiler dikkate alınarak olası modellerin birkaç tanesine aşağıda yer verilmiştir :

Doğrusal (Linear) : $Y = b_0 + (b_1 * x)$

Logaritmik (Logarithmic) : $Y = b_0 + (b_1 * \ln x)$

Kuadratik (Quadratic): $Y = b_0 + (b_1 * x) + (b_2 * x^2)$

Kübik (Cubic): $Y = b_0 + (b_1 * x) + (b_2 * x^2) + (b_3 * x^3)$

Doğrusal regresyon analizinde bağımsız değişken sayısı (x) bir tane ise model basit doğrusal regresyon modeli, eğer x birden fazla ise model çoklu doğrusal regresyon modeli olarak ifade edilir (Kılıç, 2013). Basit doğrusal regresyon modeli $y = b_0 + b_1 * x$; çoklu doğrusal regresyon modeli ise $y = b_0 + b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + \cdots + b_n * x_n$ şeklinde ifade edilebilir. SPSS, Minitab gibi mevcut paket programlarla basit doğrusal regresyon, çoklu doğrusal regresyon modelleri ve bir bağımsız değişkenli doğrusal olmayan regresyon modelleri oluşturulabilmektedir. Fakat bağımsız değişken sayısı birden fazla olduğu zaman mevcut paket programlarla doğrusal olmayan matematiksel formülasyonların oluşturulmasında zorluk yaşanmaktadır.

Çalışmada bağımlı ve bağımsız değişkenler çoklu doğrusal regresyon modelleri ve bir bağımsız değişkenli doğrusal olmayan regresyon modelleri ile

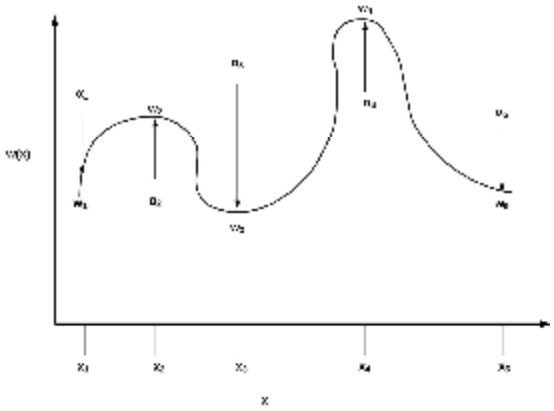
Minitab paket programında modellenmiştir. Bağımsız değişken olan yatış süresinin modellenmesinde doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon modelleri ile beraber biharmonik spline interpolasyon metodundan da faydalanılmıştır.

3.2.2.2. Biharmonik Spline İnterpolasyon

Kübik eğriler düzensiz veri seti üzerinde geçen en düzgün eğri (Ahlberg ve ark, 1967: Sandwell, 1987) veya yüzeylerin modellenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat bu teknikte eğrilerin veri seti üzerinden geçmesinde fiziksel zorluklar yaşanmaktadır (Sandwell, 1987). Bu zorluğun aşılmasında interpolasyon yöntemlerinden faydalanılabilir ve biharmonik interpolasyon yöntemi (BSI) veri setinden eğri oluşturulmasında kullanılabilecek bir yöntemdir. BSI yöntemi dikkate alınan noktalar setinden geçen ve minimum eğrilik yüzeyi (minimum-curvature surface) bulunmaktadır (Foster ve Evans, 2008).

BSI modeller bir boyutlu ve ikiden fazla boyutlu modeller olmak üzere iki farklı şekilde modellenmektedir. Boyut sayısı dört veya daha fazla olduğu zaman BSI modellerde kullanılan Green fonksiyonu orijinde sonsuz (unbounded) olmaktadır. Bu problem green fonksiyondaki veri noktalarının uzaklaştırıp merkezleştirilmesiyle çözülebilir. Bu zorluklardan dolayı BSI modeller boyut sayısı 3'ten az olduğu durumda en iyi çalışmaktadır (Sandwell, 1987). Bu nedenle çalışma kapsamında boyut sayısı 2 olarak belirlenmiştir.

BSI bir boyutlu modelde N noktadan geçen biharmonik eğri oluşturulur. Şekil 3.2.'de gösterildiği gibi her bir boğum (beam) (w) ile ağırlıklandırılır. Her bir (w) tarafından eğri üzerinde her bir nokta (α) kadar etki yapmaktadır. Ağırlıklandırma ve etkiler kullanılarak oluşturulan formülasyonlarla BSI modeller oluşturulmaktadır. BSI bir boyutlu modellerin grafiği Şekil 3.2.'de verilmiştir (Sandwell, 1987):



Şekil 3.2. Biharmonic Spline İnterpolasyon (Sandwell, 1987)

Boyut sayısının 3 veya daha az olması durumu için Matlab gibi bilgisayar destekli programlarla formülasyonlar uygulanmakta ve BSI modelleri elde edilebilmektedir. Bu çalışmada çıktı değişkenin modellenmesinde 2 boyutlu BSI modeli kullanılmış olup Matlab paket programında model oluşturulmuştur.

Surini ve ark. (2003), yaptıkları tahminleme çalışmasında BSI modelleri yapay sinir ağı modeller ile karşılaştırırken R^2 değerini kullanmıştır. Bu çalışmada da modelin uygunluğu analiz edilirken kullanılabilen SSE, MSE ve R^2 değerleri BSI modellerin uygunluğunun test edilmesinde kullanılmıştır.

3.2.3. Matematiksel Programlama

Matematiksel programlama veya optimizasyon bir fonksiyonun minimizasyon ya da maksimizasyonu için değişkenlerin belirli bir aralıkta seçilerek problemin sistematik olarak incelenmesi veya çözülmesini ifade eder (Akcan, 2010). Optimizasyon modelleri kısıt yapısına, karar değişkenlerine, amaç fonksiyonuna vb. durumlara göre de sınıflandırılabilir. ***Kısıt yapısına göre*** kısıtlayıcılı ve kısıtlayıcısız optimizasyon problemleri; ***amaç fonksiyonu ve kısıtların yapısına göre*** doğrusal programlama, doğrusal olmayan programlama, geometrik programlama ve quadratik programlama; ***karar değişkenlerinin yapısına göre*** tam sayılı programlama ve gerçek değerli programlama; ***değişkenlerin***

yapısına göre deterministik ve stokastik programlama ve *amaç fonksiyonu sayısına göre* tek amaçlı ve çok amaçlı programlama olarak sınıflama yapılabilir.

Bu çalışmada optimizasyon yöntemlerinden doğrusal programlama, karma tam sayılı doğrusal programlama ve karma tamsayılı doğrusal olmayan programlama kullanılmıştır. Doğrusal programlama modellerinde değişkenlerin sıfır veya sıfırdan büyük olma koşulu aranırken, tamsayılı doğrusal programlama modellerinde değişkenlerin sıfır veya sıfırdan büyük bir tam sayı olması beklenir (Bronson, 1982). Tam sayılı modeller tamsayı değerine göre ikiye ayrılmaktadır. Tamsayılı modellerde karar değişkenlerinin tamamı tamsayı değeri alırken, karma tamsayılı programlama modellerinde karar değişkenlerinin bir kısmı tamsayı değeri almaktadır.

Çalışma kapsamında 3 farklı amaç fonksiyonu dikkate alınmaktadır. Belirlenen amaçlar ve kısıtlar dikkate alınarak tek amaçlı ve çok amaçlı modelleme yaklaşımları ile optimum ve etkin çözümler bulunmuştur. Modeller oluşturulurken bir takım varsayımlar dikkate alınmıştır.

3.2.3.1. Varsayımlar

1. YYBÜ'de periferik venöz kateter, santral venöz kateter ve PICC-line kateter olmak üzere 3 tip kateter kullanılmaktadır.
2. Kateterlerin hastalara takılma süresi deterministik olarak kabul edilmiştir.
3. Yoğun bakım üntesinde yatış süresi boyunca kateter takılı kalmaktadır.
4. Kateterlerin kullanım süreleri (t_{ij}) deterministiktir.
5. Kateter çeşitleri için enfeksiyon oranlarına ait alt ve üst değerlere göre enfeksiyon bir dağılıma göre tanımlanmıştır. Enfeksiyon oranının dağılımdan elde edilmesi durumu olasılıksal hale getirdiği için model farklı sayıda iterasyonlarda çalıştırılmıştır. İterasyonların oluşma olasılıklarının eşit olduğu kabul edilmiştir.
6. Çalışmada tanımlanan enfeksiyon oranları her bir kateterin bir defa takılıp çıkarılması ile oluşan enfeksiyon oranını ifade etmektedir.

7. Periferik venöz kateterin takılmasında ortalama 3 defa deneme yapılmaktadır. Her denemede yeni bir kateter kullanılmaktadır ve bu durum maliyet fonksiyonuna yansıtılmıştır.

3.2.3.2. Notasyonlar

Çalışmada kateter çeşitleri için indisler tanımlanmıştır. Tanımlanan indisler aşağıdaki şekildedir:

$i = 1 \ldots l$, kateterde kullanılan malzeme

$j = 1 \ldots m$, kateter tipi

Çalışmada dikkate alınan notasyonlar aşağıda verilmiştir.

x_{ij} =
i. tip malzemeden yapılan j. tip kateterden hastada kullanılım sayısı (Adet)

p_{ij} = i. tip malzemeden yapılan j. tip kateterin satın alma maliyeti (TL/adet)

c_{ij} =
i. tip malzemeden yapılan j. tip kateterin takılması için birim iş gücü maliyeti (TL/adam-dakika)

t_{ij} = i. tip malzemeden yapılan j. tip kateterin kullanım süresi (Gün/Adet)

k_{ij} = i. tip malzemeden yapılan j. tip kateterin hastaya takılma süresi (Adam-dakika/Adet)

I_{ij} = i. tip malzemeden yapılan j. tip kateterin enfeksiyon oranı

YS = BIS modeli ile hesaplanan yatış süresi (Gün)

KS = Kateter kullanım süresi (Gün)

y= kateter esnekliği alt katsayı

z= kateter esnekliği üst katsayı

a= kateter deneme sayısı

n= kateter planı üst katsayısı

Opt_Enf_h = Her bir hasta (h)için hesaplanan optimum enfeksiyon değeri

Opt_Mal_h = Her bir hasta (h) için hesaplanan optimum maliyet değeri

Opt_Gun_h = Her bir hasta (h) için hesaplanan optimum ek süre değeri

S_1^+ = Optimum enfeksiyon değerinden pozitif sapma miktarı

S_1^- = Optimum enfeksiyon değerinden negatif sapma miktarı

S_2^+ = Optimum maliyet değerinden pozitif sapma miktarı

S_2^- = Optimum maliyet değerinden negatif sapma miktarı

S_3^+ = Optimum ek süre değerinden pozitif sapma miktarı

S_3^- = Optimum ek süre değerinden negatif sapma miktarı

$Opt_{S_1^+}$ = Enfeksiyon değerinden pozitif sapan miktarın optimum değeri

$Opt_{S_2^+}$ = Maliyet değerinden pozitif sapan miktarın optimum değeri

$Opt_{S_3^-}$ = Ek süre değerinden negatif sapan miktarın optimum değeri

$O\text{pt_}(S_1^+ + S_3^-)$

= Enfeksiyon değerinden pozitif ve ek süre değerinden negatif sapan değerlerin toplamının optimum değeri

3.2.3.3. Tek Amaçlı Matematiksel Modeller

Çalışmada uygulama yapılan hastane yönetimi beklentisi doğrultusunda enfeksiyon minimizasyonu, maliyet minimizasyonu ve gün esnekliği maksimizasyonu olmak üzere üç farklı amaç fonksiyonu dikkate alınmıştır.

Amaç Fonksiyonu 1: Enfeksiyon Minimizasyonu: Daha önceki bölümlerde bahsedildiği üzere hastaya yapılan invaziv girişim sayısı enfeksiyon riskini arttırmaktadır. Bu durum enfeksiyona ait matematiksel modelde kateter sayısının dikkate alınmasını gerekli kılmaktadır. Hastaya uygulanan ikinci invaziv girişim, enfeksiyon riskini 7 kat arttırmaktadır (Öcal ve Dolapçı, 2012). Bu katsayı enfeksiyon minimizasyonu formülasyonuna Eşitlik 3.6.'da verildiği gibi yansıtılmıştır.

$$Minimize\ Enfeksiyon = \sum_{i=1}^{l}\sum_{j=1}^{m} 7^{(a*x_{ij}-1)} * I_{ij} \quad (3.6.)$$

YYBÜ'de kullanılan kateterler özeliklerine göre 3 denemede takılabilmektedir. Eğer kateter 3 denemede takılırsa kateter ihtiyacı ve uygulanan invaziv girişim sayısı da 3 kat artacaktır. Bu durum a değişkeni ile tanımlanmış ve Eşitlik 3.7. ile ifade edilmiştir.

$$a = \begin{pmatrix} x_{ij} \geq 1 & 3 \\ aksi\ halde & 1 \end{pmatrix} \quad (3.7.)$$

Kurulan matematiksel modellerde amaç fonksiyonu gerçekleştirilirken bir takım kısıtlar dikkate alınmaktadır.

Yatış süresi boyunca yenidoğanın kateter ihtiyacı olabileceği için KS değerinin BSI model ile elde edilen yatış süresi (YS)'ne eşit veya büyük olması gerekmektedir. Yoğunbakım ünitesinde yatışlarda nozokomiyal enfeksiyon genellikle 4. günden sonra belirlenebilmektedir ve hastanın hastanede yatış süresinin uzamasına neden olmaktadır. Bu nedenle KS'nin YS'den ne kadar büyük olması gerektiği YS'nin 4 günden büyük veya küçük olmasına göre modellenmiştir. Modelde esneklik katsayılarını ifade eden y ve z değerleri uzman görüşü ile belirlenmiş olup ilgili denklemler Eşitlik (3.8.)'de verilmiştir.

Eğer Yatış süresi<=4;

$$\sum_{i=1}^{l}\sum_{j=1}^{m} t_{ij} * x_{ij} \geq y * YS \quad (3.8.)$$

Eğer Yatış süresi>4;

$$\sum_{i=1}^{l}\sum_{j=1}^{m} t_{ij} * x_{ij} \geq z * YS$$

Modelleme sonucunda elde edilen kateter planının kullanılabileceği sürenin tahminlenen YS değerinden çok büyük olması istenmeyen bir durumdur.

Bu nedenle KS değerinin YS değerinden büyüklük oranına da kısıt getirilmiş ve Eşitlik (3.9.)'da verilmiştir. n katsayısı uzman görüşüne göre belirlenmektedir.

$$\sum_{i=1}^{l}\sum_{j=1}^{m} t_{ij} * x_{ij} \leq n * YS \quad (3.9.)$$

x_{ij} tamsayı i=1...l ; j=1...m (3.10.)

Eşitlik (3.6.) amaç fonksiyonu, Eşitlik (3.7.)-(3.10.) kısıtları dikkate alınarak modellenmekte ve her bir hastanın yatış süresine göre enfeksiyonu minimize eden optimum kateter planı belirlenebilir.

Çalışmada enfeksiyon minimzasyonu gibi maliyet minimizasyonu da amaç fonksiyonu olarak dikkate alınmış olup maliyeti minimize eden optimum kateter planı belirlenmiştir.

Amaç Fonksiyonu 2: Maliyet Minimizasyonu: Çalışmada maliyet minimizasyonu kapsamında malzeme ve işgücü maliyetleri dikkate alınmıştır. Malzeme maliyeti, i. tip malzemeden yapılan j. tip kateter maliyetinin (p_{ij}) i. tip malzemeden yapılan j. tip kateterden takılan adet (x_{ij}) ile çarpılmasıyla elde edilmektedir. İşgücü maliyeti ise i. tip malzemeden yapılan j. tip kateterin takılması için harcanan iş gücü süresinin maliyetlendirilmesidir. Maliyet minimizasyonu için oluşturulan formülasyon Eşitlik 3.11.'de verilmiştir.

$$Minimum\ Maliyet = \sum_{i=1}^{l}\sum_{j=1}^{m} k_{ij} * c_{ij} * a * x_{ij} + \sum_{i=1}^{l}\sum_{j=1}^{m} a * P_{ij} * x_{ij} \quad (3.11.)$$

Eşitlik (3.11.) amaç fonksiyonu, Eşitlik (3.7)-(3.10) kısıtları dikkate alınarak modellenmekte ve her bir hastanın yatış süresine göre maliyeti minimize eden optimum kateter planı belirlenebilir.

Amaç Fonksiyonu 3: Ek Süre Maksimizasyonu: Çalışmada dikkate alınan üçüncü amaç fonksiyonu ise invaziv girişim planlarının kullanılabileceği ek sürenin maksimizasyonudur. Optimizasyon modeli sonucunda hastaya uygulanabilecek kateter planı oluşturulmaktadır. Kateterlerin kullanım süresine göre hesaplanan kateter kullanım süresinden BSI modeli sonucu elde edilen yatış süresinin çıkarılması ile kateter planının ek süre değeri elde edilmektedir. Ek sürenin maksimizasyonu, yatış süresinde beklenmedik bir durum oluşması ve buna bağlı yatış süresinin beklenenden uzun olması durumunda optimizasyon modeli ile elde edilen kateter planının daha etkin kullanılabilirliğini sağlayabilecektir. Ek süre için oluşturulan formülasyon Eşitlik 3.12.'de verilmiştir.

$$Maksimize\ Ek\ Süre = \sum_{i=1}^{l} \sum_{j=1}^{m} (x_{ij} * t_{ij} - YS) \qquad (3.12.)$$

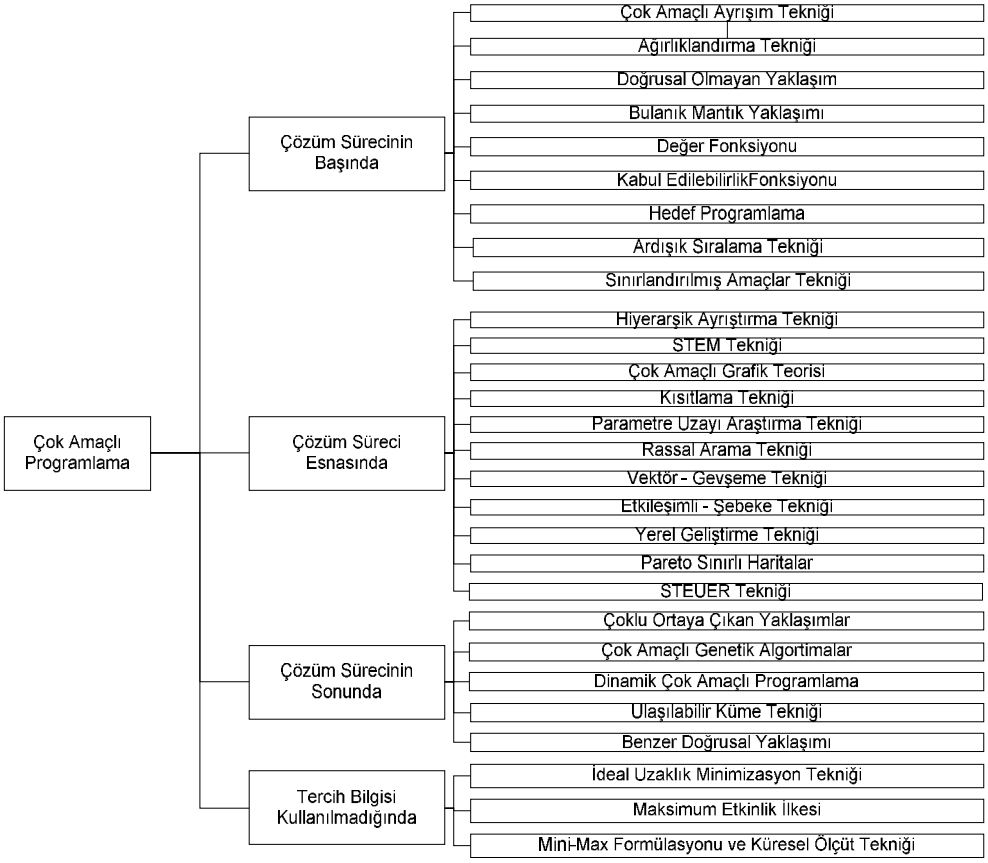
Eşitlik (3.12.) amaç fonksiyonu, Eşitlik (3.8)-(3.11) kısıtları dikkate alınarak modellenmekte ve her bir hastanın yatış süresine göre ek süreyi maksimize eden optimum kateter planı belirlenebilir.

Eşitlik (3.6.) ve Eşitlik (3.11.) amaç fonksiyonları Eşitlik (3.7.)-(3.10.) kısıtları ve Eşitlik (3.12.) amaç fonksiyonu Eşitlik (3.8.)-(3.10.) kısıtları dikkate alınarak ayrı ayrı modellenmiştir. Fakat uygulamada çoğu zaman aynı anda birden fazla amacın dikkate alınması gerekebilmektedir. Tek amaçlı modellerde dikkate alınan kısıtlar dikkate alınarak birden fazla amacı içeren etkin çözümler çok amaçlı programlama yöntemleri ile çözülmektedir.

Çalışmada üç farklı amaç fonksiyonu ayrı ayrı dikkate alınmış ve tek amaçlı matematiksel model olarak modellenmiştir. Aynı anda birden fazla amacı gerçekleştirecek etkin çözüm belirlenmek istenebilir ve bu durumda birden fazla amaç fonksiyonu aynı anda dikkate alınabilir. Böylece problem çok amaçlı matematiksel modele dönüşmekte ve çok amaçlı programlamaya uygun çözüm yöntemleri ile problem çözülmektedir.

3.2.3.4. Çok Amaçlı Matematiksel Modeller

Birden fazla amaç fonksiyonunun dikkate alındığı çok amaçlı programlama modellerinin çözümünde kullanılabilecek pek çok yöntem bulunmaktadır. Çözüm yöntemlerinde karar vericinin tercihine farklı zamanlarda başvurulabilmektedir. Karar vericinin tercih zamanına bağlı olarak kullanılabilecek yöntemler Şekil 3.3.'de verilmiştir (Lieberman, 1991).



Şekil 3.3. Çok Amaçlı Matematiksel Programlama Çözüm Tekniklerinin Tercihe Dayalı Sınıflandırılması (Lieberman, 1991)

Bu çalışmada Şekil 3.3.'de bulunan yöntemlerden tercih bilgisi çözüm sürecinin başında olan hedef programlama yöntemi kullanılmıştır.

Hedef Programlama: Hedef programlama birden fazla amacın aynı anda dikkate alındığı bir optimizasyon çözüm tekniğidir. Hedef programlamada amaç, her bir amacın belirlenen optimum hedef değerinden sapma miktarlarını minimize edilmesidir (Deb, 2001). Hedef programlama modelleri amaç fonksiyonlarının öncelik sırasına göre önceliklendirmesiz (nonpreemptive) ve önceliklendirmeli (preemtive) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Önceliklendirmesiz hedef programlamada bütün amaçlar eşit öneme sahiptir. Önceliklendirmeli hedef programlamada ise amaç fonksiyonları öncelik sırasına konulur ve amaçlar öncelik sırasına göre çözülür.

Çalışma kapsamında üç farklı amaç dikkate alınmaktadır. Bu amaçların tek amaçlı optimum değerlerine bağlı olarak önceliklendirmesiz ve önceliklendirmeli hedef programlama yaklaşımı ile etkin çözümler elde edilmiştir.

3.2.3.4.(1). Önceliklendirmesiz Hedef Programlama

Enfeksiyon minimizasyonu, maliyet minimizasyonu ve ek süre maksimizasyonu olmak üzere dikkate alınan 3 farklı amaç fonksiyonunun ikili ve üçlü kombinasyonları için ayrı ayrı Önceliklendirmesiz Hedef Programlama modelleri oluşturulmaktadır.

i. Maliyet ve enfeksiyonu minimum yapan kateter planının belirlenmesi

Hedef programlama modelinde enfeksiyon ve maliyet minimizasyonunun aynı anda dikkate alınması durumunda Eşitlik (3.6.) ile tek amaçlı enfeksiyon minimizasyonu modelinden ve Eşitlik (3.11.) ile tek amaçlı maliyet minimizasyonu modelinden elde edilen optimum enfeksiyon ve maliyet değerlerinden sapma miktarlarının minimizasyonu amaçlanmaktadır. Enfeksiyon ve maliyet minimizasyonunun aynı anda amaçlandığı öneliklendirmesiz hedef programlama modelinde amaç fonksiyonu sapmaların minimizasyonu olarak Eşitlik (3.13.) ile tanımlanmıştır. Tek amaçlı modelde bulunan kısıtlara ek olarak Eşitlik (3.14)-

(3.16.) kısıtları da modele dahil edilerek aynı anda enfeksiyon ve maliyeti minimize eden etkin çözüm bulunabilir.

Minimizing $S_1^+ + S_2^+$ (3.13.)

$$(\sum_{i=1}^{l}\sum_{j=1}^{m} 7^{(a*x_{ij}-1)} * I_{ij}) - S_1^+ + S_1^- = Opt_Enf_h \quad (3.14.)$$

$$(\sum_{i=1}^{l}\sum_{j=1}^{m} k_{ij} * c_{ij} * a * x_{ij} + \sum_{i=1}^{l}\sum_{j=1}^{m} a * P_{ij} * x_{ij}) - S_2^+ + S_2^- = Opt_Mal_h \quad (3.15.)$$

$$Opt_Enf_h * S_2^+ = Opt_Mal_h * S_1^+ \quad (3.16.)$$

ii. Enfeksiyonu minimum ek süreyi maksimum yapan kateter planının belirlenmesi

Amaç fonksiyonu olarak enfeksiyon minimizasyonu ve ek süre maksimizasyonu da aynı anda modellenebilmektedir. Hedef programlama modelinde Eşitlik (3.6.) ile tek amaçlı enfeksiyon minimizasyonu ve Eşitlik (3.12.) ile tek amaçlı ek süre maksimizasyonu modelinden elde edilen optimum değerlerden sapma miktarlarının minimize edilmesi amaçlanmaktadır ve sapmaların minimizasyonu olarak amaç fonksiyonu Eşitlik (3.17.) ile tanımlanmıştır. Enfeksiyon minimizasyonu ve ek süre maksimizasyonunun ayrı ayrı dikkate alındığı tek amaçlı modellerde bulunan kısıtlara ek olarak Eşitlik (3.14.) ve Eşitlik (3.18.)-(3.19.) kısıtları da modele dahil edilmektedir. Böylece hedef programlama modelinin oluşturulması ve çözülmesiyle etkin çözüm bulunabilir.

Minimizing $S_1^+ + S_3^-$ (3.17.)

$$\sum_{i=1}^{l}\sum_{j=1}^{m}(x_{ij} * t_{ij} - YS) - S_3^+ + S_3^- = Opt_Gun_h \quad (3.18.)$$

$$Opt_Enf_h * S_3^- = Opt_Gun_h * S_1^+ \quad (3.19.)$$

iii. **Maliyeti minimum ek süreyi maksimum yapan kateter planının belirlenmesi**

Hedef programlama modelinde maliyet minimizasyonu ve ek süre maksimizasyonunun aynı anda dikkate alınması durumunda Eşitlik (3.11.) ile tek amaçlı maliyet minimizasyonu modelinden ve Eşitlik (3.12.) ile tek amaçlı ek süre maksimizasyonu modellerinden elde edilen optimum maliyet ve ek süre değerlerinden sapma miktarlarının minimizasyonu amaçlanmaktadır ve amaç fonksiyonu Eşitlik (3.20.) ile tanımlanmıştır. Maliyet minimizasyonu ve ek süre maksimizasyonunun ayrı ayrı dikkate alındığı tek amaçlı modelde bulunan kısıtlara ek olarak Eşitlik (3.15.) ve Eşitlik (3.18.) ve Eşitlik (3.21.) kısıtları da dikkate alınarak hedef programlama modelinin oluşturulması ve çözülmesiyle etkin çözüm bulunabilir.

Minimizing $S_3^- + S_2^+$ (3.20.)

$$Opt_Gun_h * S_2^+ = Opt_Mal_h * S_3^- \quad (3.21.)$$

iv. **Maliyeti ve enfeksiyonu minimum ek süreyi maksimum yapan kateter planının belirlenmesi**

Kateter planları belirlenirken enfeksiyon minimizasyonu, maliyet minimizasyonu ve ek süre maksimizasyonu amaçları aynı anda dikkate alınabilir. 3 amaç fonksiyonunun aynı anda dikkate alındığı hedef programlama modelinde tek amaçlı Eşitlik (3.6.) enfeksiyon minimizasyonu, Eşitlik (3.11.) maliyet minimizasyonu ve Eşitlik (3.12.) ek süre maksimizasyonu modellerinden elde edilen optimum değerlerden sapma miktarlarının minimize edilmesi amaçlanmaktadır. Üç amacın dikkate alındığı hedef programlama modelinde amaç fonksiyonu Eşitlik (3.22.) ile ifade edilmiştir. Tek amaçlı modellerde bulunan

kısıtlara ek olarak Eşitlik (3.14.)-(3.16.), Eşitlik (3.18.) ve Eşitlik (3.21.) kısıtları da dikkate alınarak etkin çözüm bulunur.

Minimizing $S_1^+ + S_2^+ + S_3^-$ (3.22.)

Önceliklendirmesiz hedef programlama modelinde tüm amaçlar eşit önem seviyesine sahip kabul edilmektedir. Fakat uygulamada amaçların önceliği birbirinden farklı olabilmektedir. Bu durumda problem önceliklendirmeli hedef programlama yaklaşımı ile çözülmektedir.

3.2.3.4.(2). Önceliklendirmeli Hedef Programlama

Çalışmada dikkate alınan tek amaçlı modeller soucunda hastanın yatış gününe bağlı olarak optimum kateter planları belirlenmektedir. Her bir amacın ayrı ayrı modellenmesi sonucunda farklı optimum kateter planları belirlenmektedir. Birden fazla sayıda optimum kateter planın olması hastaya hangi amaca ait kateter planının uygulanması gerektiğinin belirlenmesini zorlaştırmaktadır. Amaç fonksiyonlarının önceliklendirmesiz hedef programlama modellerinde bir arada modellenmesi sonucunda elde edilen kateter planları ile etkin çözümler bulunabilmektedir. Fakat kateter planları hastaya uygulanacağı için amaçların gerçekleştirilmesi eşit öneme sahip olmamaktadır. İnsan sağlığı söz konusu olduğu için uygulanacak kateter planı ile enfeksiyonun minimize edilmesi, maliyetin minimize edilmesinden doğal oalrak daha öncelikli olmaktadır. Uzman görüşü doğrultusunda amaçların öncelik sırası enfeksiyon minimizasyonu, ek süre maksimizasyonu ve maliyet minimizasyonu olarak belirlenmiştir.

i. **Birinci öncelikli amaç olarak enfeksiyon minimizasyonunun modellenmesi**

Önceliklendirmeli hedef programlama modelinde Eşitlik (3.6.)'nın amaç fonksiyonu olarak dikkate alındığı tek amaçlı model ile elde edilen optimum

enfeksiyon değerinden sapma miktarının minimizasyonu ilk öncelikli amaçtır ve Eşitlik (3.23.) ile ifade edilmiştir. Eşitlik (3.23.)'ün minimizasyonunun amaçlandığı modelde tek amaçlı modelde bulunan kısıtlara ek olarak Eşitlik (3.14.)-(3.15.) ve Eşitlik (3.18.) kısıtları da dikkate alınarak etkin çözüm belirlenir.

$$\text{Minimizing } S_1^+ \tag{3.23.}$$

ii. İkinci öncelikli amaç olarak ek süre maksimizasyonunun modellenmesi

Çalışmada ikinci öncelik olarak kateter planının kullanılabileceği ek sürenin maksimizasyonu belirlenmiştir. Hedef programlama modelinde optimum ek süre değerinden sapma miktarının minimizasyonu amaç fonksiyonu olarak Eşitlik (3.24.) ile ifade edilmiştir. Eşitlik (3.23.)'ün modellenmesi ile elde edilen optimum enfeksiyon değerinden sapma miktarının minimizasyonu ilk öncelikli amaç olduğu için Eşitlik (3.23.)'ün minimizasyonu ile elde edilen değerin korunması gerekmektedir. Bu durum Eşitlik (3.25.) ile ifade edilerek modele kısıt olarak dahil edilmiştir. Eşitlik (3.24.) amaç fonksiyonu Eşitlik (3.14.)-(3.15.), Eşitlik (3.18.) ve Eşitlik (3.25) kısıtları dikkate alınarak modellenir ve modelin uygun paket programda çözülmesi ile etkin çözüm bulunur. Böylece enfeksiyonu minimum yaparken kateter planının kullanılabileceği ek süreyi maksimum yapan kateter planı belirlenir.

$$\text{Minimizing } S_3^- \tag{3.24.}$$

$$S_1^+ = Opt_S_1^+ \tag{3.25.}$$

iii. Üçüncü öncelikli amaç olarak maliyet minimizasyonunun modellenmesi

Kateter planlarının belirlenmesinde üçüncü öncelikli amaç olarak maliyet minimizasyonu belirlenmiştir. Tek amaçlı modelde elde edilen optimum maliyet değerinden sapma miktarın minimizasyonunun amaçlandığı modelde amaç fonksiyonu Eşitlik (3.26.) ile ifade edilmiştir. Üçüncü öncelikli amaç (maliyet minimizasyonu) gerçekleştirilirken, birinci ve ikinci öncelikli amaçların çözümü ile

elde edilen değerlerin korunması gerekmektedir. Bu nedenle Eşitlik (3.23.)'ün minimizasyonu ile elde edilen değer Eşitlik (3.25.); Eşitlik (3.24.)'ün minimizasyonu ile elde edilen değer Eşitlik (3.27.) olarak modele dahil edilmiştir. Üçüncü öncelikli amaç fonksiyonu olan Eşitlik (3.26.) minimize edilirken, tek amaçlı modelde bulunan kısıtlara ek olarak Eşitlik (3.14.)-(3.15.), Eşitlik (3.18.), Eşitlik (3.25.) ve Eşitlik (3.27.) kısıtları dikkate alınarak etkin çözüm bulunur. Böylece enfeksiyonu minimum ve ek süreyi maksimum yaparken maliyeti minimize eden kateter planı belirlenir.

Minimizing S_2^+ (3.26.)

$S_3^- = Opt_S_3^-$ (3.27.)

3.2.3.4.(3). Her Adımda Birden Fazla Amaç Fonksiyonunun Önceliklendirilmesi

Önceliklendirmeli hedef programlama modellerinde birden fazla amaç aynı adımda önceliklendirilerek etkin çözümler bulunabilir. Uzman görüşü doğrultusunda ilk öncelik olarak enfeksiyon minimizasyonu ve ek süre maksimizasyonu, ikinci öncelik olarak maliyet minimizasyonu amaçları belirlenmiştir.

i. Birinci öncelikli amaç olarak enfeksiyon minimizasyonu ve ek süre maksimizasyonunun modellenmesi

Enfeksiyon minimizasyonu ve ek süre maksimizasyonunun ilk öncelikli amaç olması durumunda optimum değerlerden sapmaları minimize edecek amaç fonksiyonu Eşitlik (3.28.) ile ifade edilmiştir. Eşitlik (3.28.) minimize edilirken tek amaçlı modellerde dikkate alınan kısıtlara ek olarak Eşitlik (3.14.)-(3.15.) ve Eşitlik (3.18.) kısıtları da dikkate alınarak etkin çözüm belirlenir.

Minimizing $S_1^+ + S_3^-$ (3.28.)

ii. İkinci öncelikli amaç olarak maliyet minimizasyonunun modellenmesi

İkinci öncelikli amaç olarak maliyet minimizasyonu dikkate alındığında amaç fonksiyonu optimum maliyet değerinde sapma miktarının minimizasyonudur ve Eşitlik (3.26.) ile ifade edilmiştir. Eşitlik (3.28.)'in minimizasyonu ile elde edilen değer Eşitlik (3.29.) olarak tanımlanmış ve modele kısıt olarak eklenmiştir. Eşitlik (3.26.) minimize edilirken, tek amaçlı modelde bulunan kısıtlara ek olarak Eşitlik (3.14.)-(3.15.), Eşitlik (3.18.) ve Eşitlik (3.29.) kısıtlarını dikkate alarak etkin çözüm bulunur.

$$S_1^+ + S_3^- = Opt_(S_1^+ + S_3^-) \quad (3.29.)$$

3.2.5. Genetik Algoritma

Genetik algoritma doğal seçim ve genetikten esinlenen sayısal optimizasyon algoritmasıdır (Coley, 1999). Genetik algoritma ile, çözüm karmaşıklığına sahip (NP-hard) optimizasyon problemlerinde optimalliği garanti etmemekle beraber analitik yöntemlere kıyasla daha kısa sürede optimal veya optimale çok yakın sonuçlar elde edilir. Bu olumlu özelliğinden dolayı genetik algoritmalar pek çok alanda kullanılmaktadır. Başlıca kullanım alanları şu şekilde özetlenebilir (Mitchell ve Forest, 1994):

- Atölye Çizelgeleme,
- Yapay Sinir Ağlar Tasarımı,
- Görüntü Kontrolü,
- Optimizasyon,
- Uzman Sistemler,
- Paketleme Problemleri,

- Makine ve Robot Öğrenmesi,
- Gezgin Satıcı Problemi vs.

Optimizasyon ve genetik algoritma modelleri ile temel amaç optimum veya optimuma yakın çözümlerin elde edilmesidir. Fakat genetik algortimayı klasik optimizasyon modellerinden ayıran dört temel özellik bulunmaktadır (Sivanandam ve Deepa, 2007):

1. GA, parametrelerin kendisi ile değil parametrelerin kodlanmış hali ile ilgilenmektedir.
2. Neredeyse tüm klasik optimizasyon problemlerinde tek noktadan aramaya başlanırken GA'da aramaya bir nokta ailesinden başlanır. Bu durum GA'nın dayanıklılığında (robustness) önemli rol oynar ve global optimum noktaya ulaşma şansını arttırmaktadır.
3. GA, değerlendirmede uygunluk (fitness) fonksiyonunun türevlerini değil kendisini kullanır. Böylece GA her türlü sürekli ve kesikli optimizasyon problemlerine uyarlanabilmektedir.
4. GA, olasılılıksal geçiş kuralları kullanır.

Basit bir GA modeli şu aşamalardan oluşmaktadır (Sivanandam ve Deepa, 2007):

- N kromozomdan oluşan rastgele popülasyon oluşturulması,
- Popülasyondaki her bir kromozom için uygunluğun hesaplanması,
- Yeni popülasyonun oluşturulması
  - Ø Seçim : En iyi uygunluk değerine sahip iki ebeveyn kromozom seçilir.

- Ø Çaprazlama (Crossover): Tercih edilen çaprazlama oranına göre ebeveyn kromozomlar çaprazlanır ve yeni fert (offspring) oluşturulur. Eğer çaprazlama olmazsa yeni fert, ebeveynin aynısı olacaktır.
- Ø Mutasyon: Tercih edilen mutasyon oranına göre yeni ferdin kromozom içindeki konumu (lokus) değiştirilir.
- Ø Kabul: Yeni fert popülasyona dahil edilir.

· Yer Değiştirme: Yeni popülasyonun üretilmesi için eski popülasyon yeni popülasyon ile yerdeğiştirilir.

· Test: Durdurma kriteri sağlandıysa iterasyonlar durdurulur ve son popülasyon çözüm olarak sunulur.

· Tekrar (Loop): eğer durdurma kriteri sağlanmazsa uygunluk değerinin hesaplandığı 2. Adıma geri dönülür.

3.2.5.1. Genetik algoritmada kullanılan operatörler

GA'da seçim, çaprazlama ve mutasyon operatörleri yer almaktadır (Coley 1999, Sivanandam ve Deepa 2007). GA'da var olan nesil üzerinde bu operatörler kullanılarak yeni nesil elde edilmektedir. Seçim, çaprazlama ve mutasyon operatörleri ile başlangıçta rastgele oluşturulan çözüm adaylarının en iyiye yaklaştırılması hedeflenmektedir.

3.2.5.1.(1). Seçim

Seçim, çaprazlama işlemi için popülasyondan ebeveynlerin elde edilmesidir (Sivanandam ve Deepa, 2007). Seçim sonucunda genetik algoritmada hangi bireylere genetik işlemlerin uygulanacağı belirlenir. Uygulamada kullanılan pek çok seçim yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemler şu şekilde özetlenebilir (Coley 1999, Sivanandam ve Deepa 2007):

- Rassal seçim yöntemi
- Rulet tekerleği yöntemi
- Turnuva yöntemi
- Sıralı seçim yöntemi
- Elitizm seçim yöntemi

3.2.5.1.(2). Çaprazlama

Çaprazlama, GA'da ebeveynden yeni nesil oluşturulan aşamadır (Sivanandam ve Deepa, 2007). Bu operatör ile farklı bireylerdeki özellikler kombine edilmektedir. Bireyler arasında gen aktarımı sağlanarak önceki popülasyona göre daha iyi özelliğe sahip bireyler elde edilir.

Çaprazlama yeniden oluşum olayıdır ve üç adımdan oluşur (Sivanandam ve Deepa, 2007):

1. Üretim operatörü eşleşme için rasgele iki bireysel gen dizilimi seçer.
2. Gen dizisi uzunluğu boyunca rasgele çapraz konum seçilir.
3. Sonuç olarak, çaprazlama konumuna göre ikili diziler arasında konum değişimi yapılır.

GA'da kullanılan çaprazlama yöntemleri şu şekilde özetlenebilir (Coley 1999, Sivanandam ve Deepa 2007).

- Tek nokta çaprazlama
- İki nokta çaprazlama
- N nokta çaprazlama
- Uniform çaprazlama
- Shuffle çaprazlama
- Sıralı çaprazlama

Çaprazlama operatöründe çaprazlama oranı büyük öneme sahiptir. Eğer Çaprazlama olasılığı çaprazlamanın sıklığını belirtir. Çaprazlama olasılığı%0 olursa yeni birey eski bireylerin tamamen aynısı olmamakla beraber kopyası olur, %100 olursa yeni birey tamamen çaprazlama işleminden üretilir (Sivanandam ve Deepa, 2007).

3.2.5.1.(3). Mutasyon

Mutasyon ile çaprazlama sonucu oluşan yeni bireyin bir kısmı değişmektedir. Mutasyon, algoritmanın lokal minimum takılmasını önlemektedir (Sivanandam ve Deepa, 2007). Bu durum GA için mutasyonu gerekli kılmaktadır. Uygulamada kullanılan pek çok mutasyon yöntemi bulunmaktadır. Bunlar şu şekilde özetlenebilir (Soni ve Kumar, 2014):

- Ters çevirme
- Yer değişikliği
- Ekleme
- Karşılıklı değişim

Mutasyon olasılığı kromozomların mutasyona uğrama sıklığını göstermektedir. Mutasyon olasılığının çok yüksek olması GA'yı tamamen rassal bir süreç haline getireceği için olasılığın çok yüksek olmaması istenir (Sivanandam ve Deepa, 2007).

Durdurma Kuralı: GA modeli bir döngü şeklinde çalışmaktadır. Döngünün durdurulması için modele sonlandırma kuralının belirtilmesi gerekmektedir. Uygulamada pek çok durdurma kuralı bulunmaktadır. Bu kurallar şu şekilde özetlenebilir (Sivanandam ve Deepa, 2007):

- Maksimum nesil sayısı
- Evrim süresi (Elapsed time)
- Uygunluk Eşiği (No change in fitness)
- Popülasyon yakınsaması (stall generations)

3.2.5.2. Çok Amaçlı Genetik Algoritma

Optimizasyon modellerinde olduğu gibi GA modellerinde de aynı anda birden fazla amaç dikkate alınabilmektedir. Çok amaçlı optimizasyon problemlerinde çözüm, tek amaçlı modellerin aksine tek bir nokta değil pareto optimal olarak bilinen noktalar kümesidir. Pareto optimalde bulunan her bir nokta non-inferior çözüm sunmaktadır ve GA, pek çok non-inferior çözümü dikkate aldığı için çok amaçlı modellerin çözümünde yaygın kullanılmaktadır (Fonseca ve Fleming, 1993).

Çalışma kapsamında çok amaçlı optimizasyon yöntemlerinden hedef programlama yöntemi tercih edilmiştir. Bu nedenle çok amaçlı optimizasyon problemlerinin çözümünde GA modeli hedef programlama yöntemine uyarlanmıştır. Tek amaçlı GA modelindeki süreç çok amaçlı GA modellerinde de aynı olmakla beraber amaç fonksiyonlarının ifade ediliş şekli farklı olmaktadır. Hedef progralama modelinde amaç, hedef değerden sapmaların minimizasyonu olduğu için sapmaların yönü önem arz etmektedir. t_j , hedeflenen değer; $f_j(x)$ dikkate alınan amaç fonksiyon olmak üzere hedef programlama modellerinde dört durum bulunmaktadır (Sayyouth, 1981:Deb 2001'den):

1. Hedeflenen değere eşit veya daha küçük olması ($f_j(x) \leq t_j$).
2. Hedeflenen değere eşit veya daha büyük olması ($f_j(x) \geq t_j$).
3. Hedeflenen değere eşit olması ($f_j(x) = t_j$).
4. Hedeflenen değerin bir aralık içinde olması ($f_j(x) \in [t^l, t^u]$

Hedef programlama modellerinde bulunan dört durumun GA modellerinde de dikkate alınmaktadır. Hedef değerlerden sapmaların minimizasyonu için Çizelge 3.2.'de her bir hedef için hedef programalamada kullanılacak amaç fonksiyonları gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Hedef Programlama Amaç Fonksiyonları (Deb, 2001)

Tip	Hedef	Amaç Fonksiyonu
≤	$f_j(x) \leq t_j$	Minimize $\langle f_j(x) - t_j \rangle$
≥	$f_j(x) \geq t_j$	Minimize $\langle t_j - f_j(x) \rangle$
=	$f_j(x) = t_j$	Minimize $\lvert f_j(x) - t_j \rvert$
Aralık	$f_j(x) \in [t_j^u, t_j^l]$	Min max $(\langle t_j^l - f_j(x) \rangle, \langle f_j(x) - t_j^u \rangle)$

3.2.5.2.(1). Önerilen Çok Amaçlı Genetik Algoritma Yaklaşımı

Klasik optimizasyon modellerindeki tüm kısıtlar aynı kalmak şartı ile amaç fonksiyonunun tipine göre hedef programlama amaç fonksiyonları Çizelge 3.2.'ye göre oluşturulmalıdır. Çalışma kapsamında hedef programlama-genetik algoritma modelinde dikkate alınacak amaç fonksiyonları enfeksiyon minimizasyonu için Eşitlik (3.30.); maliyet minimizasyonu için Eşitlik (3.31.) ve ek süre maksimizasyonu için Eşitlik (3.32.) ile verilmiştir. Uygulanacak hedef programı yöntemine göre (nonpreemptive/preemptive) etkin çözümler elde edilecektir. Önceliklendirmeli hedef programalma yaklaşımı uygulanması durumunda, klasik hedef programlama modellerinde olduğu gibi yüksek önceliğe sahip amaç fonksiyonları ile elde edilen değerler, düşük öncelikli amaç fonksiyonlarının çözümünde kısıt olarak eklenmiştir.

$$minimize\ ((\sum_{i=1}^{l}\sum_{j=1}^{m} 7^{(a*x_{ij}-1)} * I_{ij}) - Opt_{Enf_h}) \quad (3.30.)$$

$$\text{minimize } ((\sum_{i=1}^{l}\sum_{j=1}^{m} k_{ij} * c_{ij} * a * x_{ij} + \sum_{i=1}^{l}\sum_{j=1}^{m} a * P_{ij} * x_{ij}) - Opt_{Mal_h}) \quad (3.31.)$$

$$minimize\ (Opt_Gun_h - \sum_{i=1}^{l}\sum_{j=1}^{m}(x_{ij} * t_{ij} - YS)\ ) \quad (3.32.)$$

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında büyük bir araştırma hastanesinin YYBÜ'de hastaların ilk gün parametre değerlerine bağlı yatış süreleri ve bu yatış süresine göre optimum invaziv girişim planları modellenmiştir.

4.1. Veri Analizi

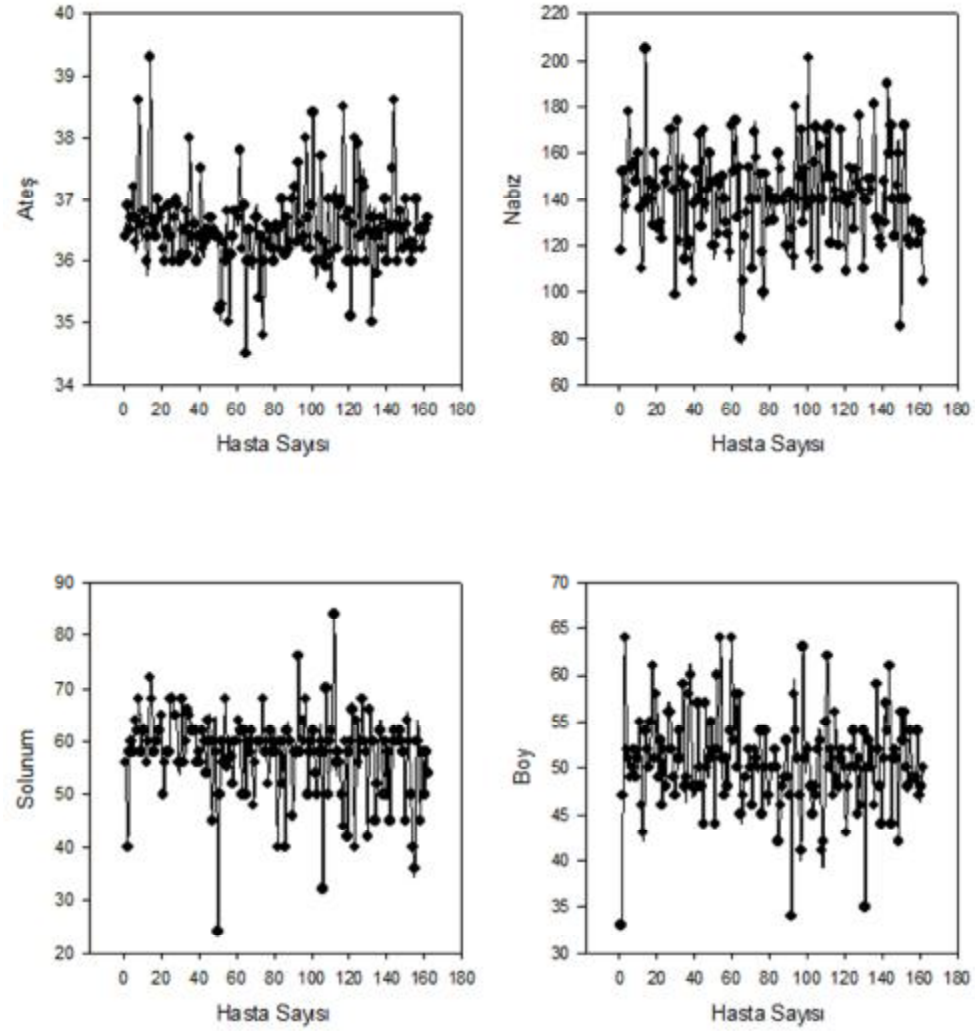
YYBÜ'de yatışı gerçekleşen yenidoğanların demografik, biyokimyasal ve laboratuvar kayıtlarından bazı veriler alınmıştır. Bu verilerin minimum ve maksimum değerleri Çizelge 3.1.'de verilmiştir. Verilerin minimum-maksimum aralığındaki değişimlerinin incelenmesi amacıyla oluşturulan grafikler Şekil 4.1.-4.6.'da verilmiştir.

Şekil 4.1.'de ateş, nabız, solunum ve boy parametreleri incelenmiş ve parametrelere ait istatistiksel bilgiler aşağıda verilmiştir.

- **Ateş: Yenidoğanlarda ideal vücut sıcaklığı** 36.6-37 ^{o}C aralığı olarak belirtilmektedir (http://emedicine.medscape.com/article/2172054-overview). Çalışmada dikkate alınan verilerin yenidoğanlarda ideal vücut sıcaklığı aralığında yoğunluk gösterdiği Şekil 4.1.'de görülmektedir. Vücut ısısının 36,0^{o}C'nın altında ve 37,8^{o}C'nin üstünde olduğu durumlar kritik sıcaklıklardır. Şekil 4.1.'e göre kritik vücut sıcaklığına sahip yenidoğanlar da bulunmaktadır.
- **Nabız:** Yenidoğanların ideal nabız sayısı 100-140 olmakla beraber Şekil 4.1.'e göre dikkate alınan yenidoğanların nabız değerleri 100-180 bandı arasında dağılım göstermektedir.
- **Solunum:** Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre 0-2 aylık yenidoğanlarda ideal solunum hızı 40-60 (Solunum hızı/dakika), 3-11 aylık yenidoğanlarda ise 40-50 solunum hızı/dakika olmalıdır. Şekil 4.1.'e göre dikkate alınan

yenidoğanların solunum değerleri 45-70 bandında değişim göstermektedir. Bu değerler ideal çalışmada dikkate alınan yenidoğanların bir kısmının ideal solunum hız değerlerinde, bir kısmının ise ideal değerlerde olmadığını göstermektedir.

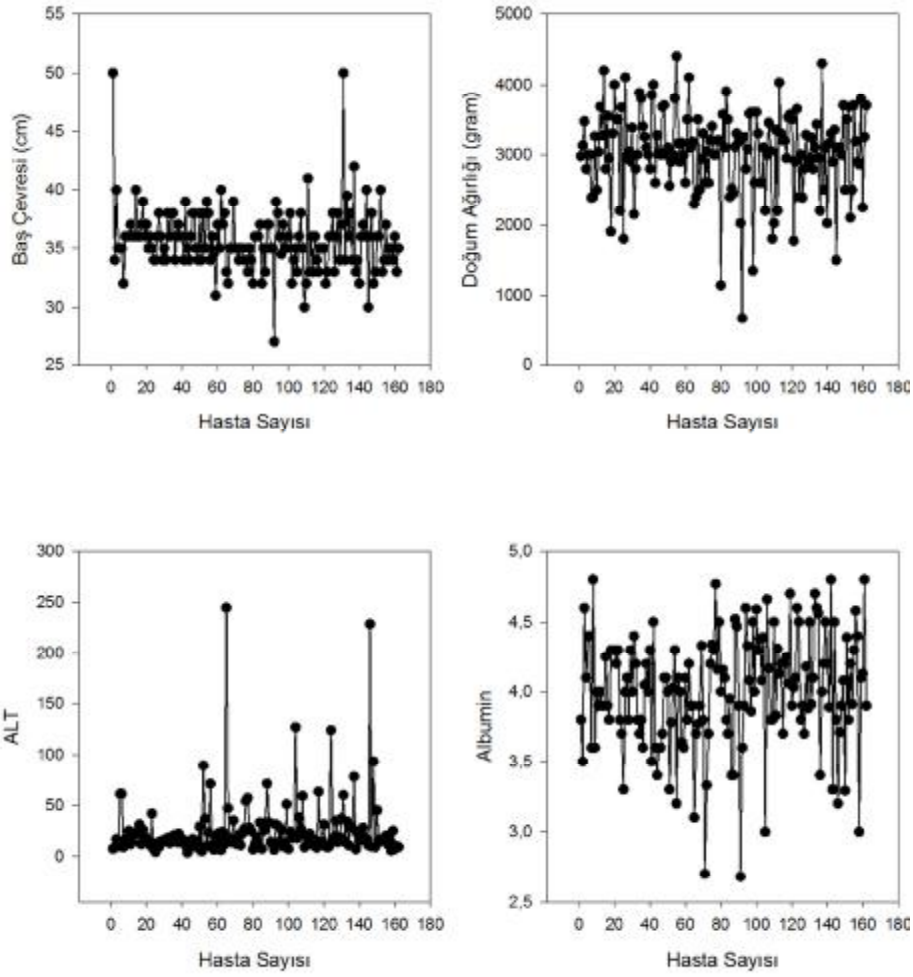
- **Boy:** Yenidoğanlarda ideal boy değerleri kız ve erkek bebekler için değişmekle beraber ortalama olarak 45.6-52.7 cm aralığındadır. Şekil 4.1.'e göre yenidoğanların boy değerleri 40-55 cm aralığında değişmektedir. Bu değerler çalışmada dikkate alınan yenidoğanların bir kısmının ideal boy değerlerinde, bir kısmının ise ideal değerlerde olmadığını göstermektedir.



Şekil 4.1. Hastalara ait Ateş, Nabız, Solunum ve Boy Verilerinin Dağılımı

Şekil 4.2.'de baş çevresi, doğum ağırlığı, ALT ve albumin parametreleri incelenmiş ve parametrelere ait bilgiler aşağıda verilmiştir.

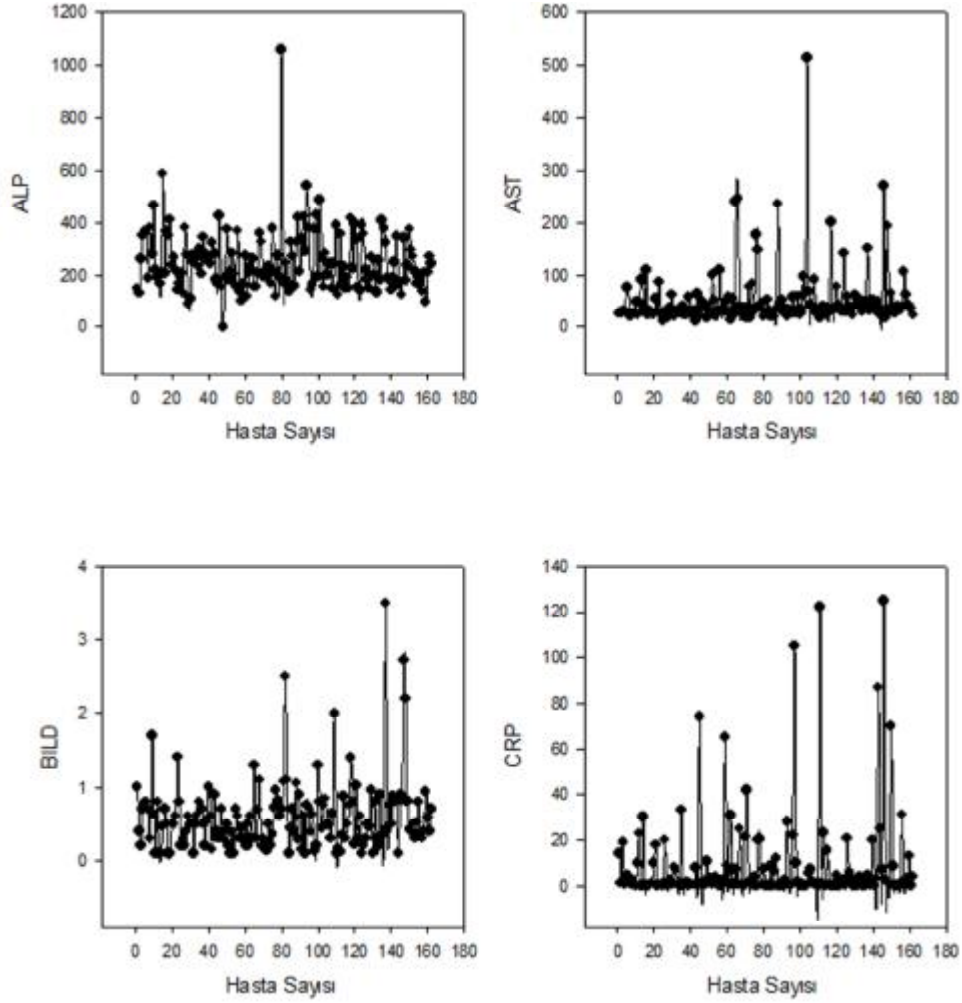
- **Baş Çevresi:** İdeal değerler kız ve erkek bebekler için değişmekle beraber ortalama olarak 31.7-36.9 cm aralığı olarak belirtilebilir. Şekil 4.2.'ye göre çalışmada dikkate alınan yenidoğanların baş çevreleri 34-40 cm aralığında değişmektedir. Verilerin yoğun olarak yer aldığı aralığın ideal durumdan uzak olduğu söylenebilir. Şekil 4.2.'ye göre 25-30 cm ve 45-50 cm bandında yer alan kritik değerler çalışmada dikkate alınan veri grubunda bulunmaktadır.
- **Doğum ağırlığı:** Şekil 4.2.'ye göre çalışmada düşük ve normal doğum ağırlığına sahip bebeklerin dikkate alındığı görülmektedir. Yenidoğanların doğum ağırlıklarının ideal değerleri cinsiyete göre değişmekle beraber ortalama olarak 2400-4200 gram aralığı olarak belirtilebilir. Çalışmada dikkate alınan yenidoğanların genellikle 2500-3500 gram aralığında olduğu Şekil 4.2.'ye göre söylenebilir. Bu durum çalışmada dikkate alınan yenidoğanların doğum ağırlığının ideal aralık içerisinde olduğunu göstermektedir.
- **ALT:** Alanin transaminaz (ALT), karaciğer hasarının tesptinde kullanılan test değeridir ve 0-1 yaş aralığı için ideal değeri 13 – 45 U/L'dir. Şekil 4.2.'de yer alan yenidoğan verilerinin değişim aralığı ise 3.7-50 U/L'dir. Şekil 4.2.'de 245 U/L gibi aşırı sapan değerler olmakla beraber çalışmada dikkate alınan değerlerin genellikle ideal aralıkta olduğu söylenebilir.
- **Albumin:** Albumin, kanda moleküllerin taşınması ile görevli olan plazma proteinidir. Albumin için ideal değerler 0-4 günlük yenidoğanlarda 2.8-4.4 g/dL, 4 gün-14 yaş grubu için ise 3.8-5.4 g/dL'dir (https://www.healthcare.uiowa.edu/path_handbook/Appendix/Heme/PEDIATRIC_NORMALS.html). Şekil 4.1.'de dikkate alınan yenidoğanların albümin değerleri 3.5-4.5 g/dL aralığında değişmektedir. 2.68 g/dL gibi aşırı sapan değerler olmakla beraber Şekil 4.2.'de bulunan değerlerin genellikle ideal değerlerde olduğu söylenebilir.



Şekil 4.2. Hastalara ait Baş Çevresi, Doğum Ağırlığı, ALT ve Albumin Verilerinin Dağılımı

Şekil 4.3.'de ALP, AST, BILD ve CRP parametreleri incelenmiş ve parametrelere ait bilgiler aşağıda verilmiştir.

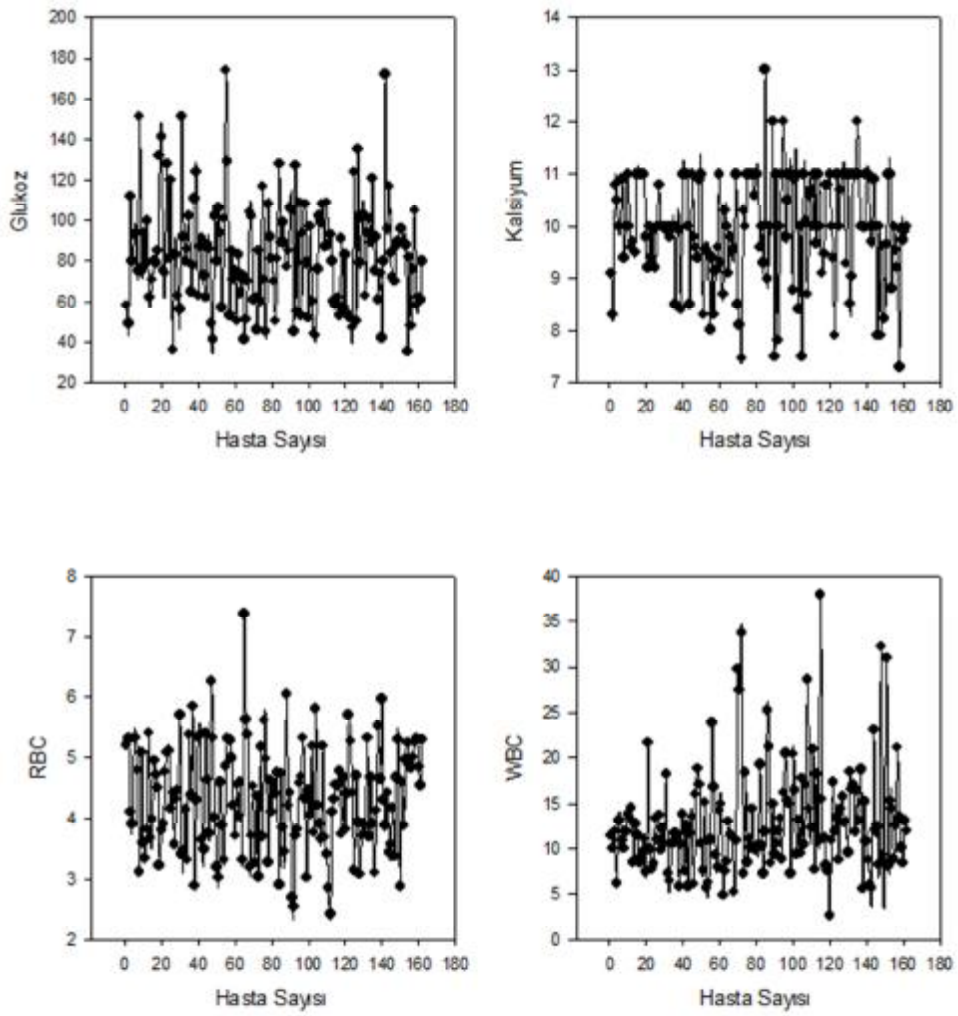
- **ALP:** Alkalen fosfataz (ALP), karaciğer ve kemik hastalıklarının tanısında yaygın olarak kullanılır ve ideal değerleri 1-30 günlük erkek bebeklerde 75-316 U/L, kız bebeklerde 48-406 U/L; 1ay-1 yaş erkek bebklerde 82 – 383 U/L, kız bebeklerde 124 – 341 U/L aralığında değişmektedir. Şekil 4.3.'de yer alan veriler 120-380 U/L bandında değişmektedir. 1059 U/L kadar büyük sapan değerler bulunmasına rağmen Şekil 4.3.'deki veriler genellikle ideal aralıkta yer almaktadır.
- **AST:** Aspartat aminotransferaz (AST), genellikle ALT testi ile beraber yapılır ve karaciğerin durumu hakkında bilgi verir. Yenidoğanlarda, AST değeri ideal olarak 25 – 75 U/L aralığında değişmektedir. Şekil 4.3.'e göre çalışmada dikkate alınan grubun AST değeri genellikle 12-100 U/L bandında değişim göstermektedir. Şekil 4.3.'e göre çok büyük sapmalar gösteren AST değerleri olmasına rağmen veriler genellikle ideal aralıkta bulunmaktadır.
- **BILD:** Bilirubin direkt (BILD) için ideal aralık 0,0 – 0,3 mg/dL'dir (http://www.mayomedicallaboratories.com/testcatalog/Clinical+and+Interpretive/81787). Şekil 4.3.'de verilerin genellikle 0-1 mg/dL aralığında değiştiği görülmektedir.
- **CRP:** C-Reaktif Protein (CRP), değeri enfeksiyon göstergesi olarak belirtilebilir. Şekil 4.3.'de yer alan verilerin genellikle 0.01-20 aralığında değiştiği görülmektedir.



Şekil 4.3. Hastalara ait ALP, AST, BILD ve CRP Verilerinin Dağılımı

Şekil 4.4.'de glukoz, kalsiyum, RBC ve WBC parametreleri incelenmiş ve parametrelere ait bilgiler aşağıda verilmiştir.

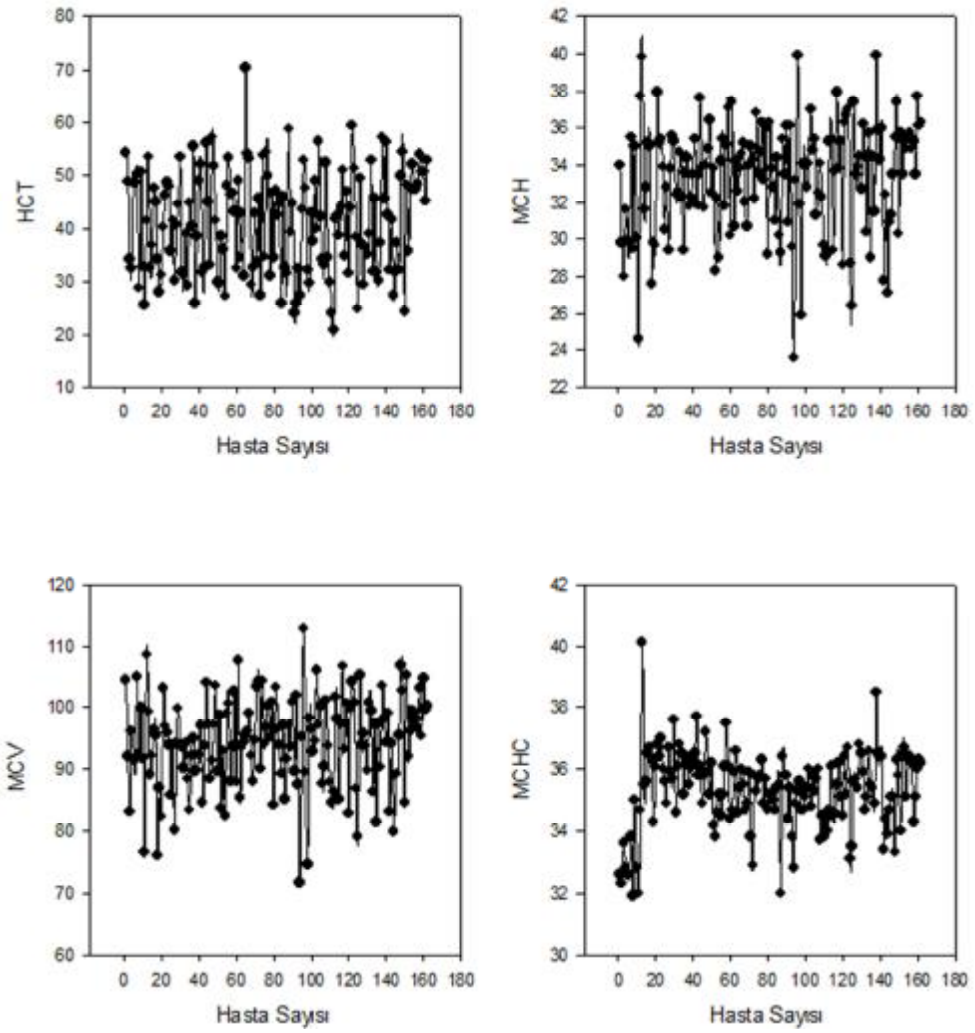
- **Glukoz:** Kandaki şeker miktarının ölçülmesi amacıyla yapılan glukoz testinde referans değerler 30-45 mg/dL aralığı olarak kabul edilmektedir (http://emedicine.medscape.com/article/802334-overview). Şekil 4.4.'de dikkate alınan verilerde glukoz değerleri genellike 60-110 mg/dL arasında değişim göstermektedir.
- **Kalsiyum:** Tarama testlerinde sıklıkla kullanılan kalsiyum testi için 0-30 günlük yenidoğanlarda ideal değişim aralığı kız ve erkeklerde değişmekle beraber 8.4-10.6 mg/dL, 31 gün-1yıl için referans değer ise 8.7-10.5 mg/dL'dir(https://www.healthcare.uiowa.edu/path_handbook/Appendix/Heme/PEDIATRIC_NORMALS.html). Şekil 4.4.'de yer alan verilerin genellikle 8-11 mg/dL aralığında değiştiği görülmektedir. Çalışmada dikkate alınan verilerin büyük oranda ideal sınırların içerisinde yer aldığı söylenebilir.
- **RBC:** RBC testi ile kırmızı kan hücrelerinin (eritrosit) sayımı yapılır. Şekil 4.4.'de dikkate alınan verilerin RBC değerlerinin 3-5.5 M/ul bandında değişim gösterdiği görülmektedir. RBC için referans değerler yenidoğanlarda 3.9-5.5 M/ul olarak belirlenmiştir (http://www.uams.edu/clinlab/Pediatricnormalrangesfinalupdated%207.15.09.pdf).
- **WBC:** WBC testi ile beyaz kan hücresinin (lökosit) sayımı yapılır. Şekil 4.4.'de dikkate alınan verilerin WBC değerlerinin 5-15 bandında değişim gösterdiği görülmektedir. WBC için referans değerler yenidoğanlarda 9-30 K/ul olarak belirlenmiştir (http://www.uams.edu/clinlab/Pediatricnormalrangesfinalupdated%207.15.09.pdf).



Şekil 4.4. Hastalara ait Glukoz, Kalsiyum, RBC ve WBC Verilerinin Dağılımı

Şekil 4.5.'de HCT, MCH, MCV ve MCHC parametreleri incelenmiş ve parametrelere ait bilgiler aşağıda verilmiştir. HCT, MCH, MCV ve MCHC parametreleri için referans değerler https://www.healthcare.uiowa.edu/path_handbook/Appendix/Heme/PEDIATRIC_NORMALS.html'dan alınmıştır.

- **HCT:** Hematocrit (HCT) testi, kanda bulunan kırmızı kan hücrelerinin kanın tümüne oranlanarak yüzde olarak belirlenmesidir. HCT'nin ideal değişim aralığı yenidoğanlarda %42-%65; bir-iki aylık yenidoğanlarda %33- %55 ve iki-üç aylık bebeklerde %28-%41 olarak belirtilmiştir. Şekil 4.5.'de dikkate alınan verilerin HCT değerlerinin %25-%55 bandında değişim gösterdiği görülmektedir. Şekil 4.5.'deki verilerde ideal alt sınır değerinden küçük çok fazla veri olduğu görülmektedir.
- **MCH:** MCH (ortalama alyuvar hemoglobini) testi ile vitamin, mineral eksiklikleri ve kronik hastalıkların belirlenmesinde kullanılabilmektedir. MCH'nin ideal değişim aralığı 0-1 aylık bebeklerde 31-37 pg, 1 ay-3 aylık bebeklerde 27-36 pg ve 3-6 aylık bebeklerde 25-35 pg olarak belirtilmiştir. Şekil 4.5.'de dikkate alınan verilerde MCH değerleri genellikle 31-36 pg aralığında bulunmaktadır.
- **MCV:** MCV, kanda bulunan alyuvarların ortalama büyüklüğünü göstermektedir. MCV için ideal değişim aralığı yeni doğan bebeklerde 88-123 fL, 1-3 aylık bebeklerde 91-112 fL, 3-6 aylık bebeklerde 74-108 fL ve 6 aylık-1 yaş bebeklerde ise 70-85 fL'dir. Şekil 4.5.'de dikkate alınan verilerin MCV değerleri 85-100 fL aralığında değişim göstermektedir.
- **MCHC:** MCHC testi alyuvarların hemoglobin içeriğini gösterir. MCHC için ideal değişim aralığı 0-6 aylık yenidoğanlarda 28-36 g/dL, 6-12 aylık bebeklerde ise 32-36 g/dL'dir. Şekil 4.5.'de çalışmada dikkate alınan verilerin MCHC değerleri genellikle 24-37 g/dL aralığında değişim göstermektedir. Şekil 4.5.'deki değerlerin genellikle ideal alt sınır değerinin altında olduğu görülmektedir.

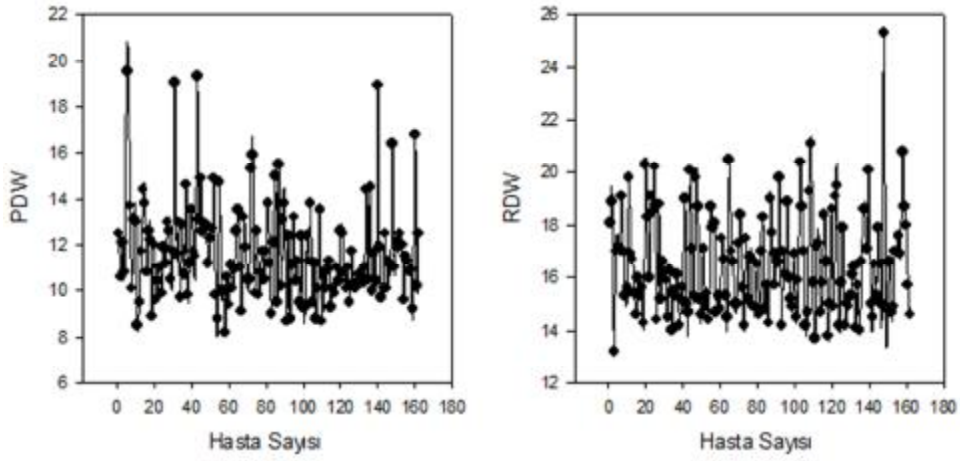


Şekil 4.5. Hastalara ait HCT, MCH, MCV ve MCHC Verilerinin Dağılımı

Şekil 4.6.'da PDW ve RDW parametreleri incelenmiş ve parametrelere ait bilgiler aşağıda verilmiştir.

- **PDW:** Trombosit dağılım genişliği (PDW) testi ile kemik iliğinin ne kadar iyi çalıştığı incelenmektedir. Şekil 4.6.'ya göre çalışmada dikkate alınan verilerin PDW değerleri genellikle 9-13 aralığında değişim göstermektedir.

- **RDW:** Kırmızı kan hücreleri dağılım genişliği (RDW) testi alyuvarların büyüklüğü arasındaki farkı ortaya koymaktadır. Şekil 4.6.'ya göre çalışmada dikkate alınan verilerin RDW değerleri genellikle 14-19 aralığında değişim göstermektedir.



Şekil 4.6. Hastalara ait PDW ve RDW Verilerinin Dağılımı

4.2. Yatış Süresi Üzerinde Etkili Parametrelerin Belirlenmesi

Yatış süresi, yenidoğanın hastaneye giriş ve çıkış anı arasındaki süreyi ifade etmektedir. Yatış süresinin yatış anında belirli olması durumunda hastane kaynakları (alet, ekipman, personel vb.) optimum şekilde planlanabilecektir. Yatış süresinin belirli olması hastane kaynakları gibi hastaya uygulanacak tedavi planının da doğru yapılmasına fayda sağlayacaktır.

Her bir hasta için yatış süresinin belirlenebilmesi için çalışmanın yürütüldüğü hastaneden yatış süresi ve hastalara ait Çizelge 3.1.'de yer alan parametrelere ait kayıtlar alınmıştır. Çalışma kapsamında dikkate alınan hastanenin YYBÜ'nde yatış süresi günlük olarak tutulmaktadır. Bu nedenle çalışma kapsamında da yatış süresi gün bazında dikkate alınmıştır. Çizelge 3.1.'de yer alan parametrelerin bir kısmı yatış süresi üzerinde etki göstermektedir. Yatış süresi

üzerinde etkili olan parametreler ve etki büyüklükleri istatistiksel analizlerle belirlenmiştir.

Yatış Süresi Üzerinde Cinsiyetin Etkisi

Çalışmanın ilk adımında demografik verilerden cinsiyetin yatış süresi üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Cinsiyet parametresi, yatış süresi üzerinde etkili bulunursa çalışmada kız ve erkek yenidoğanlar için iki ayrı model kurulması gerekir. Fakat cinsiyetin yatış süresi üzerinde herhangi bir etkisi bulunmazsa tek bir model tüm veri seti için kullanılabilir. İki örneklemin ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak test edilmesinde bağımsız örneklem (independent sample) t testi kullanılabilmektedir (Ngahane ve ark. 2012, Aksoy ve ark. 2012). Bu nedenle cinsiyetin yatış süresi üzerindeki etkisinin analizinde independent sample t testi kullanılmıştır.

Çizelge 4.1.'de SPSS paket progtamında cinsiyet parametresi için yapılan independent t test sonucu bulunmaktadır. Değişkenlerin eşitliği için Levene test sonucunda elde edilen sig. değeri (0.542) 'Eşit olmayan varyans varsayımı'nın kullanılmasının istatistiksel olarak daha uygun olacağını göstermektedir. Fakat Çizelge 4.1.'ye göre 'Eşit varyans varsayımı' ve 'Eşit olmayan varyans varsayımı' analizlerinde elde edilen sig. değerleri aynı olduğu için analiz yorumlarında bir farklılık bulunmamaktadır. Independent t testi sonucuna göre sig (2-tailed) değeri 0.970 olarak bulunmuştur. Bu değerin %95 güven aralığı için 0.05'den büyük olması iki grubun (kız ve erkek bebeklerin) yatış süreleri ortalamaları arasında istatistiksel anlamda fark olmadığını göstermektedir. Bu durum çalışmada kurulan modellerde yenidoğanların cinsiyetlerine göre gruplandırılmasına ve dolayısıyla iki farklı model kurulmasına gerek olmadığını göstermektedir.

Çizelge 4.1. Independent Sample t Test Sonucu

Hipotez Varsayımı	**Değişkenlerin Eşitliği İçin Levene Testi**		**Sig. (2-tailed)**
	F	**Sig.**	
Eşit varyans varsayımı	0,373	0,542	0,970
Eşit olmayan varyans varsayımı			0,970

Yatış Süresi Üzerinde Parametrelerin Etkisi

Çizelge 3.1.'de yer alan 22 parametrenin yatış süresi üzerinde etkili olup olmadığı belirlenirken analysis of variance (Anova) analizinden faydalanılmıştır. Anova analizinde Çizelge 3.1.'de bulunan 22 parametre girdi değişkenini, yatış süresi ise çıktı değişkenini ifade etmektedir. Anova analizinde gruplar arası farklılıklar incelenmektedir. Bu nedenle mevcut verilerin gruplandırılması gerekmektedir ve gruplandırma yapılırken Eşitlik (3.4.) ve Eşitlik (3.5.)'deki Sturgles formülleri kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan veri sayısı (n) 162'dir. Eşitilik (3.4.) dikkate alındığında k sınıf sayısının değeri 8 bulunmaktadır. Her bir parametrenin Çizelge 3.1.'de bulunan minimum ve maksimum değerleri dikkate alınarak R değeri hesaplanmıştır. 22 parametre için R ve k değerlenin belirlenmesi ile Eşitlik (3.5.)'e göre c değerleri hesaplanmıştır. C değerlerine bağlı sınıf genişlikleri belirlenmiş ve Çizelge 4.2.'de verilmiştir. Çizelge 4.2.'de sınıfların üst sınır değerleri verilmiştir. Fakat sekizinci sınıf, yedinci sınıfın üst sınıf değerinden büyük olan değerleri kapsadığı için sekizinci sınıf çizelgede yedinci sınıfın üst sınıf değerinden büyük olan değerler olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Parametrelerin Sınıf Genişlikleri

Parametre	R	c	Sınıf 1	Sınıf 2	Sınıf 3	Sınıf 4	Sınıf 5	Sınıf 6	Sınıf 7	Sınıf 8
Ateş	4,8	0,6	35,1	35,7	36,3	36,9	37,5	38,1	38,7	38,7+
Nabız	125	15,625	95,625	111,25	126,875	142,5	158,125	173,75	189,375	189,375+
Solunum	60	7,5	31,5	39	46,5	54,4	61,5	69	76,5	76,5+
Boy	31	3,875	36,875	40,75	44,625	48,5	52,375	56,25	60,125	60,125+
Baş Çevresi	50	6,25	6,25	12,5	18,75	25	31,25	37,5	43,75	43,75+
Doğum Ağırlığı	3730	466,25	1136,25	1602,5	2068,75	2535	3001,25	3467,5	3933,75	3933,75+
ALT	241,3	30,1625	33,8625	64,025	94,1875	124,35	154,5125	184,675	214,8375	214,8375+
Albumin	2,12	0,265	2,945	3,21	3,475	3,74	4,005	4,27	4,535	4,535+
ALP	1059	132,375	132,375	264,75	397,125	529,5	661,875	794,25	926,625	926,625+
AST	502	62,75	74,75	137,5	200,25	263	325,75	388,5	451,25	451,25+
BILD	3,4	0,425	0,525	0,95	1,375	1,8	2,225	2,65	3,075	3,075+
CRP	124,99	15,623755	15,623755	31,24755	46,871255	62,4955	78,118755	93,74255	109,366255	109,36625+
Glukoz	139	17,375	52,375	69,75	87,125	104,5	121,875	139,25	156,625	156,625+
Kalsiyum	5,7	0,7125	8,0125	8,725	9,4375	10,15	10,8625	11,575	12,2875	12,2875+
RBC	4,95	0,61875	3,03875	3,6575	4,27625	4,895	5,51375	6,1325	6,75125	6,75125+
WBC	35,28	4,41	7,09	11,5	15,91	20,32	24,73	29,14	33,55	33,55+
HCT	49,5	6,1875	27,0875	33,275	39,4625	45,65	51,8375	58,025	64,2125	64,2125+
MCH	16,3	2,0375	25,6375	27,675	29,7125	31,75	33,7875	35,825	37,8625	37,8625+
MCV	41,1	5,1375	76,8375	81,975	87,1125	92,25	97,3875	102,525	107,6625	107,6625+
MCHC	8,2	1,025	32,925	33,95	34,975	36	37,025	38,05	39,075	39,075+
PDW	11,3	1,4125	9,6125	11,025	12,4375	13,85	15,2625	16,675	18,0875	18,0875+
RDW	12,1	1,5125	14,7125	16,225	17,7375	19,25	20,7625	22,275	23,7875	23,7875+

Çalışmada dikkate alınan veriler Çizelge 4.2.'deki sınıflara göre gruplandırılmış ve bu gruplara göre SPSS paket programı ile Anova analizi yapılmıştır. ANOVA analizinde, "Sig." değeri <0.05 olan parametreler için tek yönlü varyans analizi için olan H_0 hipotezi reddedilir. Yani *" %95 güvenle, grupların ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır."* denilebilir. Çizelge 4.3.'de 22 parametre için yapılan Anova analiz sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.3. Anova Analiz Sonucu

Parametre		Hata Kareleri Toplamı	df	Karelerin Ortalaması	F	Sig.
Ateş	Gruplar Arası (Between Groups)	556,121	7	79,446	1,803	0,090
	Grup İçi (Within Groups)	6784,132	154	44,053		
	Toplam (Total)	7340,253	161			
Nabız	Gruplar Arası	477,815	7	68,259	1,532	0,160
	Grup İçi	6862,438	154	44,561		
	Toplam	7340,253	161			
Solunum	Gruplar Arası	274,383	7	39,198	0,854	0,544
	Grup İçi	7065,870	154	45,882		
	Toplam	274,383	7			
Boy	Gruplar Arası	699,905	6	116,651	2,723	0,015
	Grup İçi	6640,348	155	42,841		
	Toplam	7340,253	161			
Baş Çevresi	Gruplar Arası	491,451	4	122,863	2,816	0,027
	Grup İçi	6848,802	157	43,623		
	Toplam	7340,253	161			
Doğum Ağırlığı	Gruplar Arası	546,579	7	78,083	1,770	0,097
	Grup İçi	6793,675	154	44,115		
	Toplam	7340,253	161			
ALT	Gruplar Arası	211,549	5	42,310	0,926	0,466
	Grup İçi	7128,704	156	45,697		
	Toplam	7340,253	161			
Albumin	Gruplar Arası	202,919	7	28,988	0,625	0,734
	Grup İçi	7137,334	154	46,346		
	Toplam	7340,253	161			
ALP	Gruplar Arası	230,038	5	46,008	1,009	0,414
	Grup İçi	7110,215	156	45,578		
	Toplam	7340,253	161			
AST	Gruplar Arası	78,062	5	15,612	0,335	0,891
	Grup İçi	7262,191	156	46,553		
	Toplam	7340,253	161			
BILD	Gruplar Arası	455,433	7	65,062	1,455	0,187

Çizelge 4.3. Devamı

	Grup İçi	6884,820	154	44,707		
	Toplam	7340,253	161			
CRP	Gruplar Arası	38,153	6	6,359	0,135	0,992
	Grup İçi	7302,100	155	47,110		
	Toplam	7340,253	161			
Glukoz	Gruplar Arası	426,245	7	60,892	1,356	0,228
	Grup İçi	6914,008	154	44,896		
	Toplam	7340,253	161			
Kalsiyum	Gruplar Arası	311,917	7	44,560	0,976	0,451
	Grup İçi	7028,336	154	45,639		
	Toplam	7340,253	161			
RBC	Gruplar Arası	695,730	7	99,390	2,304	0,029
	Grup İçi	6644,523	154	43,146		
	Toplam	7340,253	161			
WBC	Gruplar Arası	257,530	7	36,790	0,800	0,589
	Grup İçi	7082,723	154	45,992		
	Toplam	7340,253	161			
HCT	Gruplar Arası	970,981	7	138,712	3,354	0,002
	Grup İçi	6369,272	154	41,359		
	Toplam	7340,253	161			
MCH	Gruplar Arası	984,712	7	140,673	3,409	0,002
	Grup İçi	6355,541	154	41,270		
	Toplam	7340,253	161			
MCV	Gruplar Arası	818,168	7	116,881	2,760	0,010
	Grup İçi	6522,085	154	42,351		
	Toplam	7340,253	161			
MCHC	Gruplar Arası	753,832	7	107,690	2,518	0,018
	Grup İçi	6586,421	154	42,769		
	Toplam	7340,253	161			
PDW	Gruplar Arası	142,406	7	20,344	0,435	0,879
	Grup İçi	7197,847	154	46,739		
	Toplam	7340,253	161			
RDW	Gruplar Arası	294,145	6	49,024	1,078	0,378
	Grup İçi	7046,108	155	45,459		
	Toplam	7340,253	161			

Çizelge 4.3.'deki Anova analizi sonuçlarına göre sig. değeri 0.05'den küçük olan boy, baş çevresi, RBC, HCT, MCH, MCV ve MCHC parametreleri YYBÜ'nde yatış süresi üzerinde etki göstermektedir. Yatış süresinin modellenmesinde Anova analizi sonucunda etkili bulunan parametreler kullanılmış olup etkisi olmayan parametreler ihmal edilmiştir. Yatış süresi üzerinde etkili olan parametrelerin etki büyüklükleri birbirinden farklı olabilmektedir. Etkili bulunan parametrelerin etki büyüklerinin belirlenmesinde (eta-kare ve omega-kare analizleri) Çizelge 4.3.'de yer alan ilgili satırlar ($SS_{Between}$, $df_{Between}$, $MS_{Between}$ ve SS_{Total}) kullanılmıştır. Yatış süresi üzerinde etkili olan parametrelerin etki büyüklükleri eta-kare ve omega-kare analizleri ile belirlenmiş ve Çizelge 4.4.'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Yatış Süresi Üzerinde Etkili Parametrelerin Etki Büyüklükleri

Parametre	**Eta-kare (η^2)**	**Omega-kare (ω^2)**
MCH	% 13.415	% 9.427
HCT	% 13.228	% 9.232
MCV	% 11.146	% 7.067
MCHC	% 10.270	% 6.155
Boy	% 9.535	% 5.998
RBC	% 9.478	% 5.332
Baş Çevresi	% 6.695	% 4.293

Çizelge 4.4.'de bulunan eta-kare ve omega-kare analiz sonuçlarına göre etkili parametreler içerisinde etki büyüklüğü en büyük olan parametre MCH; en düşük olan parametre ise baş çevresidir. Çizelge 4.4.'de parametreler eta-kare ve omega-kare analizlerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. Her iki analiz sonucuna göre etki büyüklük sıralamasının aynı ve büyükten küçüğe doğru MCH, HCT, MCV, MCHC, Boy, RBC ve baş çevresi şeklindedir. Eta-kare ve omega-kare analizleri sonucunda etki büyüklüğü sıralamasına göre MCH ve HCT

parametrelerinin birbirine çok yakın olması yatış süresi üzerinde HCT değerinin MCH değeri kadar önemli olduğunu göstermektedir.

Yatış süresine bağlı optimum invaziv girişim planlarının belirlenebilmesi için Çizelge 4.4.'de bulunan yatış süresi üzerinde etkili parametreler ile yatış süresi arasındaki fonksiyonel ilişki belirlenmelidir.

4.3. Yatış süresi matematiksel ifadesinin elde edilmesi

Hastaneden alınan 162 hastanın yatış süresi ve Çizelge 4.4.'de yer alan boy, baş çevresi, RBC, HCT, MCH, MCV ve MCHC parametre değerleri dikkate alınarak yatış süresinin fonksiyonel ilişkisi elde edilmiştir. Bağımlı değişken olan yatış süresinin Çizelge 4.4.'de bulunan bağımsız değişkenlere bağlı fonksiyonel ilişkisi belirlenirken ilk olarak doğrusal regresyon modeli kurulmuştur. Yatış süresine ait doğrusal regresyon modeli Minitab paket programında elde edilmiştir ve elde edilen doğrusal regresyon modeline ait performans gösterge değerleri Çizelge 4.5.'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Yatış Süresine Ait Doğrusal Regresyon Modeli

Model	R Square	Adjusted R Square	R Squared Tahmin
1	19.73%	16.08%	3.36%

$$Yatış\ Süresi = 211 + 0.248 * Baş\ Çevresi - 0.336 * Boy - 0.235 * HCT + 4.08 * MCH - 1.56 * MCV + 1.08 * RBC - 5.06 * MCHC \quad (4.3.)$$

Doğrusal regresyon modeli sonucunda Eşitlik (4.3.)'deki formülasyon elde edilmiştir. Eşitlik (4.3.) için elde edilen ve Çizelge 4.5.'de verilen R^2, adjusted R^2 ve tahmin (prediction) R^2 değerleri oldukça düşük çıkmıştır. R^2 değeri, bağımlı değişken olan yatış süresindeki yaklaşık %20'lik değişim modelde dikkate alınan bağımsız değişken olan boy, baş çevresi, RBC, HCT, MCH, MCV ve MCHC

parametreleri ile açıklanabileceğini göstermektedir. R^2 değerinin 1'e yakın olması durumunda elde edilen modelin kullanılabileceği, açıklayıcılığının yeterli olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Tahmin R^2 değeri ise elde edilen modelin, yeni bağımsız değişkenlerle tahminleme gücünü göstermektedir. Tahmin R^2 değerinin büyük olması, elde edilen modelin tahminlemede kullanılmasının uygun olacağını göstermektedir. Eşitlik (4.3.)'de elde edilen doğrusal regresyon modeline ait R^2 ve prediction R^2 değerlerinin oldukça düşük olması, elde edilen modelin tahminlemede kullanılmasının uygun olmayacağını göstermektedir.

Doğrusal model bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi yeterli doğrulukta açıklayamazsa daha yüksek dereceye sahip polinomlarla çözüm aranmaktadır (Barton ve Meckesheimer, 2006: Kokangül ve ark. 2017'den). Mevcut paket programlar doğrusal olmayan, yüksek dereceye sahip polinomlar için tek bağımlı ve tek bağımsız değişken ile formülasyon oluşturabilmektedir. Bu nedenle yatış süresi üzerinde etkili olan boy, baş çevresi, RBC, HCT, MCH, MCV ve MCHC parametreleri ile yatış süresi arasındaki doğrusal olmayan formülasyon ayrı ayrı incelenmiştir. Dikkate alınan kübik ve kuadratik ilişkiler Minitab paket programında modellenmiş ve formülasyonlar, modellerin açıklayıcılığını gösteren R^2 ve tahmin R^2 değerleri Çizelge 4.6.'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Doğrusal Olmayan Formülasyonlar

Bağımsız Değişken		Kuadratik Formülasyon	Kübik Formülasyon
Boy	Formülasyon	71,3- 2,49 boy + 0,0242 boy^2	294- 16,58 boy + 0,316 boy^2 - 0,00197 boy^3
	R^2	3,25%	4,92%
	Tahmin R^2	0,00%	0,00%
Baş Çevresi	Formülasyon	7,17 - 0,321 başçevresi + 0,00956 $başçevresi^2$	5,24 + 1,41 başçvresi - 0,0757 $başçvresi^2$ + 0,001071 $başçvresi^3$
	R^2	2,78%	4,42%
	Tahmin R^2	0,00%	0,00%
RBC	Formülasyon	28,2- 7,53 RBC + 0,634 RBC^2	-9,2 + 18,1 RBC - 5,01 RBC^2 + 0,399 RBC^3
	R^2	6,76%	7,63%
	Tahmin R^2	2,72%	3,82%
HCT	Formülasyon	26,81- 0,740 HCT + 0,00648 HCT^2	2,3+ 1,08 HCT- 0,0365 HCT^2+ 0,000326 HCT^3
	R^2	9,09%	9,65%
	Tahmin R^2	4,67%	4,22%
MCH	Formülasyon	88,8- 4,22 MCH + 0,0535 MCH^2	446 - 38,1 MCH + 1,115 MCH^2 - 0,01099 MCH^3
	R^2	11,87%	12,91%
	Tahmin R^2	7,92%	7,51%
MCV	Formülasyon	112,0- 2,02 MCV + 0,00963 MCV^2	626-19,0 MCV + 0,195 MCV^2 - 0,000670 MCV^3
	R^2	7,33%	8,04%
	Tahmin R^2	3,22%	3,01%
MCHC	Formülasyon	102- 3,7 MCHC + 0,030 $MCHC^2$	-1397 + 123 MCHC - 3,53 $MCHC^2$ + 0,0333 $MCHC^3$
	R^2	9,12%	9,25%
	Tahmin R^2	6,21%	3,54%

Çizelge 4.3.'de verilen anova analizi sonucunda yatış süresi üzerinde birden fazla parametre etkili bulunmuştur. Mevcut paket programlar ile doğrusal olmayan ilişkiler bir bağımsız ve bir bağımlı değişken ile incelenebilmektedir. Bu nedenle Çizelge 4.6.'da bulunan kuadratik ve kübik formülasyonlar anova analizi sonucu etkili bulunan her bir parametre için ayrı ayrı elde edilmiştir. Birden fazla parametrenin etkili olmasına rağmen formülasyonların tek parametre ile elde edilmiş olması modellerin açıklayıcılığını gösteren R^2 ve tahmin R^2 değerlerinin beklendiği gibi düşük çıkmasına neden olmuştur. Bu değerler elde edilen modellerin yatış süresinin belirlenmesinde kullanılmasının güvenli olmadığını göstermektedir. Çizelge 4.6.'da elde edilen tahmin R^2 değerlerleri çok düşük olmasına rağmen kendi içinde değerlendirildiğinde kuadratik ve kübik modellerin her ikisinde de en iyi tahmin R^2 değerleri HCT, MCH ve MCHC formülasyonlarında elde edilmiştir. Eta-kare ve omega-kare analiz sonuçlarına göre Çizelge 4.4.'de HCT ve MCH parametrelerinin etki seviyesi en yüksek değerlere sahip bulunmuştur. Eta-kare ve omega-kare analizlerine göre en düşük önem seviyesine sahip baş çevresinin kuadratik ve kübik modellerine ait tahmin R^2 değeri sıfır olarak bulunmuştur. Bu durum, Çizelge 4.4. ve Çizelge 4.6. sonuçlarının birbirini desteklediğini göstermektedir.

Çalışmada dikkate alınan bağımsız değişkenlerle bağımlı değişken olan yatış süresi için elde edilen doğrusal regresyon, kuadratik ve kübik modellerin açıklayıcılığı yeterli bulunmamıştır. Bu nedenle yüksek dereceye sahip polinomlardan biharmonik spline interpolasyon (BSI) metodu ile fonksiyonel ilişki elde edilmeye çalışılmıştır.

BSI modelleri

BSI modelleri yaygın olarak kullanılmaktadır. BSI modeller bağımsız değişken sayısının üçten az olması durumunda en iyi performansı göstermektedir (Sandwell, 1987). Bu nedenle yatış süresinin BSI metoduna göre formülasyonu iki bağımsız ve bir bağımlı değişken ile oluşturulmuştur. Modeller Matlab paket

programında modellenmiştir. BSI modellerinde formülasyon yerine yatış süresine ait BSI model kodları oluşturulmuştur.

Çizelge 4.3. Anova analizi sonucuna göre etkili bulunan boy, baş çevresi, RBC, HCT, MCH, MCV ve MCHC parametrelerinin olası tüm ikili kombinasyonları için BSI modelleri kurulmuştur. BSI modellerinde MSE, SSE ve R^2 değerleri performans gösterge değeri olarak alınmıştır. Oluşturulan BSI modellerinin performans gösterge değerleri Çizelge 4.7.'de verilmiştir. MSE ve SSE değerlerinin sıfıra, R^2 değerinin ise 1'e yakın olması oluşturulan BSI modellerinin kullanılabileceğini göstermektedir.

Çizelge 4.7. BSI Model Sonuçları

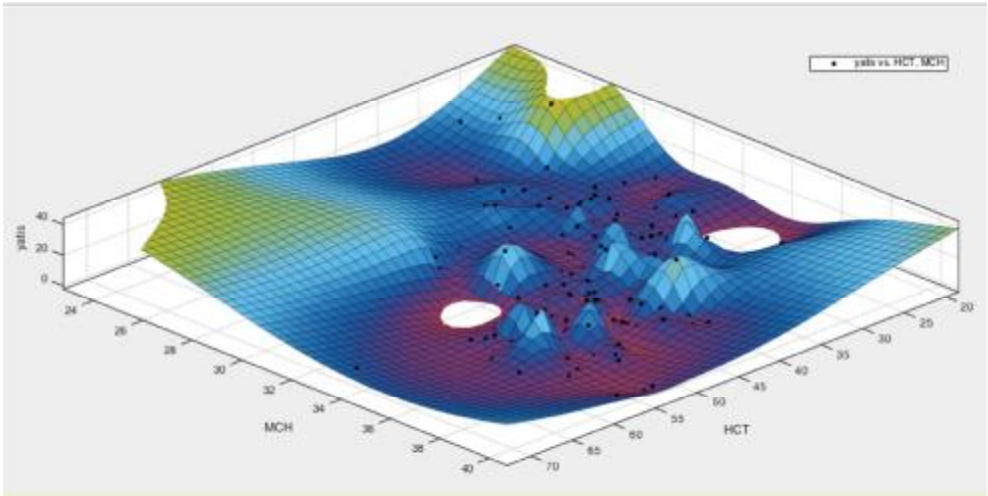
Bağımsız Değişkenler	**SSE**	**R^2**	**MSE**	**Bağımsız Değişkenler**	**SSE**	**R^2**	**MSE**
Boy-Baş Çevresi	2479	0,6623	15.3006	RBC-HCT	6,968e-19	1	2,1022e-18
Boy-RBC	76,67	0,9896	0,4733	RBC-MCH	50,5	0,9931	0,3117
Boy-HCT	322,5	0,9561	1,9907	RBC-MCV	6,367e-21	1	2,1076e-19
Boy-MCH	319,5	0,9565	1,9722	RBC-MCHC	24,5	0,9967	0,1512
Boy-MCV	134,5	0,9817	0,8302	HCT-MCH	1,061e-20	1	5,6021e-21
Boy -MCHC	431,7	0,9412	2,6646	HCT-MCV	7,127e-21	1	1,4858e-21
Baş Çevresi-RBC	213	0,971	1,3148	HCT-MCHC	14,5	0,998	0,0895
Baş Çevresi-HCT	54,5	0,9926	0,3364	MCH-MCV	72,5	0,9901	0,4475
Baş Çevresi-MCH	743,5	0,8987	4,5895	MCH-MCHC	136,5	0,9814	0,8426
Baş Çevresi-MCV	515,8	0,9297	3,1842	MCV-MCHC	32	0,9956	0,1975
Baş Çevresi-MCHC	682	0,9071	4,2099				

Çizelge 4.7.'ye göre RBC-HCT, RBC-MCV, HCT-MCH ve HCT-MCV parametrelerine bağlı BSI modellerinin SSE değerlerinin sıfıra oldukça yakın

olduğu görülmektedir. MSE değerleri açısından incelendiğinde sıfıra en yakın bağımsız değişken çiftleri RBC-HCT, HCT-MCH ve HCT-MCV'dir. Çizelge 4.7.'de R^2 değerlerine bakıldığında boy-baş çevresi ve baş çevresi-MCH parametrelerine bağlı BSI modelleri dışındaki BSI modellerinin %90'ın üzerinde açıklayıcılığa sahip olduğu görülmektedir. Tüm performans göstergeleri (SSE, MSE ve R^2) dikkate alındığında RBC-HCT, RBC-MCV, HCT-MCH ve HCT-MCV bağımsız değişken çiftleri ile elde edilen BSI modelleri olduğu Çizelge 4.7.'de görülmektedir.

BSI modellerinde dikkate alınan örneklemdeki veriler ile BSI eğrileri oluşturulmaktadır. RBC-HCT, RBC-MCV, HCT-MCH ve HCT-MCV bağımsız değişkenlerine ait BSI modelleri performans göstergeleri (SSE, MSE ve R^2) açısından anlamlı bulunmuştur.

Çizelge 4.4.'de bulunan eta-kare ve omega-kare etki büyüklüğü analizi sonuçlarına göre yatış süresi üzerinde etkili olan parametrelerin etki büyüklüklerinin sıralaması MCH, HCT, MCV, MCHC, boy, RBC ve baş çevresi şeklindedir. Eta-kare ve omega-kare analizlerine göre yatış süresi üzerinde etki büyüklüğü en yüksek olan MCH ve HCT çiftine ait BSI modeli de Çizelge 4.7.'ye göre yüksek güvenilirliktedir. Ayrıca çok düşük R^2 ve tahmin R^2 değerleri elde edilmiş olmasına rağmen kuadratik ve kübik modellerde de en iyi R^2 ve tahmin R^2 değerleri HCT ve MCH parametreleri için elde edilmiştir. Bu durum yatış süresinin modellenmesinde HCT-MCH bağımsız değişkenlerine ait BSI modelinin kullanılabileceğini göstermektedir. HCT-MCH BSI modeline ait oluşturulan eğri Şekil 4.7.'de verilmiştir. Çizelge 4.7.'de bulunan tüm ikili kombinasyonları için Şekil 4.7.'deki gibi BSI model eğrileri oluşturulmuştur.



Şekil 4.7. HCT-MCH BSI modeli

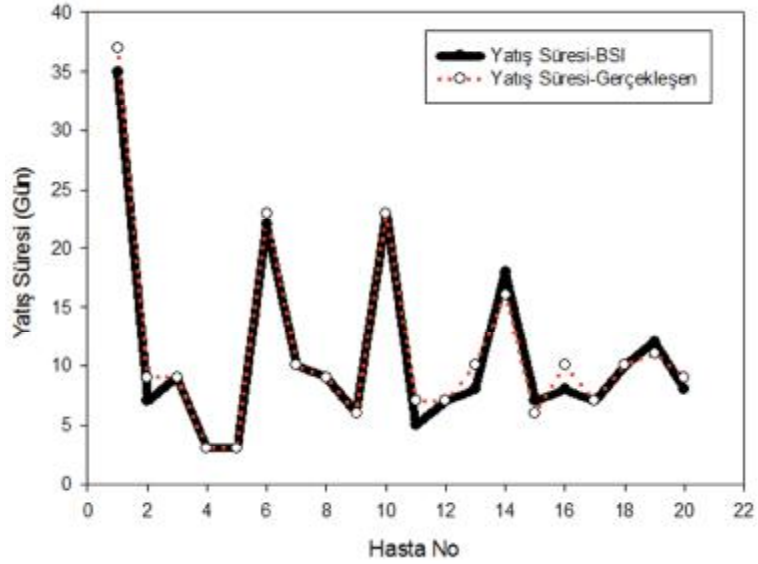
HCT-MCH BSI modelinin oluşturulmasında modellere dahil edilmeyen yeni 20 yenidoğan hasta için HCT, MCH ve yatış süresi verileri uygulamanın yapıldığı hastaneden alınmıştır. Çizelge 4.8.'de 20 yeni hastaya ait HCT, MCH ve yatış süresi verileri verilmiştir. Elde edilen HCT-MCH BSI modelinde Çizelge 4.8.'deki HCT ve MCH değerleri için yatış süresi hesaplanmış ve yine Çizelge 4.8.'de Yatış Süresi BSI kolonunda verilmiştir. Her bir yenidoğan için mutlak hata, bağıl hata ve yüzde uyum hesabı yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler ve ortalama yüzde uyum Çizelge 4.8.'de verilmiştir. 20 yeni hasta için yapılan değerlendirmeye göre tahminlemede ortalama %90.41 uyum olduğu görülmektedir. Bu değer eta-kare ve omega-kare analizleri sonucunda etki derecesi en yüksek olan HCT-MCH bağımsız değişkenlerine ait BSI modelinin kullanılabileceğini desteklemektedir.

Çizelge 4.8. Yeni 20 Hasta için BSI Modeli ile Yatış Süresi Hesabı

No	HCT	MCH	Gerçekleşen Yatış Süresi	BSI ile Hesaplanan Yatış Süresi	Mutlak Hata	Bağıl Hata	Yüzde Uyum
1	38,2	36,3	35	37	2,00	5,71	94,29
2	50,6	36,8	7	9	2,00	28,57	71,43
3	49,5	37,2	9	9	0,00	0,00	100,00
4	57,9	37,1	3	3	0,00	0,00	100,00
5	58,1	37	3	3	0,00	0,00	100,00
6	53,4	35,4	22	23	1,00	4,55	95,45
7	50,5	37	10	10	0,00	0,00	100,00
8	46,9	35,7	8	9	1,00	12,50	87,50
9	32	26,2	6	6	0,00	0,00	100,00
10	25,6	24,6	24	23	1,00	4,17	95,83
11	50,8	36,5	5	7	2,00	40,00	60,00
12	41,7	35,2	7	7	0,00	0,00	100,00
13	47	35,9	8	10	2,00	25,00	75,00
14	53	33,5	18	16	2,00	11,11	88,89
15	29,4	25,9	7	6	1,00	14,29	85,71
16	49,8	36	8	10	2,00	25,00	75,00
17	31,7	32,8	7	7	0,00	0,00	100,00
18	62,4	41,4	10	10	0,00	0,00	100,00
19	54	36,4	12	11	1,00	8,33	91,67
20	62,4	39,6	8	9	1,00	12,50	87,50
						Ortalama	90,41

Çizelge 4.8.'de 20 yeni hastanın gerçekleşen ve HCT-MCH BSI modeli ile elde edilen yatış süreleri verilmiştir. Şekil 4.8.'de gerçekleşen ve HCT-MCH BSI modeli ile elde edilen yatış süreleri arasında önemli bir sapma olmadığı görülmektedir. Sapmaların çok küçük olması ve Çizelge 4.8.'de elde edilen ortalama %90.41'lik uyum HCT-MCH BSI modelinin yatış süresinin belirlenmesinde kullanılabileceğini göstermektedir. HCT damar içerisindeki eritrosit yüzdesini, MCH ise her bir eritrositte oksijen taşıyan hemoglobin miktarını göstermektedir. Yoğun bakım hastalarında dokularda gaz değişimi (oksijenin

taşınıp, karbondioksitin uzaklaştırılması) olması istenir. Gaz değişimi eritrositler aracılığıyla sağlanmaktadır. Dolayısıyla HCT ve MCH parametrelerinin ideal aralıklarda olması doku oksijenizasyonunu sağlamaktadır. HCT ve MCH değerlerinin yatış süresi üzerinde etki göstermesi bu şekilde açıklanabilir.



Şekil 4.8. Gerçekleşen ve HCT-MCH BSI Modeli ile Elde Edilen YS'nin Karşılaştırılması

4.4. Optimum Kateter Planının Belirlenmesinde Matematiksel Modelleme Yaklaşımı

Bölüm 4.2.'de yatış süresi üzerinde etkili olan parametreler belirlenmiştir. Bölüm 4.3.'de etkili olan parametreler arasında bulunan HCT-MCH değerlerine göre hastaların yatış süreleri yüksek güvenilirlikle belirlenmiştir. Bu bölümde ise her bir hastaya uygulanacak optimum kateter planları, yatış süresi ve çeşitli kısıtlar altında modellenmiştir. Optimal kateter planları belirlenirken tek amaçlı ve çok amaçlı matematiksel modelleme ve genetik algoritma yaklaşımları uygulanmıştır. Modellerin oluşturulmasında gerekli bilgiler aşağıda verilmiştir.

İnvaziv girişimler kapsamında yenidoğana uygulanan kateterler dikkate alınmıştır. Kateterlerin kullanım süreleri, maliyetleri ve enfeksiyon oranları kateterlerin kullanım yerine, kateterde kullanılan malzeme çeşidine vs. bağlı olarak değişmektedir. Uygulamanın yapıldığı hastanede malzemelerin hammaddelerine ait bilgiler kayıt altına alınmamaktadır. Bu nedenle kateter planları oluşturulurken kateterlerin üretiminde kullanılan hammaddeler uygulamada yer alan modele dahil edilmemiştir.

Kateter çeşitleri ve fiyatları

Çalışmada hastanede mevcut durumda kullanılan 3 tip kateter dikkate alınmıştır. 3-4 günlük yatışlarda periferik ven kateter (PVK), 4-30 gün arasında PICC-line kateter (PICC) ve 30+ gün yatışlarda ise santral venöz kateter (SVK) genellikle kullanılmaktadır. SVK 6 haftaya (42 gün) kadar kullanılabilmektedir. PICC periferik yolla takılan santral kateter sınıfına girmektedir. Kateterlerin değiştirilme zamanı bu çalışmada maksimum kullanım süresi olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla değişim süreleri PVK, PICC ve SVK için sırasıyla 4, 30 ve 42 gün olarak alınmıştır. YYBÜ'de invaziv girişim planları doktor veya hemşire deneyimine bağlı olarak belirlenmektedir. SVK'de periferiklere göre daha fazla enfeksiyon gelişmesi beklenmektedir (Bakır, 2006). Bu durum daha kısa kullanım süresine sahip olmasına rağmen periferik venöz kateterin fiyatının daha yüksek olmasına neden olabilmektedir. Uygulamanın yapıldığı hastanede PVK'nın birim satın alma fiyatı 0.39 euro, PICC'in birim satın alma fiyatı 90 euro ve SVK'nın birim satın alma fiyatı 38 eurodur. Çalışmada döviz kuru 3.73 TL olarak alınmış ve kateterlerin satın alma fiyatları Çizelge 4.9.'da TL biriminde verilmiştir.

Kateter çeşidine bağlı enfeksiyon oranları

Kateter çeşidine göre enfeksiyon oranlarına ait kesin bir bilgi bulunmamaktadır. Literatür araştırması sonucunda PVK ve SVK için enfeksiyon indidans değeri elde edilmiştir (Hakyemez, 2008). Nercelles ve ark. (2015),

çalışmalarında periferik kateter için bakteri oranını 0.9/1000 kateter günü, PICC kateter için ise 3.0/1000 kateter günü olarak belirtmiştir. Bu değerlerin birbirine oranlanması ile PICC kateterin enfeksiyon oranının PVK'ya göre 3.3 kat daha fazla olmaktadır. Bu nedenle çalışmada PICC için enfeksiyon indidansı PVK'nın enfeksiyon indidans sınır değerlerinin 3.3 katının alınması ile elde edilmiş olup Çizelge 4.9.'da verilmiştir. Çizelge 4.9.'da kateterlerin enfeksiyon indidanslarına ek olarak kateterlerin satın alma fiyatları, maksimum kullanım süreleri, işlem süreleri ve işlem maliyetleri verilmiştir. Her bir kateterin işlem süresi belirlenirken her kateter çeşidi için alınan gözlemlerin ortalamaları hesaplanmış ve Çizelge 4.9.'da verilmiştir. PVK ve PICC hastaya hemşire tarafından, SVK ise doktor tarafından takılmaktadır. Doktor ve hemşirelerin adam-dakika ücretleri birbirinden farklı olduğu için kateter çeşidine göre işlem maliyeti değişkenlik göstermektedir ve kateter takma maliyetleri Çizelge 4.9.'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Kateter Özellikleri

İndis (j)	Kateter Çeşidi	Maliyet (TL/adet)	Kullanım Süresi (Gün/Adet)	Kateter Takma süresi (Adam-Dakika)	Kateter Takma Maliyeti (TL/adam-dakika)	Enfeksiyon Oranı
1	PVK	1,4547	4	6	0,22	0,002-0,005
2	PICC	335,7	30	22	0,22	0,00666-0,01665
3	SVK	141,74	42	55	1,04	0,038-0,12

Çalışmada dikkate alınan her bir adet PVK tip kateterin takılması sırasında ortalama 3 adet PVK kullanılmaktadır. Bu nedenle PVK tip kateter kullanılırsa PVK malzeme ihtiyacı kullanılan miktarın 3 katı olarak olmaktadır. Eğer hastaya PVK takılırsa kullanılan miktar ihtiyaç duyulan PVK miktarının 3 katı olmaktadır. PICC ve SVK için böyle bir durum söz konusu değildir. Eşitlik (4.4.)'de

kateterlerin kullanım miktarları için kullanılacak katsayıya ait formülasyon verilmiştir.

$$a = \begin{pmatrix} x_1 \geq 1 & 3 \\ aksi\ halde & 1 \end{pmatrix} \quad (4.4.)$$

Çalışmada dikkate alınan varsayımlar ve kısıtlar altında üç farklı model kurulmuştur. Bu modellerde her bir hasta için yatış süresine bağlı optimum kateter planları belirlenirken enfeksiyon minimizasyonu, maliyet minimizasyonu ve kateterlerin kullanılabileceği ek süre maksimizasyonu amaçları dikkate alınmıştır.

4.4.1. Tek amaçlı matematiksel modelleme yaklaşımı

4.4.1.1. Maliyet minimum yapan kateter planının belirlenmesi

Hastane açısından hastalara uygulanan tedavi planının minimum maliyetle gerçekleştirilmesi önem arz etmektedir. Hastalara uygulanan invaziv girişimlerden kateterler takılırken hem iş gücü hem de malzeme maliyeti oluşmaktadır. Hastalara PVK ve PICC tip kateterler hemşire, SVK ise doktor tarafından takıldığı için birim işgücü maliyetleri birbirinden farklı olmaktadır. Kateterlerin iş gücü maliyetleri gibi her bir kateterin takılma süresi de birbirinden farklı olmaktadır. Bu farklılıklar Eşitlik 4.5.'de modele yansıtılmıştır. Hastaya takılan kateter sayısı (x_j), kateterin işlem süresi (k_j) ve takılması için birim iş gücü maliyeti (c_j) çarpılarak iş gücü maliyeti belirlenmiş ve Eşitlik 4.5.'de verilmiştir. Kateter malzeme maliyeti ise kullanılan kateter sayısının (x_j), kateter maliyeti (p_j) ile çarpılması ile elde edilmiştir. Kateterin işlem süresi (k_j), takılması için birim iş gücü maliyeti (c_j) ve kateter maliyeti (p_j) Çizelge 4.9.'da verilmiştir. Toplam maliyet, hastada kullanılan kateter ve iş gücü maliyetlerinin toplamından oluşmaktadır ve Eşitlik 4.5. ile ifade edilmiştir. Modelde kullanılan a katsayısı Eşitlik 4.4. ile ifade edilmiş olup kullanılan kateterin PVK olması durumunda kullanılan PVK sayısının ihtiyaç duyulan PVK sayısının 3 katı olacağını ifade etmektedir.

$$\text{Toplam Maliyet} = \sum_{j=1}^{3} a * k_j * c_j * x_j + \sum_{j=1}^{3} p_j * a * x_j \quad (4.5.)$$

Maliyeti minimum yapan kateter planları belirlenirken birtakım kısıtlar dikkate alınmaktadır. Kullanılan kateter sayısı (x_j) ile kateterin kullanım süresi (t_j) çarpılarak elde edilen kateter planının toplam kullanım süresi hesaplanmaktadır. Elde edilen kateter kullanım süresi için kateter esneklik katsayısı tanımlanmaktadır. Hastanede kazanılan enfeksiyonlar yatış gününden yaklaşık 4 gün sonra ortaya çıktığı için 4 güne kadar olan ve 4 günden fazla olan yatış süreleri için kateter planlarına esneklik oranları tanımlanmıştır. Hemşire ve doktor görüşleri doğrultusunda 4 günden az süreli yatışlarda seçilen kateter planının tahmin edilen yatış süresinin %10'undan, 4 günden uzun süreli yatışlarda ise seçilen kateter planının tahmin edilen yatış süresinin %20'sinden fazla olmasının yeterli ve ideal olacağı belirlenmiştir. Bu durum Eşitlik (4.6.) ve (4.7.) ifade edilmiştir. Burada tanımlanan %10 ve %20'lik değerler Eşitlik (3.8.)'deki y ve z değerini ifade etmektedir.

Eğer Yatış süresi<=4;

$$\sum_{j=1}^{3} x_j * t_j \geq 1.1 * YS \quad (4.6.)$$

Eğer Yatış süresi>4;

$$\sum_{j=1}^{3} x_j * t_j \geq 1.2 * YS \quad (4.7.)$$

Oluşturulan kateter planlarının toplam süresinin tahmin edilen yatış süresinin 2 katından fazla olmaması da çalışmada dikkate alınan bir başka kısıttır. Burada uzman görüşü ile belirlenen 2 değeri Eşitlik (3.9.)'deki n değerini ifade etmektedir. Çalışma kapsamında dikkate alınan kateterlerin kullanım süreleri 4, 30 ve 42 gündür. Bu kısıttan dolayı yatış süresinin 15 günün altında olması durumunda PICC ve SVK, yatış süresinin 21 günün altında olması durumunda

SVK tip kateter modelde dikkate alınamayacaktır. Bu nedenle yatış süresinin 21 günün altında olması durumunda oluşturulacak kateter planının maksimum 42 gün kullanılabilmesi, 21 günden uzun yatış sürelerinde ise maksimum kateter süresinin yatış süresinin 2 katından küçük olması şeklinde kısıt eklenmiştir ve Eşitlik (4.8.)-(4.9.)'de verilmiştir.

Eğer Yatış süresi<=21;

$$\sum_{j=1}^{3} x_{j*} t_j \leq 42 \quad (4.8.)$$

Eğer Yatış süresi>21;

$$\sum_{j=1}^{3} x_{j*} t_j \leq 2 * YS \quad (4.9.)$$

Modelleme sonucunda elde edilecek kateter planları her bir kateter çeşidinden kullanılacak kateter sayısını gösterecektir. Bu nedenle $x_1, x_2 \; ve \; x_3$ değişkenlerinin tamsayı olması gerekmektedir.

$$x_1, x_2, x_3 \; integer \quad (4.10.)$$

Çizelge 4.8.'de yatış süresi hesaplanan 20 yeni hasta hastanın HCT-MCH BSI model sonuçlarına göre 37, 9, 3, 23, 10, 6, 7, 16 ve 11 gün olmak üzere 9 tane farklı yatış süresi değeri elde edilmiştir. 9 farklı yatış süresi için Eşitlik (4.5.) maliyet minimizasyonu amaç fonksiyonu Eşitlik (4.4.) ve Eşitlik (4.6.)-(4.10.) kısıtları dikkate alınarak modellenmiş ve Gams paket programı ile çözülmüştür. Kurulan modellerin model sınıfı Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama (MILP), Solver Type ise CPLEX olarak belirlenmiştir. Her bir yatış süresi için toplam maliyeti minimum yapan optimum kateter planları Çizelge 4.10.'de verilmiştir. Çizelge 4.10.'da yer alan Kateter Toplam Süresi ($4*x_1+30*x_2+42*x_3$) formülasyonu ile elde edilmiştir. HCT-MCH BSI modeli sonucunda yatış süresi 23

gün bulunan hasta için Çizelge 4.10.'a göre minimum maliyet 58.269 TL ve bu maliyeti sağlayan optimum kateter planı PVK'den 7 adet kullanılması olarak belirlenmiştir. Maliyeti oluşturuan optimum iş gücü ve kateter maliyetleri ise sırasıyla 27.72 TL ve 30.549 TL olarak bulunmuştur. Diğer yatış süreleri için benzer yorumlar Çizelge 4.10.'a göre yapılabilir.

Çizelge 4.10. Minimum Maliyete Sahip Kateter Planları

Hasta No	Yatış Süresi (Gün)	Kateter Toplam Süresi (Gün)	Optimum Kateter Planı (Adet)			Maliyetler (TL)		
			PVK (x_1)	PICC (x_2)	SVK (x_3)	İş Gücü Maliyeti	Kateter Maliyeti	Toplam Maliyet
1	37	48	12	0	0	47,520	52,369	99,889
2,3,8,20	9	12	3	0	0	11,880	13,092	24,972
4,5	3	4	1	0	0	3,960	4,364	8,324
6,10	23	28	7	0	0	27,72	30,549	58,269
7,13,16,18	10	12	3	0	0	11,880	13,092	24,972
9,15	6	8	2	0	0	7,920	8,728	16,648
11,12,17	7	12	3	0	0	11,880	13,092	24,972
14	16	20	5	0	0	19,8	21,821	41,621
19	11	16	4	0	0	15,840	17,456	33,296

4.4.1.2. Enfeksiyonu minimum yapan kateter planının belirlenmesi

Hastalara yatış süresi boyunca uygulanacak kateter planları belirlenirken maliyeti minimizasyonu gibi bir diğer amaç enfeksiyon minimizasyonudur. Hastalara uygulanacak kateter planlarının minimum enfeksiyon oranına sahip olması istenmektedir. Hastanın enfeksiyon kazanımı hastanın durumunun kötüye gitmesine ve dolayısıyla hastanede kalış süresinin uzamasına neden olmaktadır. Hastane kalınan her yeni gün hastanın enfeksiyon edinme riskini ve maliyetleri arttırmaktadır.

Kateter çeşitlerine bağlı enfeksiyon oranına ait herhangi bir formülasyon bulunmamaktadır. Kateter çeşidine bağlı bir matematiksel formülasyon olmadığı için çalışma kapsamında retrospektif toplanan verilerle yenidoğan hastalara uygulanan kateter planları için enfeksiyon hesabı yapılamamıştır. Bu nedenle kateter çeşidine bağlı oluşan enfeksiyon oranı için matematiksel bir ifadenin tanımlanmasına ihtiyaç duyulmuştur. Kateter çeşidine bağlı minimum-maksimum enfeksiyon insidans değerleri 'Kateter çeşidine bağlı enfeksiyon oranları' başlığında tanımlamış ve Çizelge 4.9.'da verilmiştir. Çalışma kapsamında dikkate alınan PVK, PICC ve SVK için tanımlanan minimum-maksimum enfeksiyon insidans değerleri dikkate alınarak enfeksiyon oluşumu uniform dağılımdan üretilmiştir. Uygulanacak olan kateter planına göre enfeksiyon insidansı hesaplanırken her çeşit kateter miktarı (x_j) her çeşit kateterin dağılımdan elde edilen enfeksiyon insidansı (I_j) ile çarpılmaktadır. Her bir yeni girişim enfeksiyon oranını 7 kat arttırdığı için kullanılan kateter miktarının artması enfeksiyon oranını da arttıracaktır. Bu durum modele yansıtılmış ve Eşitlik 4.11.'de verilmiştir ve bu değerin minimize edilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca her bir adet PVK kateter kullanılması durumunda ortalama 3 adet PVK kullanıldığı için kullanılan PVK miktarı, kullanılan PVK değerinin 3 katı olacaktır.

$$Enfeksiyon = \sum_{j=1}^{3} 7^{(a*x_j-1)} * I_j \qquad (4.11.)$$

Eşitlik (4.5.) maliyet minimizasyonu amaç fonksiyonunun dikkate alındığı modelde dikkate alınan kısıtlar enfeksiyon minimizasyonu modelinde de dikkate alınmaktadır. Çizelge 4.8.'de yatış süresi hesaplanan 20 yeni hasta hastanın HCT-MCH BSI model sonuçlarına göre 37, 9, 3, 23, 10, 6, 7, 16 ve 11 gün olmak üzere 9 tane farklı yatış süresi değeri elde edilmiştir. 9 farklı yatış süresi için Eşitlik (4.11.) enfeksiyon minimizasyonu amaç fonksiyonu Eşitlik (4.4.) ve Eşitlik (4.6.)-(4.10.) kısıtları dikkate alınarak modellenmiş ve Gams paket programı ile çözülmüştür. Enfeksiyon minimizasyonu modelinde kateter çeşitlerinin enfeksiyon

değerleri olasılık dağılımı olarak tanımlanmıştır. Bu nedenle modele olasılık dağılımından kaç defa sayı üretmesi gerektiğinin, iterasyon sayısının, belirtilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada iterasyon sayısı 1000 olarak alınmış ve her bir iterasyonun eşit olasılığa sahip olduğu kabul edilmiştir. Minimum enfeksiyona sahip kateter planlarının belirlendiği modeller Gams paket programı ile çözülmüş ve model sınıfı Karma Tamsayılı Doğrusal olmayan Programlama (MINLP) olarak bulunmuştur. Solver Type, Couenne olarak belirlenmiş ve her bir yatış süresine ait modelin çözüm süresi ortalama 2-3 dakika sürmektedir. HCT-MCH BSI modeli sonucunda elde edilen her bir yatış süresi için enfeksiyonu minimum yapan optimum kateter planları Çizelge 4.11.'de verilmiştir. Çizelge 4.11.'de yer alan Kateter Toplam Süresi ($4*x_1+30*x_2+42*x_3$) formülasyonu ile elde edilmiştir. Yatış süresi 23 gün bulunan hasta için minimum enfeksiyon 0.011487'dir. Enfeksiyon oranını minimize eden optimum kateter planı 6 ve 10 nolu hastalar için PICC'den 1 adet takılmasıdır. Diğer yatış süreleri için benzer yorumlar Çizelge 4.11.'e göre yapılabilir.

Çizelge 4.11. Minimum Enfeksiyona Sahip Kateter Planları

Hasta No	Yatış Süresi (Gün)	Kateter Toplam Süresi	Oluşma Sayısı (Adet)	Optimum Kateter Planı (Adet)			Enfeksiyon Değerleri		
				PVK (x_1)	PICC (x_2)	SVK (x_3)	Minimum değer	Maksimum değer	Beklenen Enfeksiyon değeri
1	37	72	527	0	1	1	0,046	0,121	0,0785218
		60	473	0	2	0	0,053	0,132	0,079119
2,3,8,20	9	30	1000	0	1	0	0,007	0,017	0,011503
4,5	3	30	1000	0	1	0	0,007	0,017	0,011503
6,10	23	30	1000	0	1	0	0,007	0,017	0,011487
7,13,16,18	10	30	1000	0	1	0	0,007	0,017	0,011503
9,15	6	30	1000	0	1	0	0,007	0,017	0,011503
11,12,17	7	30	1000	0	1	0	0,007	0,017	0,011503
14	16	30	1000	0	1	0	0,007	0,017	0,011503
19	11	30	1000	0	1	0	0,007	0,017	0,011503

Kateterlerin kullanım süresi 4, 30 ve 42 gün olarak modellere dahil edilmiştir. Bu durum 4-30 günlük yatış süresine sahip yenidoğanlarda sadece enfeksiyon minimizasyonu dikkate alındığında aynı tip kateter olan PICC kateter takılmasını optimum çözüm olarak bulmaktadır. Model 1000 iterasyon için çalıştırılmakta ve her iterasyon sonucunun ortalaması en son amaç fonksiyon değeri olarak belirlenmektedir. Bu nedenle 4-30 günlük yatış sürelerine sahip hastalarda optimum enfeksiyon değeri 23 günlük yatış süresi haricindeki modellerde aynı bulunmuştur. Aynı zamanda kateter planlarının yatış süresinden %10 veya %20 fazla olması Eşitlik 4.6. ve Eşitlik 4.7. ile tanımlanmıştır. 3 günlük yatış süresi için Eşitlik 4.6.'dan en az 3.3 gün kullanılabilecek kateter planları oluşturulması gerekmektedir. PVK kateter kullanımında girişim sayısı ihtiyaç olan kateter miktarının 3 katı olduğu ve her bir yeni girişim enfeksiyon oranını arttırdığı için model sonucunda PVK kateter optimum çözüm olarak bulunmamıştır. PVK kateter yerine kullanım süresi daha uzun olan PICC kateter optimum çözüm olarak bulunmuştur. Model yine 1000 iterasyon için çalıştırılmış ve ortalama enfeksiyon değerleri 4-30 günlük yatış süresinde elde edilen enfeksiyon değerlerine yakın bulunmuştur.

4.4.1.3. Ek süreyi maksimum yapan kateter planının belirlenmesi

Hastanede uzun yatış süreleri enfeksiyon riskini ve dolayısıyla yatış süresini uzatmaktadır. Bu nedenle oluşturulan kateter planının kullanılabileceği ek sürenin maksimizasyonu da çalışmada bir amaç olarak dikkate alınmıştır. Kullanılan kateter sayısı (x_j) ile kateterin kullanım süresi (t_j) çarpılarak elde edilen kateter planının toplam kullanım süresi hesaplanmaktadır. Elde edilen kateter planının toplam süresinden yatış süresinin çıkarılması ile Eşitlik 4.12.'deki ek süre bulunmaktadır. Ek süre; oluşturulan kateter planının kullanım süresinin tahmin edilen yatış süresinden ne kadar fazla olduğunu göstermektedir. Bu fazlalık oluşturulan kateter planının yatış süresinin tamamlanmasından sonra kateter planının ekstra ne kadar süre kullanılabileceğini göstermektedir.

$$\text{Ek Süre} = \sum_{j=1}^{3} t_j * x_j - YS \quad (4.12.)$$

9 farklı yatış süresi için maksimum ek süreyi sağlayacak kateter planı Eşitlik 4.12. amaç fonksiyonu, Eşitlik (4.6.)-(4.10.) kısıtları dikkate alınarak modellenmiştir. Çizelge 4.8.'deki farklı 9 yatış süresi için oluşturulan model Gams paket programında MILP olarak modellenmiştir. Her bir yatış süresine ait modelin çözüm süresi ortalama 1 dakikadan daha az sürmektedir.Her bir yatış süresi için ek süreyi maksimize eden optimum kateter planları Çizelge 4.12'de verilmiştir. HCT-MCH BSI modeli sonucunda yatış süresi 23 gün bulunan hasta için Çizelge 4.12.'ye göre maksimum ek süre 37 gün ve bu ek süreyi sağlayan optimum kateter planı PVK'den 8 adet SVK'dan 1 adet kullanılması olarak belirlenmiştir. Çizelge 4.12.'de yer alan Kateter Toplam Süresi ($4*x_1+30*x_2+42*x_3$) formülasyonu ile elde edilmiştir.

Çizelge 4.12. Maksimum Gün Esnekliğine Sahip Kateter Planları

Hasta No	Yatış Süresi (Gün)	Optimum Kateter Planı (Adet)			Kateter Toplam Süresi (Gün)	Amaç Fonksiyonu Değeri
		PVK (x_1)	PICC (x_2)	SVK (x_3)		
1	37	8	0	1	74	37
2,3,8,20	9	0	0	1	42	33
4,5	3	0	0	1	42	39
6,10	23	1	0	1	46	23
7,13,16,18	10	0	0	1	42	32
9,15	6	0	0	1	42	36
11,12,17	7	0	0	1	42	35
14	16	0	0	1	42	26
19	11	0	0	1	42	31

Maliyet minimizasyonu, enfeksiyon minimizasyonu ve ek süre maksimizasyonu amaçları ayrı ayrı dikkate alındığı zaman aynı yatış günü değeri için Çizelge 4.10., Çizelge 4.11. ve Çizelge 4.12.'de görüldüğü gibi farklı kateter planları elde edilmektedir. Uygulamada kateter planları belirlenirken bu amaç fonksiyonlarının aynı anda değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle kateter planları çok amaçlı optimizasyon tekniği kullanılarak belirlenmiştir.

4.4.2. Çok amaçlı matematiksel modelleme yaklaşımı

Bu çalışmada çok amaçlı optimizasyon tekniklerinden hedef programlama yöntemi tercih edilmiştir. Hedef programlamada bulunan önceliklendirmesiz (nonpreemptive) ve önceliklendirmeli (preemptive) yaklaşımları kullanılarak çözüm elde edilmiştir. Önceliklendirmesiz yaklaşımda tüm amaçlar eşit öneme sahip kabul edilmiş ve önceliklendirme yapılmamıştır. Kateter planları belirlenirken üç amaç fonksiyonunun ikili ve üçlü kombinasyonları için çözüm bulunmuştur. Önceliklendirmeli yaklaşımda ise amaç fonksiyonları arasında önceliklendirme yapılmıştır. Uzman görüşü doğrultusunda amaç fonksiyonlarının öncelik sırası enfeksiyon minimizasyonu, ek süre maksimizasyonu ve maliyet minimizasyonu olarak belirlenmiştir. Önceliklendirme yapılırken aynı öncelik seviyesinde birden fazla amaç fonksiyonu dikkate alınabilmektedir. Çalışmada alternatif olarak enfeksiyon minimizasyonu ve gün esnekliği birinci öncelikli, maliyet minimizasyonu ise ikinci öncelikli amaç olarak belirlenmiş ve etkin çözümler elde edilmiştir.

4.2.2.1.Amaç fonksiyonlarının eşit öncelikli olması durumu

4.2.2.1.(1). Maliyet ve enfeksiyonu minimum yapan kateter planının belirlenmesi

Çizelge 4.10. ve Çizelge 4.11.'de maliyeti ve enfeksiyonu ayrı ayrı minimize yapan kateter planları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar hedef programlama modelinde kullanılmıştır. Her iki amacı aynı anda gerçekleştiren

optimum kateter planı belirlenirken tek amaçlı modeldeki kısıtlara ek olarak Eşitlik (4.14.), (4.15.) ve (4.16.) kısıtları da modele dahil edilmiştir. Amaç fonksiyonu, Çizelge 4.10. ve Çizelge 4.11.'de elde edilen optimum değerlerden sapma miktarının minimimizasyonu olarak Eşitlik (4.13.)'de verilmiştir. Her bir yatış süresi için minimum maliyet ve minimum enfeksiyon değerleri değiştiği için 9 farklı yatış süresi için modeller ayrı ayrı oluşturulmuştur. Yatış süresinin 23 gün olması durumu için Eşitlik (4.14.), (4.15.) ve (4.16.) denklemlerinde optimum maliyet ve optimum enfeksiyon değerleri sırasıyla Çizelge 4.10. ve Çizelge 4.11.'den alınmıştır. Diğer tüm yatış günlerine ait değerler Eşitlik (4.14.), (4.15.) ve (4.16.)'ya yansıtılarak modeller çözülmüş ve sonuçlar Çizelge 4.13.'de verilmiştir. Modellerde iterasyon sayısı 1000 olarak alınmış ve her bir iterasyonun eşit olasılığa sahip olduğu kabul edilmiştir. Aynı anda minimum enfeksiyon ve minimum maliyete sahip kateter planlarının belirlendiği modeller Gams paket programında MINLP olarak modellenmiştir. Solver Type, Couenne olarak belirlenmiş ve her bir yatış süresine ait modelin çözüm süresi ortalama 3-4.5 dakika sürmektedir.

$$\text{Minimizing } S_1^+ + S_2^+ \tag{4.13.}$$

$$\sum_{j=1}^{3} 7^{(a*x_j-1)} * I_j - S_1^+ + S_1^- = 0.011487 \tag{4.14.}$$

$$\sum_{j=1}^{3} c_j * k_j * a * x_j + \sum_{j=1}^{3} P_j * a * x_j - S_2^+ + S_2^- = 58.269 \tag{4.15.}$$

$$0.011487 * S_2^+ = 58.269 * S_1^+ \tag{4.16.}$$

Çizelge 4.13. Minimum Enfeksiyon-Minimum Maliyete Sahip Kateter Planları

YS	Etkin Kateter Planı (Adet)			Oluşma Sayısı (Adet)	Amaç Fonksiyon Değeri
	PVK (x_1)	PICC (x_2)	SVK (x_3)		
23	0	1	0	662	282
	0	0	1	338	207,6971775
9	0	0	1	1000	184,522176
3	1	0	0	936	130,9964669
	0	0	1	64	190,879
10	0	0	1	1000	184,52
6	0	0	1	1000	182
7	0	0	1	1000	184,522176
16	0	1	0	305	299
	0	0	1	695	208,2643871
11	0	1	0	28	307,35
	0	0	1	972	209,4735936
37	1	0	1	1000	251,612997

Yatış süresi 23 gün olması durumunda sadece enfeksiyon minimizasyonu amaçlanırsa Çizelge 4.11.'e göre 1 tane PICC, sadece maliyet minimizasyonu amaçlanırsa Çizelge 4.10.'e göre 7 tane PVK takılması uygun görülmektedir. Fakat aynı anda minimum enfeksiyon ve minimum maliyet minimizaysonu amaçlanırsa Çizelge 4.13.'de görüldüğü gibi 1000 iterasyon çalıştırılan modelde 662 adet modelin sonucunda 1 adet PICC kateter, geriye kalan 338 adet modelde ise 1 adet SVK takılması etkin çözüm olarak bulunmuştur. Uzman görüşüne bağlı olarak 23 günlük yatış süresine sahip hastaya yüksek olasılığa sahip 1 adet PICC veya minimum amaç değerine sahip 1 adet SVK takılabilir.

4.2.2.1.(2). Enfeksiyonu minimum ek süreyi maksimum yapan kateter planının belirlenmesi

Çizelge 4.11. ve Çizelge 4.12.'de enfeksiyon minimizasyonu ve ek süre maksimizasyonu için elde edilen optimum kateter planları hedef programlama modelinde kullanılmıştır. Her iki amacı aynı anda gerçekleştiren optimum kateter planı belirlenirken amaç fonksiyonu Eşitlik (4.17.) olmak üzere tek amaçlı modeldeki kısıtlara ek olarak Eşitlik (4.14.), Eşitlik (4.18.) ve (4.19.) kısıtları da modele dahil edilmiştir. Yatış süresinin 23 gün olması durumu için Eşitlik (4.14.) ve Eşitlik (4.18.) ve (4.19.) denklemlerinde optimum enfeksiyon ve optimum ek süre değerleri sırasıyla Çizelge 4.11. ve Çizelge 4.12.'den alınmıştır. Eşitlik (4.4.) ve Eşitlik (4.6.)-(4.10.) kısıtlarına ek olarak diğer tüm yatış günlerine ait değerler Eşitlik (4.14.) ve Eşitlik (4.18.)-(4.19.)'a yansıtılarak modeller çözülmüştür. Modellerde iterasyon sayısı 1000 olarak alınmış ve her bir iterasyonun eşit olasılığa sahip olduğu kabul edilmiştir. Minimum enfeksiyona-maksimum ek süreye sahip kateter planlarının belirlendiği modeller Gams paket programında MINLP olarak modellenmiştir. Solver Type, Couenne olarak belirlenmiş ve her bir yatış süresine ait modelin çözüm süresi ortalama 3-5.5 dakika sürmektedir. 9 farklı yatış süresi için minimum enfeksiyon ve maksimum ek süreye sahip kateter planları Çizelge 4.14.'de verilmiştir.

Minimizing $S_1^+ + S_3^-$ (4.17.)

$$\left(\sum_{j=1}^{3} t_j * x_j - YS\right) - S_3^+ + S_3^- = 23 \quad (4.18.)$$

$$0.011487 * S_3^- = 23 * S_1^+ \quad (4.19.)$$

Çizelge 4.14. Minimum Enfeksiyon-Maksimum Ek Süreye Sahip Kateter Planları

YS	Etkin Kateter Planı (Adet) PVK (x_1)	PICC (x_2)	SVK (x_3)	Oluşma Sayısı (Adet)	Amaç Fonksiyon Değeri
23	0	1	0	1000	16,01
9	0	1	0	1000	12,00
3	0	1	0	1000	12,39
10	0	1	0	1000	12,09
6	0	1	0	1000	12,24
7	0	1	0	1000	12,19
16	0	1	0	1000	12,01
11	0	1	0	1000	12,00
37	0	1	1	773	5,56
	0	2	0	227	14,81

Yatış süresi 23 gün olması durumunda sadece enfeksiyon minimizasyonu amaçlanırsa Çizelge 4.11'e göre 1 tane PICC ve sadece ek süre maksimizasyonu amaçlanırsa Çizelge 4.12.'ye göre 1 tane PVK ve 1 tane SVK takılması uygun görülmektedir. Fakat Çizelge 4.14.'de görüldüğü üzere minimum enfeksiyon-maksimum ek süre amaçlanırsa 1 adet PICC takılması etkin çözüm olarak bulunmaktadır. Bu durumda hedef programlama modelinin amaç fonksiyon değeri olan optimum enfeksiyon ve optimum ek süre değerlerinden sapan miktarların toplamı 16 olmaktadır.

4.2.2.1.(3). Maliyeti minimum ek süreyi maksimum yapan kateter planının belirlenmesi

Çizelge 4.10. ve Çizelge 4.12.'de maliyet minimizasyonu ve ek süre maksimizasyonu için optimum kateter planları belirlenmiştir. Her iki amacı aynı anda gerçekleştiren optimum kateter planı belirlenirken tek amaçlı modeldeki kısıtlara ek olarak Eşitlik (4.15.), Eşitlik (4.18.) ve Eşitlik (4.21.) kısıtları da

modele dahil edilmiştir. Amaç fonksiyonu her bir yatış süresi için belirlenen optimum maliyet ve optimum ek süreden sapmaların minimize edilmesidir ve Eşitlik (4.20.)'de formülize edilmiştir. Yatış süresinin 23 gün olması durumu için Eşitlik (4.15.), Eşitlik (4.18.) ve Eşitlik (4.21.) denklemlerinde optimum maliyet ve optimum ek süre değerleri sırasıyla Çizelge 4.10. ve Çizelge 4.12.'den alınmıştır. Eşitlik (4.4.) ve Eşitlik (4.6.)-(4.10.) kısıtlarına ek olarak diğer tüm yatış günlerine ait değerler Eşitlik (4.15.), Eşitlik (4.18.) ve Eşitlik (4.21.)'e yansıtılarak modeller çözülmüştür. Aynı anda minimum maliyet ve maksimum ek süreye sahip kateter planlarının belirlendiği modeller Gams paket programında MILP olarak modellenmiştir. Solver Type, Couenne olarak belirlenmiş ve her bir yatış süresine ait modelin çözüm süresi ortalama 1 dakikadan daha az sürmektedir.Her bir yatış süresi için minimum maliyet ve maksimum ek süreye sahip kateter planları Çizelge 4.15.'de verilmiştir.

$$\text{Minimizing } S_3^- + S_2^+ \tag{4.20.}$$

$$23 * S_2^+ = 58.269 * S_3^- \tag{4.21.}$$

Çizelge 4.15. Minimum Maliyet-Maksimum Ek Süreye Sahip Kateter Planları

YS	Etkin Kateter Planı (Adet)			Amaç Fonksiyon Değeri
	PVK (x_1)	PICC (x_2)	SVK (x_3)	
23	10	0	0	34,83
9	5	0	0	38,65
3	1	0	0	46,11
10	5	0	0	39,17
6	3	0	0	43,87
7	5	0	0	39,98
16	7	0	0	36,41
11	6	0	0	37,33
37	16	0	0	45.63

Yatış süresi 23 gün olması durumunda sadece maliyet minimizasyonu amaçlanırsa Çizelge 4.10.'a göre 7 tane PVK ve sadece ek süre maksimizasyonu amaçlanırsa Çizelge 4.12.'de göre 1 tane PVK ve 1 tane SVK takılması uygun görülmektedir. Fakat Çizelge 4.15.'de görüldüğü üzere minimum maliyet-maksimum ek süre amaçlanırsa en etkin kateter planı olarak 10 adet PVK takılması bulunmaktadır. Bu durumda hedef programlama modelinin amaç fonksiyon değeri olan optimum maliyet ve optimum ek süre değerlerinden sapan miktarların toplamı 34.83 olmaktadır.

4.2.2.1.(4). Maliyeti ve enfeksiyonu minimum ek süreyi maksimum yapan kateter planının belirlenmesi

Amaç fonksiyonlarının ikili kombinasyonlarına ek olarak üç amaç fonksiyonu aynı anda dikkate alınmış ve Eşitlik (4.22.) ile ifade edilen üç amaçtan sapmaları minimize edecek kateter planları belirlenmiştir. Tek amaçlı modelde dikkate alınan Eşitlik (4.4.), Eşitlik (4.6.)-(4.10.) kısıtlarına ek olarak Eşitlik (4.14.), (4.15.), (4.16.), Eşitlik (4.18.) ve Eşitlik (4.21.) kısıtları modele dahil edilmiştir. Yatış süresinin 23 gün olması durumu için Eşitlik (4.14.), (4.15.), (4.16.), Eşitlik (4.18.) ve Eşitlik (4.21.) denklemlerinde optimum maliyet, optimum enfeksiyon ve optimum ek süre değerleri sırasıyla Çizelge 4.10., Çizelge 4.11. ve Çizelge 4.12.'den alınmıştır. Eşitlik (4.4.) ve Eşitlik (4.6.)-(4.10.) kısıtlarına ek olarak diğer tüm yatış günlerine ait değerler Eşitlik Eşitlik (4.14.), (4.15.), (4.16.), Eşitlik (4.18.) ve Eşitlik (4.21.) kısıtlarına yansıtılarak modeller çözülmüştür. Modellerde iterasyon sayısı 1000 olarak alınmış ve her bir iterasyonun eşit olasılığa sahip olduğu kabul edilmiştir. Minimum maliyete-minimum enfeksiyon ve maksimum ek süreye sahip kateter planlarının belirlendiği modeller Gams paket programında MINLP olarak modellenmiştir. Solver Type, Couenne olarak belirlenmiş ve her bir yatış süresine ait modelin çözüm süresi ortalama 3-4.5 dakika sürmektedir. Her bir yenidoğan için minimum maliyet, minimum

enfeksiyon ve maksimum ek süreye sahip kateter planları Çizelge 4.16.'da verilmiştir.

Minimizing $S_1^+ + S_2^+ + S_3^-$ (4.22.)

Çizelge 4.16. Minimum Enfeksiyon-Minimum Maliyet-Maksimum Ek Süreye Sahip Kateter Planları

YS	Etkin Kateter Planı (Adet)			Oluşma Sayısı (Adet)	Amaç Fonksiyon Değeri
	PVK (x_1)	PICC (x_2)	SVK (x_3)		
3	1	0	0	64	742,7435523
	0	0	1	936	1083,963
6	0	0	1	1000	577
9	0	0	1	1000	428
10	0	0	1	1000	420,866795
11	0	1	0	28	593,407
	0	0	1	972	404,43532
16	0	0	1	695	340,6749324
	0	1	0	305	485,732
7	0	0	1	1000	443,023713
23	0	1	0	662	393,745
	0	0	1	338	289,6634882
37	0	1	1	1000	93,325161

Yatış süresinin 23 gün olması durumunda sadece enfeksiyon minimizasyonu amaçlanırsa Çizelge 4.11.'e göre 1 tane PICC, sadece maliyet minimizasyonu amaçlanırsa Çizelge 4.10.'a göre 7 tane PVK ve sadece ek süre maksimizasyonu amaçlanırsa Çizelge 4.12.'ye göre 1 tane PVK ve 1 tane SVK takılması uygun görülmektedir. Fakat Çizelge 4.16.'da görüldüğü üzere minimum enfeksiyon-minimum maliyet-maksimum ek süre amaçlanırsa en etkin kateter planı 1 adet PICC veya 1 adet SVK takılmasıdır. 1000 iterasyon çalıştırılan modelde 662 adet model sonucunda 1 adet PICC kateter takılması, geriye kalan 338 adet modelde ise 1 adet SVK takılması etkin çözüm olarak bulmuştur.

4.2.2.2. Amaç fonksiyonlarının önceliklendirilmesi

Çalışmada enfeksiyon minimizasyonu, maliyet minimizasyonu ve ek süre maksimizasyonu olmak üzere 3 amaç fonksiyonu dikkate alınmaktadır. Uygulamada çoğu zaman bu üç amaç fonksiyonu eşit önceliğe sahip olmamaktadır. Hastaların yaşamlarına sağlıklı bir şekilde devam etmesi öncelikli olduğu için üç amaç fonksiyonu içerisinde maliyet minimizasyonu en düşük önceliğe sahiptir. Uzman görüşü doğrultusunda amaç fonksiyonlarının öncelik sıralaması enfeksiyon minimizasyonu, ek süre maksimizasyonu ve maliyet minimizasyonu şeklinde belirlenmiştir.

4.2.2.2.(1). Her adımda bir amaç fonksiyonunun önceliklendirilmesi

iv. Birinci öncelikli amaç olarak enfeksiyon minimizasyonunun modellenmesi

Öncelikli amaç olan enfeksiyon minimizasyonunda tek amaçlı modellerde kullanılan Eşitlik (4.4.), Eşitlik (4.6.)-(4.10.) kısıtlarına ek olarak Eşitlik (4.14.)-(4.15.) ve Eşitlik (4.18.) kısıtları modele dahil edilmiştir. Her bir hasta için optimum enfeksiyon değerinden sapan miktarın minimizasyonu amaç fonksiyonunu oluşturmaktadır ve Eşitlik (4.23.) ile ifade edilmiştir. Yatış süresinin 23 gün olması durumu için Eşitlik (4.14.)-(4.15.) ve Eşitlik (4.18.) denklemlerinde optimum maliyet, optimum enfeksiyon ve optimum ek süre değerleri sırasıyla Çizelge 4.10., Çizelge 4.11. ve Çizelge 4.12.'den alınmıştır. Tek amaçlı modellerde dikkate alınan Eşitlik (4.4.) ve Eşitlik (4.6.)-(4.10.) denklemlerine ek olarak diğer tüm yatış günlerine ait değerler Eşitlik (4.14.)-(4.15.) ve Eşitlik (4.18.)'e yansıtılarak modeller çözülmüştür. Modellerde iterasyon sayısı 1000 olarak alınmış ve her bir iterasyonun eşit olasılığa sahip olduğu kabul edilmiştir. Problem Gams paket programında MINLP olarak modellenmiştir. Solver Type, Couenne olarak belirlenmiştir. Her bir yatış süresine ait modelin çözüm süresi ortalama 3-5 dakika sürmektedir. Model sonucunda elde edilen etkin kateter planları ve bu planlar için

optimum enfeksiyon değerinden sapma miktarları (S_1^+) Çizelge 4.17.'de verilmiştir.

Minimizing S_1^+ (4.23.)

v. İkinci öncelikli amaç olarak ek süre maksimizasyonunun modellenmesi

İkinci önceliğe sahip ek süre maksimizasyonu modeline çözüm aranırken Eşitlik (4.23.) için belirlenen optimum değer Eşitlik (4.25.)'de kısıt olarak ifade edilmiştir. Eşitlik (4.24.) ile ek süreden sapan miktar minimize edilirken, Eşitlik (4.4.), Eşitlik (4.6.)-(4.10.), yatış süresinin 23 gün olması durumu için oluşturulan Eşitlik (4.14.)-(4.15.) ve Eşitlik (4.18.) kısıtlarına ek olarak Eşitlik (4.25.) kısıtı da dikkate alınmıştır. Problem Gams paket programı ile çözülmüş ve model sınıfı MINLP olarak bulunmuştur. Solver Type, Couenne olarak belirlenmiştir. Modellerde iterasyon sayısı 1000 olarak alınmış ve her bir iterasyonun eşit olasılığa sahip olduğu kabul edilmiştir. Problem Gams paket programında MINLP olarak modellenmiştir. Solver Type, couenne olarak belirlenmiştir. Her bir yatış süresine ait modelin çözüm süresi ortalama 2-5 dakika sürmektedir. Model sonucunda elde edilen etkin kateter planları ve bu planlar için optimum ek süre değerinden sapma miktarları (S_3^-) Çizelge 4.17.'de verilmiştir.

Minimizing S_3^- (4.24.)

$S_1^+ = Opt_S_1^+$ (4.25.)

vi. Üçüncü öncelikli amaç olarak maliyet minimizasyonunun modellenmesi

Üçüncü önceliğe sahip maliyet minimizasyonu modeline çözüm aranırken Eşitlik (4.23.) ve Eşitlik (4.24.) ile belirlenen optimum değerler modele kısıt olarak eklenmektedir. Eşitlik (4.26.) ile maliyetten sapan miktar minimize edilirken, Eşitlik (4.4.), Eşitlik (4.6.)-(4.10.), Eşitlik (4.14.)-(4.15.) ve Eşitlik (4.18.) kısıtlarına ek olarak Eşitlik (4.25.) ve Eşitlik (4.27.) kısıtları da modele dahil edilmiştir. Problem Gams paket programında MINLP olarak modellenmiştir. Solver Type, Couenne olarak belirlenmiştir. Modellerde iterasyon sayısı 1000 olarak alınmış ve her bir iterasyonun eşit olasılığa sahip olduğu kabul edilmiştir. Her bir yatış süresine ait modelin çözüm süresi ortalama 2-3 dakika sürmektedir. Model sonucunda elde edilen etkin kateter planları ve bu planlar için optimum maliyet değerinden sapma miktarları (S_2^+) Çizelge 4.17.'de verilmiştir.

Minimizing S_2^+ (4.26.)

$$S_3^- = Opt_S_3^- \quad (4.27.)$$

Çizelge 4.17. Öncelikli Hedef Programlama Sonucu

	Enfeksiyon Minimizasyonu					Ek Süre Maksimizasyonu				Maliyet Minimizasyonu			
YS	Optimum Enfeksiyon Değerinden Sapma Miktarı	Oluşma Sayısı (Adet)	PVK (x_1) (Adet)	PICC (x_2) (Adet)	SVK (x_3) (Adet)	Optimum Ek Süre Değerinden Sapma Miktarı	PVK (x_1) (Adet)	PICC (x_2) (Adet)	SVK (x_3) (Adet)	Optimum Maliyet Değerinden Sapma Miktarı	PVK (x_1) (Adet)	PICC (x_2) (Adet)	SVK (x_3) (Adet)
9	0,003	1000	0	1	0	12	0	1	0	315,568	0	1	0
23	0,003	1000	0	1	0	16	0	1	0	282,271	0	1	0
3	0,002	1000	0	1	0	12	0	1	0	332,22	0	1	0
10	0,002	1000	0	1	0	12	0	1	0	316	0	1	0
16	0,002	1000	0	1	0	12	0	1	0	298,919	0	1	0
11	0,002	1000	0	1	0	12	0	1	0	307	0	1	0
6	0,002	1000	0	1	0	12	0	1	0	324	0	1	0
7	0,002	1000	0	1	0	12	0	1	0	316	0	1	0
37	0,015	367	0	2	0	14	0	2	0	439,591	0	1	1
	0,019	633	0	1	1	2	0	1	1				

Çizelge 4.17. önceliklendirmeli hedef programalama sonucuna göre enfeksiyon minimizasyonu kolonları, amaç fonksiyonu minimum enfeksiyon olması durumunda elde edilen sonuçları göstermektedir. Ek süre maksimizasyonu kolonları, elde edilen enfeksiyon değerinin kısıt olarak eklenmesi ve amaç fonksiyonunun optimum ek süreden sapan miktarın minimizasyonu olması durumunda elde edilen sonuçları vermektedir. Maliyet minimizasyonu kolonları ise enfeksiyon minimizasyonu ve ek süre maksimizasyonu sonucu elde edilen S_1^+ ve S_3^- değerlerinin modele kısıt olarak eklenmesi ile elde edilen sonuçları ifade etmektedir. Yatış süresi 23 gün olması durumunda sadece enfeksiyon minimizasyonu amaçlanırsa Çizelge 4.11.'e göre 1 tane PICC, sadece maliyet minimizasyonu amaçlanırsa Çizelge 4.10.'a göre 7 tane PVK ve sadece ek süre maksimizasyonu amaçlanırsa Çizelge 4.12.'ye göre 1 tane PVK ve 1 tane SVK takılması uygun görülmektedir. Fakat Çizelge 4.17.'de en etkin kateter planı 1 adet PICC kateterdir. Tek amaçlı enfeksiyon minimizasyonu ve enfeksiyon minimizasyonunun ilk öncelikli amaç olduğu hedef programlama model sonuçlarında aynı kateter planları çözüm olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.17.'de elde edilen sonuçların birbirine çok benzediği görülmektedir. Bu benzerlik kateter sürelerinin kırılımlarının az olmasından ve birinci öncelik olan enfeksiyon minimizasyonu amaç fonksiyonundan kaynaklanmaktadır. Önceliklendirmesiz hedef programlama model sonucunda farklı kateter planları etkin çözüm olarak elde edilmiştir.

4.2.2.2.(2). Her adımda birden fazla amaç fonksiyonunun önceliklendirilmesi

iii. Birinci öncelikli amaç olarak enfeksiyon minimizasyonu ve ek süre maksimizasyonunun modellenmesi

Çizelge 4.17.'de amaç fonksiyonları tek tek önceliklendirilerek yatış süresine bağlı etkin kateter planları oluşturulmuştur. Uzman doktor görüşü doğrultusunda enfeksiyon minimizasyonu ve ek süre maksimizasyonu amaçlarının aynı ve birinci önceliğe, maliyet minimizasyonu amacının ise ikinci önceliğe sahip

olması durumu için etkin kateter planları da belirlenmiştir. Enfeksiyon minimizasyonu ve ek süre maksimizasyonu amacı gerçekleştirilirken amaç fonksiyonu Eşitlik (4.28.) ile ifade edilmiştir. Eşitlik (4.28.) amaç fonksiyonu, Eşitlik (4.4.), Eşitlik (4.6.)-(4.10.), Eşitlik (4.14.)-(4.15.) ve Eşitlik (4.18.) kısıtları dikkate alınarak Gams paket programında MINLP olarak modellenmiştir. Couenne solver type ile çözülen modellerde iterasyon sayısı 1000 olarak alınmış ve her bir iterasyonun eşit olasılığa sahip olduğu kabul edilmiştir. Her bir yatış süresine ait modelin çözüm süresi ortalama 3-5 dakika sürmektedir. Model sonuçları Çizelge 4.18.'de verilmiştir.

$$\text{Minimizing } S_1^+ + S_3^- \tag{4.28.}$$

iv. İkinci öncelikli amaç olarak maliyet minimizasyonunun modellenmesi

İkinci önceliğe sahip maliyet minimizasyonu amaç fonksiyonu Eşitlik (4.26.) ile ifade edilmiştir. Eşitlik (4.26.) için etkin çözüm belirlenirken Eşitlik (4.28.) ile elde edilen değer Eşitlik (4.29.) olarak tanımlanmış ve modele kısıt olarak eklenmiştir. Eşitlik (4.26.); Eşitlik(4.4.), Eşitlik (4.6.)-(4.10.), Eşitlik (4.14.)-(4.15.), Eşitlik (4.18.) ve Eşitlik (4.29.) kısıtları dikkate alınarak Gams paket programında MINLP olarak modellenmiştir. Couenne solver type ile çözülen modellerde iterasyon sayısı 1000 olarak alınmış ve her bir iterasyonun eşit olasılığa sahip olduğu kabul edilmiştir. Her bir yatış süresine ait modelin çözüm süresi ortalama 2-4 dakika sürmektedir. Model sonuçları Çizelge 4.18.'de verilmiştir.

$$S_1^+ + S_3^- = Opt_S_1^+ + Opt_S_3^- \tag{4.29.}$$

Çizelge 4.18.'de iki amaç fonksiyonunun aynı anda birinci öncelikte olması, maliyet minimizasyonunun ise ikinci öncelikte olması durumunda elde edilen sonuçlar verilmiştir. Çizelge 4.18.'de enfeksiyon minimizasyonu-ek süre maksimizasyonu kolonları, amaç fonksiyonunun enfeksiyon minimizasyonu-ek

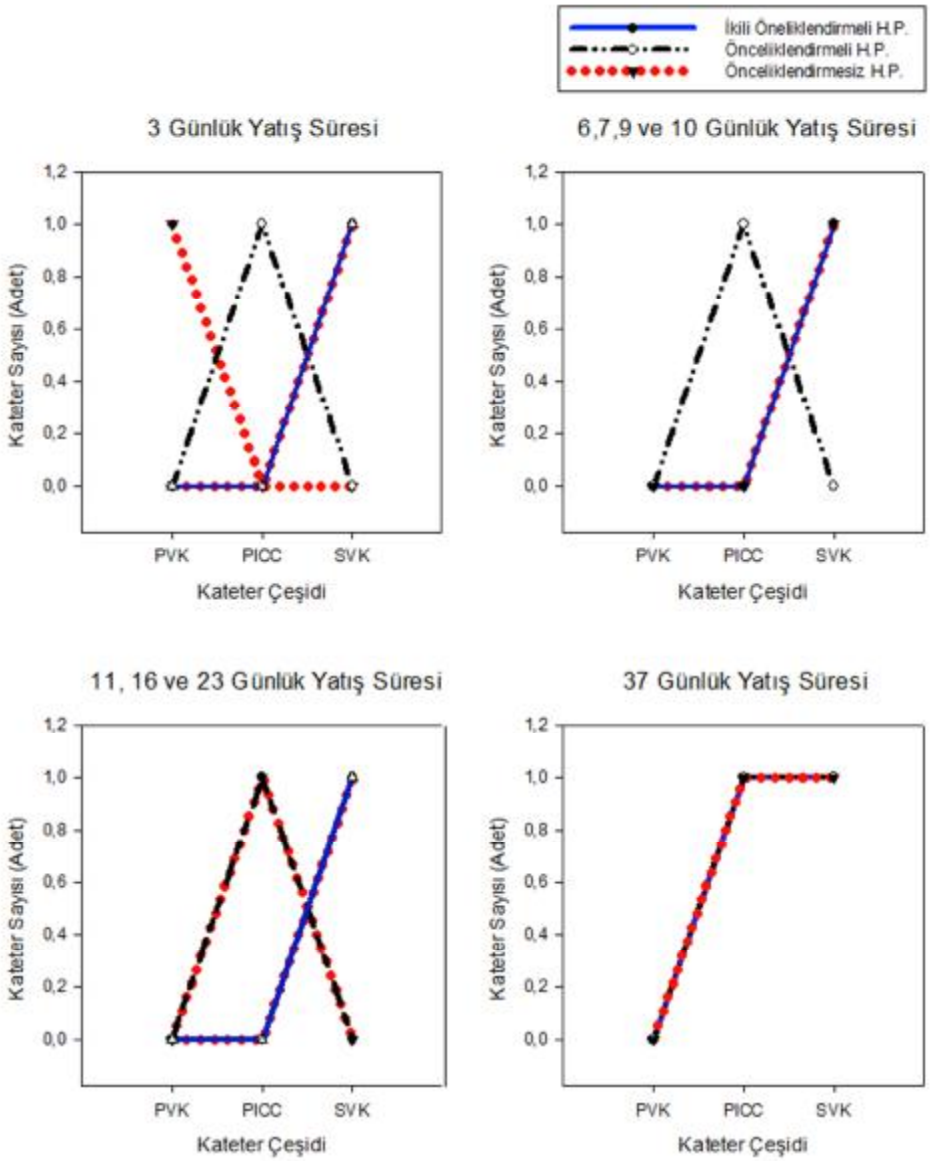
süre maksimizasyonu olması durumunda elde edilen sonuçları göstermektedir. Maliyet minimizasyonu kolonları ise, enfeksiyon ve ek süre değerlerinden sapan miktarların kısıt olarak eklenmesi ve amaç fonksiyonunun minimize maliyet olması durumunda elde edilen sonuçları vermektedir. Yatış süresi 23 gün olması durumunda sadece maliyet minimizasyonu amaçlanırsa Çizelge 4.10.'a göre 7 tane PVK, sadece enfeksiyon minimizasyonu amaçlanırsa Çizelge 4.11.'e göre 1 tane PICC ve sadece ek süre maksimizasyonu amaçlanırsa Çizelge 4.12.'ye göre 1 tane PVK ve 1 tane SVK takılması uygun görülmektedir. Fakat enfeksiyon minimizasyonu ve ek süre maksimizasyonu birinci amaç, maliyet minimizasyonu ikinci amaç olarak dikkate alınırsa modelleme sonucunda Çizelge 4.18.'de görüldüğü üzere en etkin kateter planı 1 adet PVK ve 1 adet SVK kateter takılmasıdır.

Çizelge 4.18. Enfeksiyon Minimizasyonu-Ek Süre Maksimizasyonu İlk Öncelikli Amaç, Maliyet Minimizasyonu İkinci Öncelikli Amaç Olması Durumu İçin Sonuçlar

	Enfeksiyon Minimizasyonu-Ek Süre Maksimizasyonu							Maliyet Minimizasyonu						
YS	PVK (x_1) (Adet)	PICC (x_2) (Adet)	SVK (x_3) (Adet)	Oluşma Sayısı (Adet)	Ortalama	Minimum Değer	Minimum Değer	PVK (x_1) (Adet)	PICC (x_2) (Adet)	SVK (x_3) (Adet)	Oluşma Sayısı (Adet)	Ortalama	Minimum Değer	Maksimum Değer
9	1	1	0	22	8,17	8,15	8,21	0	0	1	1000	173,968	173,968	173,968
	0	0	1	978	0,07	0,027	0,108	0	0	1	1000	173,968	173,968	173,968
23	1	0	1	1000	0,27	0,142	0,388	1	0	1	1000	148,995	148,995	148,995
3	1	1	0	22	8,17	8,15	8,21	0	0	1	1000	190,616	190,616	190,616
	0	0	1	978	0,07	0,027	0,108	0	0	1	1000	190,616	190,616	190,616
10	1	1	0	22	8,17	8,15	8,21	0	0	1	1000	173,968	173,968	173,968
	0	0	1	978	0,07	0,027	0,108	0	0	1	1000	173,968	173,968	173,968
16	1	1	0	22	8,17	8,15	8,21	0	0	1	1000	157	157	157
	0	0	1	978	0,07	0,027	0,108	0	0	1	1000	157	157	157
11	1	1	0	22	8,17	8,15	8,21	0	0	1	1000	166	166	166
	0	0	1	978	0,07	0,027	0,108	0	0	1	1000	166	166	166
7	1	1	0	22	8,17	8,15	8,21	0	0	1	1000	174	174	174
	0	0	1	978	0,07	0,027	0,108	0	0	1	1000	174	174	174
6	1	1	0	22	8,17	8,15	8,21	0	0	1	1000	182	182	182
	0	0	1	978	0,07	0,027	0,108	0	0	1	1000	182	182	182
37	0	1	1	1000	2,017	2	2,055	0	1	1	1000	439,591	439,591	439,591

Önceliklendirmesiz, önceliklendirmeli ve ikili önceliklendirmeli hedef programlama modellerinin karşılaştırılması

HCT-MCH BSI modeli ile elde edilen yatış süreleri için önceliklendirmesiz, önceliklendirmeli ve ikili önceliklendirmeli hedef programlama modelleri oluşturulmuş ve etkin kateter planları belirlenmiştir. Model sonuçları Çizelge 4.16., Çizelge 4.17. ve Çizelge 4.18.'de verilmiş ve elde edilen etkin kateter planları Şekil 4.9.'da özetlenmiştir. Şekil 4.9.'da görüldüğü üzere üç farklı tip hedef programlama (H.P.) modeli sonucunda 6, 7, 9 ve 10 günlük ve 11, 16 ve 23 günlük yatış süreleri için aynı kateter planları belirlenmiştir. 3 günlük yatış süresinde önceliklendirmesiz hedef programlama modeli ile 1 adet SVK veya 1 adet PVK takılması olmak üzere iki alternatif çözüm bulunmuştur. 1 adet SVK takılması ikili önceliklendirmeli hedef programlama modeli ile de etkin çözüm olarak belirlenmiştir. 6, 7, 9 ve 10 günlük yatış sürelerinde ise önceliklendirmeli hedef programlama modeli ile 1 adet PICC, önceliklendirmesiz ve ikili önceliklendirmeli hedef programlama modelleri ile 1 adet SVK takılması etkin çözüm olarak belirlenmiştir. Şekil 4.9.'da verildiği gibi 11, 16 ve 23 günlük yatış sürelerinde ise önceliklendirmesiz hedef programlama modelinde iki alternatif çözüm elde edilmiştir. Alternatif çözümlerden 1 adet PICC takılması önceliklendirmeli hedef programlama, 1 adet SVK takılması ise ikili önceliklendirmeli hedef programlama modeli ile de etkin kateter planı olarak belirlenmiştir. 37 günlük yatış süresi için üç tip hedef programlama modeli sonucunda 1adet PICC ve 1 adet SVK takılması etkin kateter planı olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.9. Hedef Programlama Modellerinin Karşılaştırılması

Çalışmada yatış süresine bağlı hastaya uygulanacak kateter planı modellenmiştir. Kateter planının uygulanması hastaya hızlı müdahale gerektirdiği için planların çok kısa sürede oluşturulabilmesi gerekmektedir. Tek amaçlı ve çok

amaçlı optimizasyon modellerinde kateterlerin enfeksiyon değerleri uniform dağılıma bağlı olarak tanımlanmıştır. Oluşan enfenksiyon değeri olasılıksal olarak tanımlandığı için optimum değerler elde edilirken modellerin pek çok defa çalıştırılması gerekmektedir. Her bir hasta için etkin kateter planları ortalama 6-9 dakika sürede modellenmektedir. Kateter planlarının kararında hastalara anlık müdahaleler edilmesi gerektiği için bu süre yoğun bakım üniteleri için uzun bir zaman dilimini ifade etmektedir. Bu nedenle çözüm sürecini hızlandırmak için probleme ayrıca sezgisel yöntemlerle çözüm aranmıştır.

4.4.3. Genetik Algoritma

Çalışmada kateter planının belirlenmesinde meta-sezgisel yöntemlerden genetik algoritma kullanılmıştır. Genetik algoritma uygulamasında tek amaçlı ve çok amaçlı modeller Matlab paket programında modellenmiştir.

4.4.3.1. Tek amaçlı modellerin genetik algoritma sonuçları

Enfeksiyon minimizasyonu, maliyet minimizasyonu ve gün esnekliği maksimizasyonunun hedeflendiği modellerde karar değişkenleri tam sayı olarak tanımlanmaktadır. Genetik algoritmada bulunan seçim kriterinde rank, rulet, tournament yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat tamsayılı problemler için bu yöntemler uygun değildir (https://www.mathworks.com/help/gads/genetic-algorithm-options.html). Matlab otomatik olarak stokastik uniform seçim yöntemini kullanmaktadır ve bu yöntem tamsayılı modellerde kullanılabilmektedir. Bu nedenle oluşturulan genetik algoritma modellerinde stokastik uniform seçim yöntemi kullanılmıştır. Her üç fonksiyona ait genetik algoritma modellerinde Crossover ve mutasyon fonksiyonları ise ‘constraint depent’; crossover oranı 0.8 olarak belirlenmiştir. Tek amaçlı modeller için elde edilen genetik algoritma model sonuçları Çizelge 4.19.’da verilmiştir.

Çizelge 4.19 Genetik Algoritma Tek Amaçlı Model Sonuçları

	Enfeksiyon Minimizasyonu				Maliyet Minimizasyonu				Ek Süre Maksimizasyonu			
YS	Amaç Fonksiyonu	PVK (s_1)	PICC (s_2)	SVK (s_3)	Amaç Fonksiyonu	PVK (s_1)	PICC (s_2)	SVK (s_3)	Amaç Fonksiyonu	PVK (s_1)	PICC (s_2)	SVK (s_3)
37	0,057	0	1	1	99,89	12	0	0	37	11	1	0
	0,053	0	2	0						8	0	1
9	0,0108	0	1	0	24,97	3	0	0	33	3	1	0
										0	0	1
3	0,0118	0	1	0	8,32	1	0	0	39	0	0	1
										3	1	0
23	0,0135	0	1	0	58,27	7	0	0	23	1	0	1
										4	1	0
10	0,0122	0	1	0	24,97	3	0	0	32	3	1	0
										0	0	1
6	0,012	0	1	0	16,648	2	0	0	36	0	0	1
										3	1	0
7	0,0119	0	1	0	24,97	3	0	0	35	3	1	0
										0	0	1
16	0,0121	0	1	0	41,621	5	0	0	26	3	1	0
										0	0	1
11	0,0116	0	1	0	33,296	4	0	0	31	3	1	0
										0	0	1

Yatış süresi 23 gün olması durumunda klasik optimizasyon modelleri ile sadece maliyet minimizasyonu amaçlanırsa Çizelge 4.10.'a göre 7 tane PVK, sadece enfeksiyon minimizasyonu amaçlanırsa Çizelge 4.11.' e göre 1 tane PICC ve sadece ek süre maksimizasyonu amaçlanırsa Çizelge 4.12.'ye göre 1 tane PVK ve 1 tane SVK takılması uygun görülmektedir. GA modeller ile Çizelge 4.119'da verildiği gibi maliyeti minimize eden kateter planı 7 adet PVK, enfeksiyonu minimize eden kateter planı 1 adet PICC ve ek süreyi maksimize eden kateter planı 1 adet PVK ve 1 adet SVK veya 4 adet PVK ve 1 adet PICC takılmasıdır. Yatış süresinin 23 gün olmasında olduğu gibi tüm yatış günlerinde GA modeli ile ek süre maksimizasyonunda alternatif çözümler elde edilmiştir. GA ile elde edilen alternatif çözümler dışındaki çözümler klasik optimizasyon modeli ile elde edilen çözümleri yansıtmaktadır.

4.4.3.2. Çok amaçlı modellerin genetik algoritma sonuçları

Genetik algoritma modellerinde, çok amaçlı modeller preemptive hedef programlama modeli için dikkate alınmıştır. Tek amaçlı modellerde olduğu gibi kurulan genetic algoritma modellerinde stokastik üniform seçim yöntemi kullanılmıştır. Crossover ve mutasyon fonksiyonları ise 'constraint depent'; crossover oranı 0.8 olarak belirlenmiştir.

Hedef prograla ma-genetik algoritma modellerinde klasik hedef programlama modellerinde olduğu gibi sapmalar minimize edilmektedir. Eşitlik (3.30.)'de enfeksiyon minimizasyonu, Eşitlik (3.31.)'de maliyet minimizasyonu ve Eşitlik (3.32.)'de ek süre maksimizasyonu için oluşturulan amaç fonksiyonları Eşitlik (4.30.)-(4.32.)'de sırasıyla yatış süresinin 23 gün olması durumuna göre uyarlanmış ve modeller aşağıda verilmiştir. Diğer yatış süreleri için de Eşitlik (4.30.)-(4.32)'deki gibi amaç fonksiyonları oluşturulmuştur.

$$minimize \sum_{j=1}^{3} 7^{(a*x_j-1)} * I_j - 0.0135 \quad (4.30.)$$

$$minimize \left(\sum_{j=1}^{3} a * k_j * c_j * x_j + \sum_{j=1}^{3} a * P_j * x_j\right) - 58.27 \quad (4.31.)$$

$$\text{minimize } 23 - \left(\sum_{j=1}^{3} t_j * x_j - 23\right) \quad (4.32.)$$

i. Birinci öncelikli amaç olarak enfeksiyon minimizasyonunun modellenmesi

Genetik algoritma-önceliklendirmeli hedef programlama yaklaşımında birinci öncelikli amaç olarak enfeksiyon minimizasyonu modellenmiştir. Eşitlik (4.30.) optimum enfeksiyon miktarından sapmaların minimizasyonu fonksiyonu Eşitlik (4.4.), Eşitlik (4.6.)-(4.10.), Eşitlik (4.14.)-(4.15.) ve Eşitlik (4.18.) kısıtları modele dahil edilerek Matlab programında modellenmiştir. Her bir yatış süresi için elde edilen sonuçlar Çizelge 4.20.'deki enfeksiyon minimizasyon kolonu elde edilmiştir.

ii. İkinci öncelikli amaç olarak ek süre maksimizasyonunun modellenmesi

Genetik algoritma-önceliklendirmeli hedef programlama yaklaşımında birinci öncelikli amaç olarak ek süre maksimizasyonu modellenmiştir. Eşitlik (4.31.) optimum ek süre değerinden sapmaların minimizasyonu amaç fonksiyonu olarak alınmıştır. Eşitlik (4.4.), Eşitlik (4.6.)-(4.10.), Eşitlik (4.14.)-(4.15.) ve Eşitlik (4.18.) kısıtlarına ek olarak Eşitlik (4.30.) ile elde edilen değer yeni kısıt olarak belirlenmiş ve modele dahil edilmiştir. Genetik algoritma modelleri Matlab programında oluşturulmuştur. Elde edilen GA çözümü Çizelge 4.20.'de ek süre maksimizasyonu kolonunda verilmiştir.

iii. Üçüncü öncelikli amaç olarak maliyet minimizasyonunun modellenmesi

Genetik algoritma-önceliklendirmeli hedef programlama yaklaşımında birinci öncelikli amaç olarak maliyet minimizasyonu modellenmiştir. Eşitlik (4.32.) optimum maliyet değerinden sapmaların minimizasyonu amaç fonksiyonu olarak alınmıştır. Eşitlik (4.4.), Eşitlik (4.6.)-(4.10.), Eşitlik (4.14.)-(4.15.) ve Eşitlik (4.18.) kısıtlarına ek olarak Eşitlik (4.30.) ve Eşitlik (4.31.) ile elde edilen değerler kısıt olarak belirlenmiş ve modele dahil edilerek çözülmüştür. Elde edilen GA çözümü Çizelge 4.20.'de maliyet minimizasyonu kolonunda verilmiştir.

Çizelge 4.20. Genetik Algoritma Önceliklendirmeli Hedef Programlama Model Sonuçları

	Enfeksiyon Minimizasyonu				Ek Süre Maksimizasyonu				Maliyet Minimizasyonu			
YS	$Opt_S_1^+$	PVK (x_1)	PICC (x_2)	SVK (x_3)	$Opt_S_3^-$	PVK (x_1)	PICC (x_2)	SVK (x_3)	$Opt_S_2^+$	PVK (x_1)	PICC (x_2)	SVK (x_3)
9	0,003	0	1	0	12	0	1	0	315,57	0	1	0
23	0,004	0	1	0	16	0	1	0	307,242	3	1	0
3	0,002	0	1	0	12	0	1	0	332,22	0	1	0
10	0,002	0	1	0	12	0	1	0	315,57	0	1	0
16	0,002	0	1	0	12	0	1	0	298,919	0	1	0
11	0,003	0	1	0	12	0	1	0	307,244	0	1	0
6	0,002	0	1	0	12	0	1	0	323,892	0	1	0
7	0,002	0	1	0	12	0	1	0	315,57	0	1	0
37	0,0192	0	2	0	14	0	2	0	439,591	0	1	1
	0,025	0	1	1	2	0	1	1				

Hedef programlama-genetik algoritma model sonucu

Yatış süresinin 23 gün olması durumunda klasik önceliklendirmeli hedef programlama modeli sonucunda en etkin kateter planı 1 adet PICC kateter takılması olarak belirlenmiştir. Önceliklendirmeli hedef programlama-genetik algoritma modeli sonucunda ise 23 günlük yatış süresi için 3 adet PVK, 1 adet PICC kateter takılması en etkin çözüm olarak bulunmuştur. Klasik modelde amaç fonksiyon değeri 282.271 iken GA modelinde amaç fonksiyon değeri 307 olarak bulunmuştur. 23 günlük yatış süresi için GA ile elde edilen amaç fonksiyon değerlerinde çok iyi bir yakınsama görünmemesine rağmen Çizelge 4.17. önceliklendirmeli hedef programlama ve Çizelge 4.20. önceliklendirmeli hedef programlama-genetik algoritma model sonuçları karşılaştırıldığında 23 günlük yatış süresi dışındaki tüm yatış sürelerinde amaç fonksiyon değerlerinin aynı olduğu görülmektedir. Bu durum GA modellerinin kateter planlarının oluşturulmasında kullanılabileceğini göstermektedir.

4.4.5. Optimizasyon Modeli ve Genetik Algoritma Model Sonuçlarının Karşılaştırılması

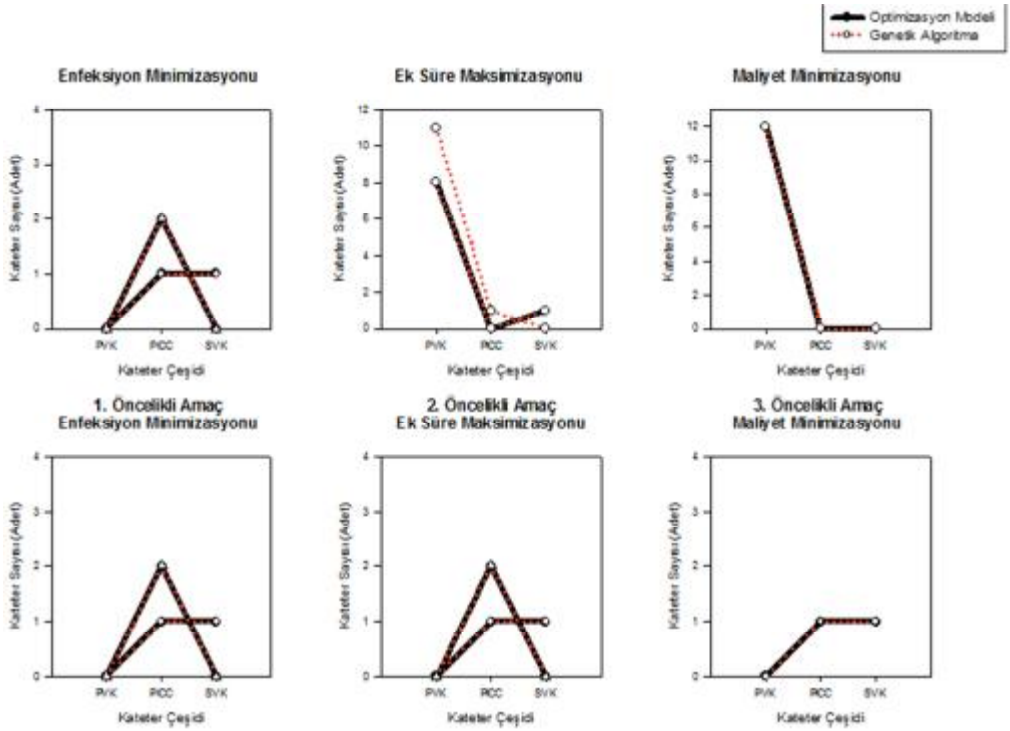
HCT-MCH BSI modelleri ile elde edilen yatış süreleri için optimum kateter planları belirlenmiştir. Kateter planları belirlenirken tek amaçlı ve çok amaçlı modeller kurulmuş ve modeller optimizasyon ve genetik algoritma modelleri ile çözülmüştür. Çok amaçlı modeller optimizasyon modellerinde önceliklendirmesiz ve önceliklendirmeli hedef programlama, genetik algoritma modelinde ise önceliklendirmeli hedef programlama yaklaşımı ile çözülmüştür. Tek amaçlı modellerin ve öncelikli hedef programlama modellerinin optimizasyon ve genetik algoritma sonuçları her bir yatış süresi değeri için incelenmiştir.

Yatış süresinin 37 gün olması durumu

HCT-MCH BSI model sonucunda yatış süresinin 37 gün olması durumunda uygulanacak kateter planları belirlenirken tek amaçlı modellerin ve

önceliklendirmeli hedef programlama modellerinin optimizasyon ve genetik algoritma model sonuçları Şekil 4.10'da verilmiştir. 37 günlük yatış süresi için tek amaçlı modellerden enfeksiyon ve maliyet minimizasyonu modellerinde optimizasyon modeli ve genetik algoritma model sonuçlarının birbiri ile aynı olduğu Şekil 4.10.'da görülmektedir. Enfeksiyon minimizasyonu için oluşturulan modellerde 1adet PICC ve 1 adet SVK veya 2 adet PICC olmak üzere iki alternatif çözüm elde edilmiştir. Kateter planlarının oluşturulmasında amaç fonksiyonunun ek süre maksimizasyonu olduğunda optimizasyon ve genetik algoritma modeli 8 adet PVK ve 1 adet SVK takılmasını ortak çözüm olarak bulunmaktadır. Bu çözüme ek olarak genetik algoritma modeli ile ek süre maksimizasyonunda 11 adet PVK ve 1 adet PICC takılması da alternatif kateter planı olarak elde edilmektedir. Önceliklendirmeli hedef programlama modelinde enfeksiyon minimizasyonu birinci öncelikli amaç olarak dikkate alındığında optimizasyon ve genetik algoritma model sonuçlarına göre 1 adet PICC ve 1 adet SVK veya 2 adet PICC takılması etkin kateter planları olarak bulunmuştur. Bu kateter planlarında 1 adet PICC ve 1 adet SVK için optimizasyon ve genetik algoritma modellerinde sapma miktarları sırasıyla Çizelge 4.17. ve Çizelge 4.20.'de verildiği gibi 0.019 ve 0.025; 2 adet PICC kateter planı için ise bu değerler sırasıyla 0.015 ve 0.0192 olarak bulunmuştur. Modellerden elde edilen optimum sapma değerleri kısıt olarak dikkate alınarak ikinci öncelikli amaç olan ek süre maksimizasyonu modellenmiş ve optimizasyon ve genetik algoritma modelleri sonucunda Şekil 4.10.'da görüldüğü üzere 1 adet PICC ve 1 adet SVK veya 2 adet PICC takılması etkin kateter planları olarak bulunmuştur. Ek süre maksimizasyonu model sonucunda kateter planlarında 1 adet PICC-1 adet SVK ve 2 adet PICC için optimizasyon ve genetik algoritma modellerinde sapma miktarı Çizelge 4.17. ve Çizelge 4.20.'de verildiği gibi aynı bulunmuştur ve optimum sapma değerleri kateter planları için sırasıyla 2 ve 14'tür. Elde edilen optimum sapma değeri ilgili modellere kısıt olarak eklenerek üçüncü öncelikli maliyet minimizasyonu amaç fonksiyonunu dikkate alınmış ve 37 günlük yatış süresi için 1 adet PICC ve 1 adet SVK

kullanılması etkin çözüm olarak belirlenmiştir. Şekil 4.10.'a göre 37 günlük yatış süresi için elde edilen optimizasyon ve genetik algoritma modeli ile elde edilen model sonuçlarının birbiri ile uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

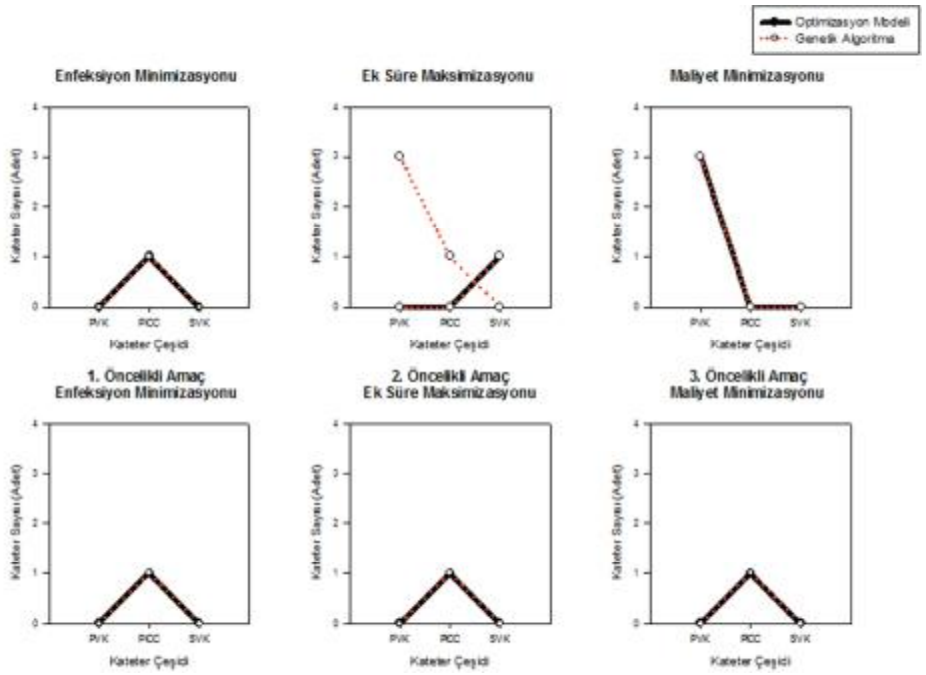


Şekil 4.10. Yatış süresinin 37 Gün olması Durumu için Matematiksel Programlama ve Genetik Algoritma Sonuçları

Yatış süresinin 7, 9 ve 10 gün olması durumu

HCT-MCH BSI model sonucunda yatış süresinin 7, 9 ve 10 gün olması durumunda tek amaçlı modellerin ve önceliklendirmeli hedef programlama optimizasyon ve genetik algoritma modelleri sonucunda aynı kateter planları çözüm olarak bulunmuş ve Şekil 4.11.'de verilmiştir. 7, 9 ve 10 günlük yatış süresi için tek amaçlı modellerden enfeksiyon minimizasyonu ve maliyet minimizasyonu modellerinde optimizasyon ve genetik algoritma model sonuçlarının birbiri ile aynı olduğu Şekil 4.11.'de görülmektedir. Optimizasyon modelinin Gams paket

programında, genetik algoritma modelinin Matlab paket programında modellenmesi sonucunda 1 adet PICC enfeksiyonu, 3 adet PVK kullanılması ise maliyeti minimize eden kateter planları olarak belirlenmiştir. Kateter planlarının oluşturulmasında ek süre maksimizasyonu amaçlandığında optimizasyon ve genetik algoritma modeli SVK'de 1 adet takılmasını ortak çözüm olarak bulmaktadır. Bu çözüme ek olarak genetik algoritma modeli ile ek süre maksimizasyonunda 3 adet PVK ve 1 adet PICC takılması da alternatif kateter planı olarak elde edilmektedir. Önceliklendirmeli hedef programlama modelinde enfeksiyon minimizasyonu birinci öncelikli amaç olarak dikkate alındığında optimizasyon ve genetik algoritma model sonuçlarına göre 1 adet PICC takılması etkin kateter planı olarak bulunmuştur. Bu kateter planı için optimizasyon ve genetik algoritma modellerinde sapma miktarları aynı elde edilmiştir. 9 günlük yatış süresi için elde edilen 0.003 sapma miktarı; 7 ve 10 günlük yatış süreleri için elde edilen 0.002 sapma miktarları kısıt olarak dikkate alınarak ikinci öncelikli amaç olan ek süre maksimizasyonu modellenmiş ve hem optimizasyon hem de genetik algoritma modelleri sonucunda 1 adet PICC takılması etkin kateter planı olarak bulunmuştur. Ek süre maksimizasyonu modelinde optimizasyon ve genetik algoritma modelinde sapma miktarının optimum değeri 7, 9 ve 10 günlük yatış süreleri için aynı bulunmuştur. Elde edilen 12 optimum sapma değeri ilgili modellere kısıt olarak eklenerek üçüncü öncelikli maliyet minimizasyonu amaç fonksiyonunu dikkate alınmış ve 315.57 sapma değeri ile 7, 9 ve 10 günlük yatış süreleri için 1 adet PICC kullanılması etkin çözüm olarak belirlenmiştir.

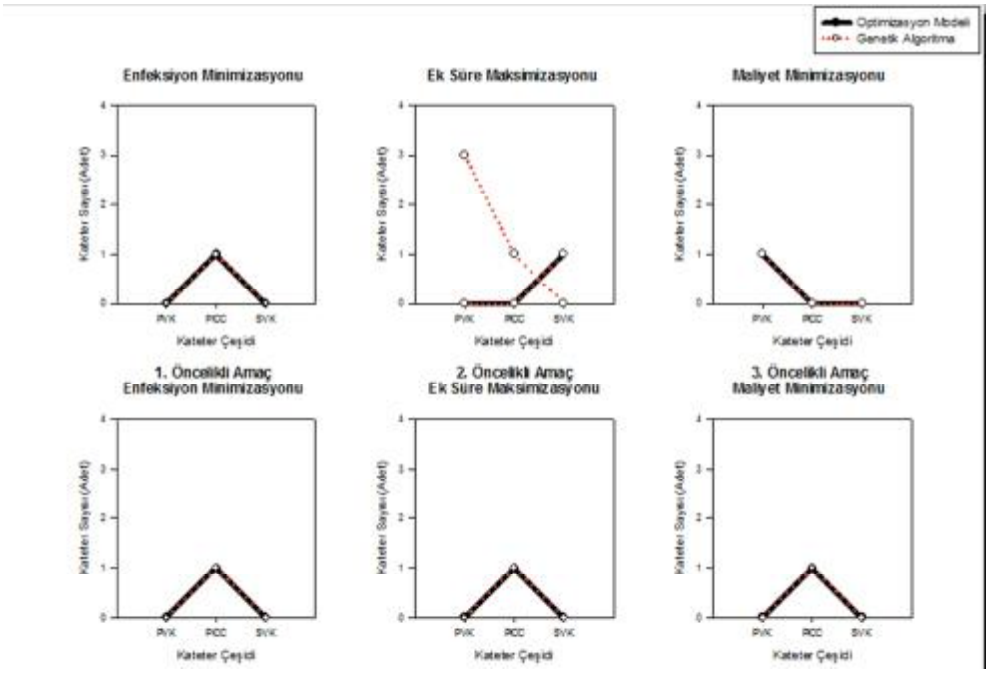


Şekil 4.11. Yatış süresinin 7, 9 ve 10 Gün olması Durumu için Matematiksel Programlama ve Genetik Algoritma Sonuçlar

Yatış süresinin 3 gün olması durumu

HCT-MCH BSI model sonucunda 3 günlük yatış süresi için uygulanacak optimum kateter planları belirlenirken tek amaçlı modellerin ve önceliklendirmeli hedef programlama modellerinin optimizasyon ve genetik algoritma model sonuçları Şekil 4.12.'de verilmiştir. 3 günlük yatış süresi için optimizasyon ve genetik algoritma model sonuçlarının tek amaçlı modellerden enfeksiyon minimizasyonu ve maliyet minimizasyonu için birbiri ile aynı olduğu Şekil 4.12.'de görülmektedir. 1 adet PICC enfeksiyonu, 1 adet PVK ise maliyeti minimize eden kateter planları olarak belirlenmiştir. Optimum kateter planlarının belirlenmesinde ek süre maksimizasyonu amaçlandığında 1 adet SVK takılması optimizasyon ve genetik algoritma modellerinde ortak çözüm olarak bulunmuştur. Ek süre maksimizasyonunda genetik algoritma modeli ile 3 adet PVK ve 1 adet PICC takılması da alternatif kateter planı olarak elde edilmiştir. Önceliklendirmeli

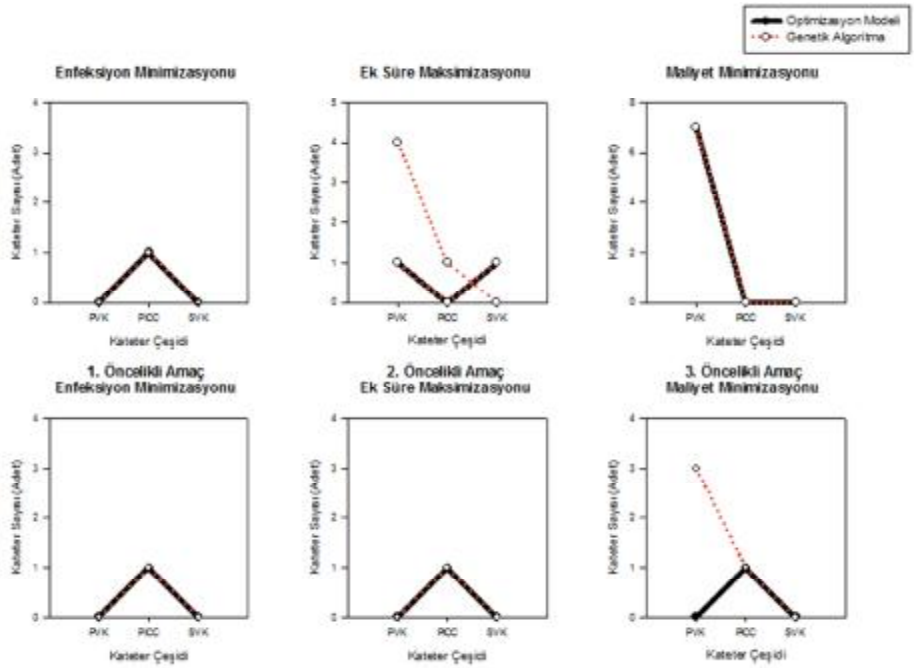
hedef programlama modelinde birinci öncelikli amaç enfeksiyonun minimize edilmesi olarak dikkate alındığında optimizasyon ve genetik algoritma model sonuçlarına göre 1 adet PICC takılması 0.002'lik sapma miktarı ile etkin kateter planı olarak bulunmuştur. Elde edilen 0.002 optimum sapma değeri kısıt olarak dikkate alınarak ikinci öncelikli amaç olan ek süre maksimizasyonu modellenmiş ve hem optimizasyon hem de genetik algoritma modelleri sonucunda 1 adet PICC takılması 12 sapma değeri ile etkin kateter planı olarak bulunmuştur. Elde edilen 12 optimum sapma değeri ilgili modellere kısıt olarak eklenerek üçüncü öncelikli maliyet minimizasyonu amaç fonksiyonunu dikkate alınmış ve 3 günlük yatış süresi için 1 adet PICC kullanılması 332.22 sapma değeri ile etkin çözüm olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.12. Yatış süresinin 3 Gün olması Durumu için Matematiksel Programlama ve Genetik Algoritma Sonuçları

Yatış süresinin 23 gün olması durumu

HCT-MCH BSI model sonucunda 23 günlük yatış süresi için uygulanacak optimum kateter planları belirlenirken tek amaçlı modellerin ve önceliklendirmeli hedef programlama modellerinin optimizasyon ve genetik algoritma model sonuçları Şekil 4.13.'de verilmiştir. 23 günlük yatış süresi için tek amaçlı modellerden enfeksiyon minimizasyonu ve maliyet minimizasyonu modellerinde optimizasyon modeli ve genetik algoritma model sonuçlarının birbiri ile aynı olduğu Şekil 4.13.'de görülmektedir. 1 adet PICC enfeksiyonu, 7 adet PVK kullanılması ise maliyeti minimize eden optimum kateter planları olarak belirlenmiştir. Amaç fonksiyonu olarak ek süre maksimizasyonu dikkate alındığında optimizasyon ve genetik algoritma modeli 1 adet PVK ve 1 adet SVK takılması ortak çözüm olarak bulunmaktadır. Bu çözüme ek olarak genetik algoritma modeli ile ek süre maksimizasyonunda 4 adet PVK ve 1 adet PICC takılması da alternatif kateter planı olarak elde edilmiştir. Önceliklendirmeli hedef programlama modelinde enfeksiyon minimizasyonu birinci öncelikli amaç olarak dikkate alındığında optimizasyon ve genetik algoritma model sonuçlarına göre 1 adet PICC takılması etkin kateter planı olarak bulunmuştur. Bu kateter planı için optimizasyon ve genetik algoritma modellerinde sapma miktarları sırasıyla 0.003 ve 0.004 olarak bulunmuştur. Modellerden elde edilen optimum sapma değerleri kısıt olarak dikkate alınarak ikinci öncelikli amaç olan ek süre maksimizasyonu modellenmiş ve hem optimizasyon hem de genetik algoritma modelleri sonucunda 1 adet PICC takılması etkin kateter planı olarak bulunmuştur. Ek süre maksimizasyonu modelinde optimizasyon ve genetik algoritma modellerinde sapma miktarının optimum değeri 16 olarak bulunmuştur. Elde edilen sapma değeri ilgili modellere kısıt olarak eklenerek üçüncü öncelikli maliyet minimizasyonu amaç fonksiyonunu dikkate alınmıştır. Optimizasyon modeli sonucunda sapma miktarı 282.271 ile 1 adet PICC, genetik algoritma modeli sonucunda ise 307.242 sapma değeri ile 3 adet PVK ve 1 adet PICC kullanılması etkin çözüm olarak belirlenmiştir.

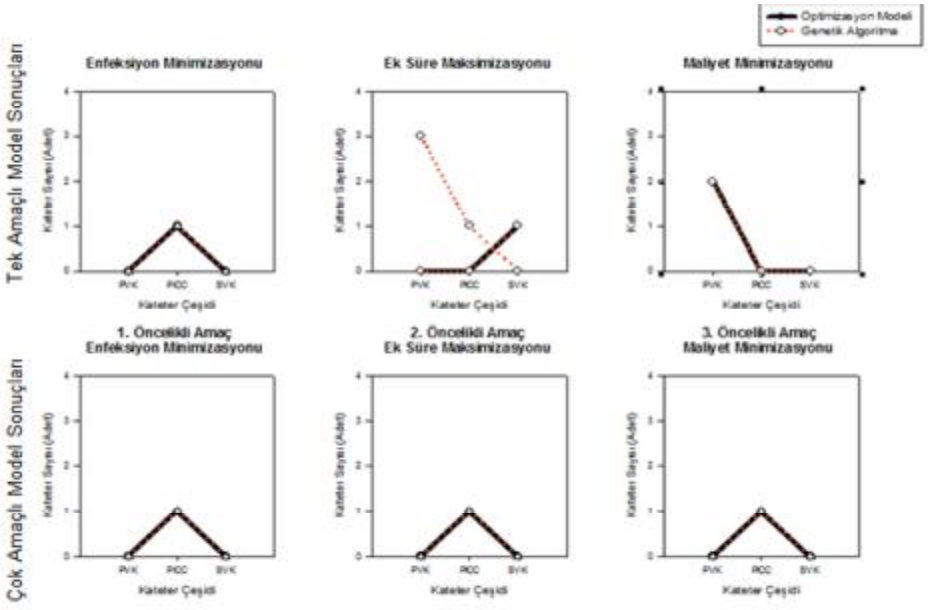


Şekil 4.13. Yatış süresinin 23 Gün Olması Durumu için Matematiksel Programlama ve Genetik Algoritma Sonuçları

Yatış süresinin 6 gün olması durumu

HCT-MCH BSI model sonucunda 6 günlük yatış süresi için uygulanacak optimum kateter planları belirlenirken tek amaçlı modellerin ve önceliklendirmeli hedef programlama modellerinin optimizasyon ve genetik algoritma model sonuçları Şekil 4.14.'de verilmiştir. 6 günlük yatış süresi için optimizasyon modeli ve genetik algoritma modelleri ile optimum kateter planı tek amaçlı modellerden enfeksiyon minimizasyonu için 1 adet PICC, maliyet minimizasyonu için 2 adet PVK olarak belirlenmiştir. Modellerde amaç fonksiyonu olarak ek süre maksimizasyonu dikkate alındığında optimizasyon ve genetik algoritma modeli SVK'de 1 adet takılmasını ortak çözüm olarak bulmaktadır. Ek süre maksimizaysonunda genetik algoritma modeli 3 adet PVK ve 1 adet PICC takılması da alternatif kateter planı olarak elde edilmiştir. Önceliklendirmeli hedef programlama modelinde enfeksiyon minimizasyonu birinci öncelikli amaç olarak

dikkate alındığında optimizasyon ve genetik algoritma model sonuçlarına göre 1 adet PICC takılması 0.002 sapma değeri ile etkin kateter planı olarak bulunmuştur. Elde edilen 0.002 sapma değeri kısıt olarak dikkate alınarak ikinci öncelikli amaç olan ek süre maksimizasyonu modellenmiş ve hem optimizasyon hem de genetik algoritma modelleri sonucunda 1 adet PICC takılması 12 sapma değeri ile etkin kateter planı olarak bulunmuştur. Üçüncü öncelikli maliyet minimizasyonu modelinde birinci ve ikinci öncelikli modeller ile elde edilen sapma değerleri kısıt olarak dikkate alınmış ve 323.89 sapma değeri ile 6 günlük yatış süresi için 1 adet PICC kullanılması etkin çözüm olarak belirlenmiştir.

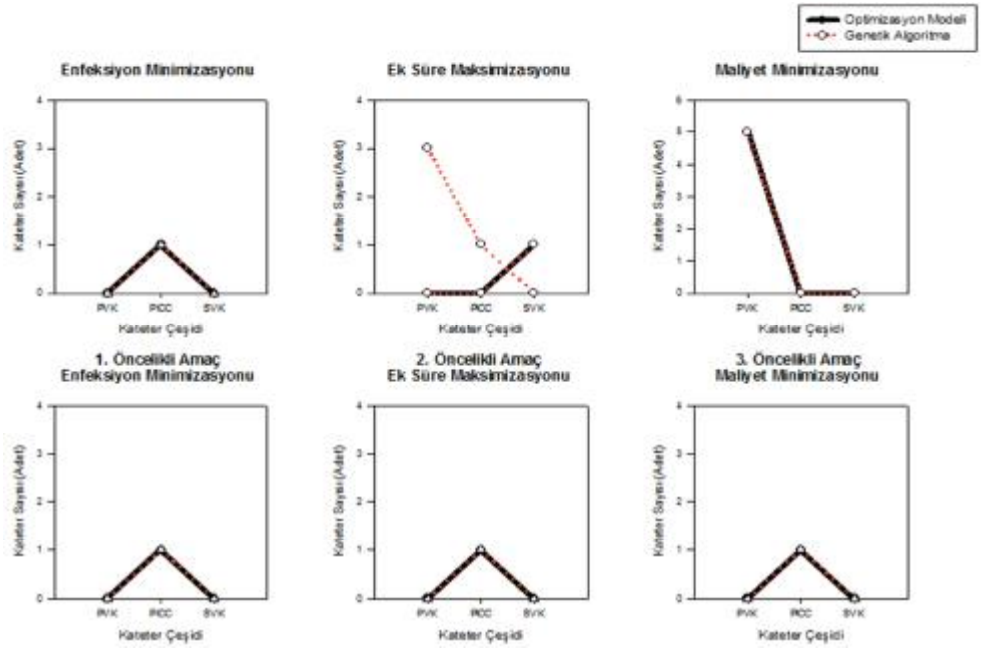


Şekil 4.14. Yatış süresinin 6 Gün olması Durumu için Matematiksel Programlama ve Genetik Algoritma Sonuçları

Yatış süresinin 16 gün olması durumu

HCT-MCH BSI model sonucunda 16 günlük yatış süresi için optimum kateter planları belirlenirken tek amaçlı modellerin ve önceliklendirmeli hedef programlama modellerinin optimizasyon ve genetik algoritma model sonuçları

Şekil 4.15.'de verilmiştir. 16 günlük yatış süresi için optimizasyon ve genetik algoritma modelleri ile optimum kateter planı tek amaçlı modellerden enfeksiyon minimizasyonu için 1 adet PICC, maliyet minimizasyonu için 5 adet PVK olarak belirlenmiştir. Optimum kateter planınlarının oluşturulmasında ek süre maksimizasyonu amaçlandığında optimizasyon ve genetik algoritma modeli ile 1 adet SVK takılmasını ortak çözüm olarak bulunmaktadır. Bu çözüme ek olarak genetik algoritma modeli ile ek süre maksimizasyonunda 3 adet PVK ve 1 adet PICC takılması da alternatif kateter planı olarak elde edilmektedir. Önceliklendirmeli hedef programlama modelinde enfeksiyon minimizasyonu birinci öncelikli amaç olarak dikkate alındığında optimizasyon ve genetik algoritma model sonuçlarına göre 1 adet PICC takılması etkin kateter planı olarak bulunmuştur. Bu kateter planı için optimizasyon ve genetik algoritma modellerinde sapma miktarları 0.002 olarak elde edilmiştir. Elde edilen sapma miktarları kısıt olarak dikkate alınarak ikinci öncelikli amaç olan ek süre maksimizasyonu modellenmiş ve hem optimizasyon hem de genetik algoritma modelleri sonucunda 1 adet PICC takılması etkin kateter planı olarak bulunmuştur. Ek süre maksimizasyonu modelinde optimizasyon ve genetik algoritma modellerinde elde edilen 12 optimum sapma değeri ilgili modellere kısıt olarak eklenerek üçüncü öncelikli maliyet minimizasyonu amaç fonksiyonunu dikkate alınmış ve 298.919 sapma değeri ile 16 günlük yatış süresi için 1 adet PICC kullanılması etkin çözüm olarak belirlenmiştir.

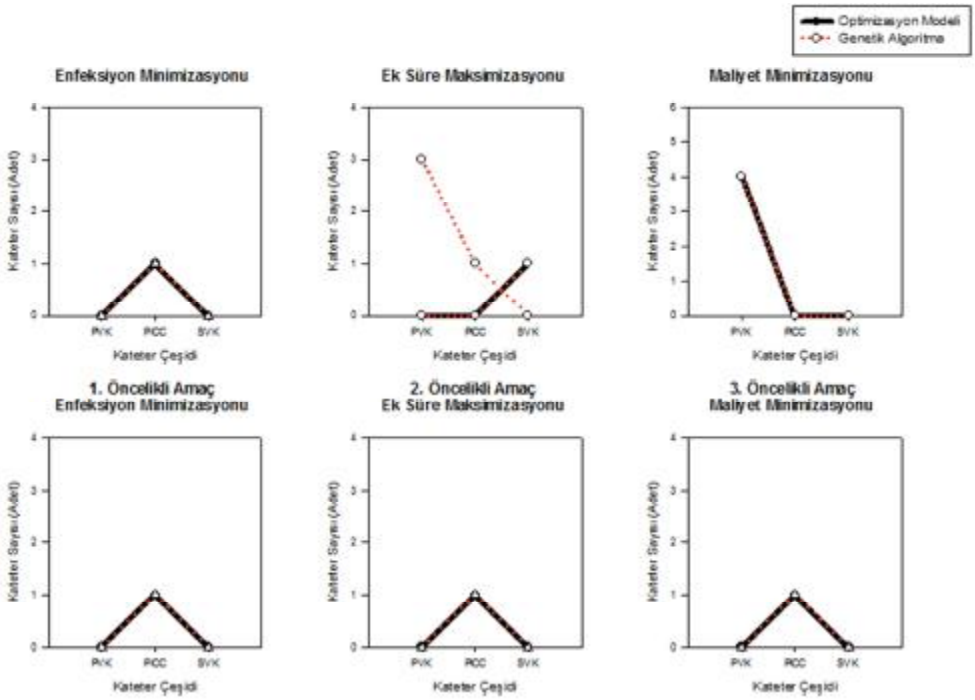


Şekil 4.15. Yatış süresinin 16 Gün olması Durumu için Matematiksel Programlama ve Genetik Algoritma Sonuçları

Yatış süresinin 11 gün olması durumu

HCT-MCH BSI model sonucunda 11 günlük yatış süresi için optimum kateter planları belirlenirken tek amaçlı modellerin ve önceliklendirmeli hedef programlama modellerinin optimizasyon ve genetik algoritma model sonuçları Şekil 4.16.'da verilmiştir. 11 günlük yatış süresi için tek amaçlı modellerden enfeksiyon ve maliyet minimizasyonu modellerinde optimizasyon modeli ve genetik algoritma model sonuçlarının birbiri ile aynı olduğu Şekil 4.16.'da görülmektedir. 1 adet PICC enfeksiyonu, 4 adet PVK kullanılması ise maliyeti minimize eden optimum kateter planları olarak belirlenmiştir. Oluşturulan kateter planında ek süre maksimizasyonu amaçlandığı zaman optimizasyon ve genetik algoritma modeli 1 adet SVK takılmasını ortak çözüm olarak bulmaktadır. Bu çözüme ek olarak genetik algoritma modeli ile ek süre maksimizasyonunda 3 adet PVK ve 1 adet PICC takılması da alternatif kateter planı olarak elde edilmiştir. Önceliklendirmeli hedef programlama modelinde enfeksiyon minimizasyonu

birinci öncelikli amaç olarak dikkate alındığında optimizasyon ve genetik algoritma model sonuçlarına göre 1 adet PICC takılması etkin kateter planı olarak bulunmuştur. Bu kateter planı için optimizasyon ve genetik algoritma modellerinde sapma miktarları sırasıyla 0.002 ve 0.003 olarak elde edilmiştir. Elde edilen sapma miktarları kısıt olarak dikkate alınarak ikinci öncelikli amaç olan ek süre maksimizasyonu modellenmiş ve hem optimizasyon hem de genetik algoritma modelleri sonucunda 1 adet PICC takılması etkin kateter planı olarak bulunmuştur. Ek süre maksimizasyonu modelinde optimizasyon ve genetik algoritma modellerinde elde edilen 12 optimum sapma değeri ilgili modellere kısıt olarak eklenerek üçüncü öncelikli maliyet minimizasyonu amaç fonksiyonunu dikkate alınmış ve 307.244 sapma değeri ile 11 günlük yatış süresi için 1 adet PICC kullanılması etkin çözüm olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.16. Yatış süresinin 11 Gün olması Durumu için Matematiksel Programlama ve Genetik Algoritma Sonuçları

Genel Değerlendirme

HCT-MCH BSI modelleri ile elde edilen yatış süreleri dikkate alınarak farklı amaç fonksiyonları altında optimum kateter planlarının optimizasyon ve genetik algoritma model sonuçlarının genel olarak birbiri ile uyumlu olduğu Şekil 4.10.-4.16'de görülmektedir. Bu durum optimizasyon modellerinden daha kısa sürede çözüm bulan genetik algoritma modellerinin yatış süresine bağlı kateter planlarının belirlenmesinde kullanılabileceğini göstermektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada, özel bir hastanenin YYBÜ'de yenidoğanların ilk gün yatış verilerine göre yatış süresi ve bu yatış süresine göre yenidoğanlara uygulanacak optimum kateter planları belirlenmiştir. Retrospektif verilerle yürütülen çalışmada hastane kayıtlarından yenidoğanlara ait demografik, biyokimya ve laboratuvar verilerini kapsayan 22 farklı parametre dikkate alınmıştır. İstatistiksel analizlerle demografik, biyokimya ve laboratuvar verileri içerisinden boy, baş çevresi, RBC, HCT, MCH, MCV ve MCHC'nin yatış süresi üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Bu parametrelerin etki büyüklükleri eta-kare ve omega-kare analizleri ile değerlendirilmiştir. Etki büyüklük sırası büyükten küçüğe doğru MCH, HCT, MCV, MCHC, boy, RBC ve baş çevresi olarak gerçekleşmiştir. Yatış süresi üzerinde etkili olan bu parametreler dikkate alınarak doğrusal regresyon, kuadratik regresyon ve kübik regresyon modelleri oluşturularak yatış süresine ait formülasyon elde edilmeye çalışılmıştır. Doğrusal regresyon modelinde, yatış süresi üzerinde etkili olan tüm parametreler dikkate alınmıştır. Kuadratik regresyon ve kübik regresyon modellerinde ise her bir etkili parametre ile yatış süresi arasındaki fonksiyonel ilişki elde edilmiştir. Doğrusal regresyon, kuadratik regresyon ve kübik regresyon modellerin açıklayıcılığını ve tahminleme gücünü gösteren R^2 ve tahmin R^2 değerleri oldukça düşük çıktığı için bu modeller yatış süresinin belirlenmesinde kullanılmamıştır. Bu nedenle yatış süresi yüksek polinom derecesine sahip BSI modeller ile belirlenmiştir. Yatış süresi üzerinde etkili olan parametrelerin ikili kombinasyonlar için oluşturulan BSI modellerde SSE değeri sıfıra en yakın olan BSI modelleri; RBC-HCT, RBC-MCV, HCT-MCH ve HCT-MCV parametrelerinden, MSE değeri açısından sıfıra en yakın BSI modelleri RBC-HCT, HCT-MCH ve HCT-MCV parametrelerinden oluşmaktadır. R^2 değerleri bakımından ise boy-baş çevresi ve baş çevresi-MCH parametrelerine bağlı BSI modelleri dışındaki BSI modellerinin %90'ın üzerinde açıklayıcılığa

sahip olduğu belirlenmiştir. SSE, MSE ve R^2 performans göstergeleri aynı anda dikkate alındığında RBC-HCT, RBC-MCV, HCT-MCH ve HCT-MCV parametrelerine ait BSI modellerinin yatış süresinin belirlenmesinde kullanılabileceği görülmüştür.

Etkili parametrelerin eta-kare ve omega-kare analizleri sonucunda etki büyüklüğü en yüksek parametrelerin HCT-MCH olması nedeniyle yatış süresinin belirlenmesinde HCT-MCH BSI modeli kullanılmıştır. Aynı zamanda regresyon modelleri ile çok düşük R^2 ve tahmin R^2 değerleri elde edilmiş olmasına rağmen kuadratic ve kübik modellerde de en iyi R^2 ve tahmin R^2 değerleri HCT ve MCH parametrelerine ait modellerde elde edilmiştir. Bu durum çalışmada yatış süresinin belirlenmesinde HCT-MCH bağımsız değişkenlerine ait BSI modelinin tercih edilme nedenlerindendir.

HCT-MCH bağımsız değişkenleri ile oluşturulan BSI modeli yeni verilerle test edilmiştir. BSI modelinde kullanılmayan 20 yeni hastanın HCT ve MCH değerleri ile HCT-MCH BSI modeli ile hastaların yatış süresi belirlenmiştir. Model ile belirlenen yatış süreleri gerçekleşen yatış süreleri ile karşılaştırılmıştır. Bağıl hata, mutlak hata ve yüzde uyum incelenmiş olup gerçekleşen yatış süresi ve HCT-MCH BSI model sonucunda belirlenen yatış süresi arasında ortalama %90.41 uyum olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç yatış süresinin belirlenmesinde HCT-MCH BSI modelinin kullanılmasının uygun olacağını göstermektedir.

Yoğunbakım ünitesinde hasta yatışı esnasında hastalara pek çok invaziv girişimde bulunulmaktadır. Yoğunbakım ünitelerinde kullanılan invaziv girişimlerden enfeksiyonun en önemli nedenleri arasında bulunan kateterler çalışmada dikkate alınmıştır. YBÜ'de kullanılan kateterlerin pek çok çeşidi bulunmaktadır. Çalışmada YYBÜ'de kullanılan PVK, PICC ve SVK olmak üzere 3 tip kateter dikkate alınmıştır. Her bir kateter çeşidinin enfeksiyon oranı, maliyeti, kullanım süresi vb. özellikleri birbirinden farklı olmaktadır. Enfeksiyon değeri deterministik bir değer olmayıp çalışmada uniform dağılım olarak tanımlanmış ve modellenmiştir. Bu özellikler dikkate alınarak yatış süresine bağlı olarak hastalara

uygulanacak kateter planları belirlenmiştir. Kateter planları belirlenirken enfeksiyon minimizasyonu, kateterlerin kullanılabileceği ek süre maksimizasyonu ve maliyet minimizasyonu amaçlanmıştır. Optimizasyon modellerinde her bir amaç ayrı ayrı dikkate alınarak tek amaçlı optimizasyon modelleme tekniği ile her bir yatış süresi için optimum kateter planları belirlenmiştir. Uygulamada amaçların tek başına dikkate alınması uygun olmayacağı için çok amaçlı optimizasyon tekniklerinden hedef programlama yöntemi ile de probleme çözüm bulunmuştur. Hedef programlama modelleri önceliklendirmesiz ve önceliklendirmeli olmak üzere iki yönteme göre modellenmiş ve etkin çözümler elde edilmiştir. Önceliklendirmesiz hedef programlama modellerinde amaçlar eşit önceliğe sahiptir ve üç amaç fonksiyonunun ikili ve üçlü kombinasyonları için etkin çözümler elde edilmiştir. Çalışmada insan ve insan sağlığı dikkate alındığı için öncelikli hedef programlama modellerinde amaç fonksiyonlarının öncelik sıralaması enfeksiyon minimizasyonu, ek süre maksimizasyonu ve maliyet minimizasyonu olarak belirlenmiştir. Öncelik sıraları dikkate alınarak BSI model sonucu elde edilen her bir yatış süresi için etkin kateter planları oluşturulmuştur.

Yatış süresinin 23 gün olması durumu dikkate alınırsa önceliklendirmesiz hedef programlama model sonuçları minimum maliyet-maksimum ek süreye sahip model için 10 adet PVK; minimum enfeksiyon-maksimum ek süreye sahip model için 1 adet PICC, minimum enfeksiyon-minimum maliyet ve minimum enfeksiyon-minimum maliyet-maksimum ek süreye sahip modeller için 1 adet PICC veya 1 adet SVK takılması etkin kateter planları olarak bulunmuştur. Öncelikli hedef programlama modeli sonucunda 23 günlük yatış süresi için 1 adet PICC takılması etkin kateter planı olarak elde edilmektedir. Önceliklendirmesiz hedef programlama model sonucu ile önceliklendirmeli hedef programlama model sonucunda 1 adet PICC kateter takılması ortak çözüm olmakla beraber önceliklendirmesiz hedef programlama modeli ile alternatif kateter planı elde edilmektedir. Önceliklendirmeli hedef prograalama modellerinde aynı anda birden fazla amaç aynı öncelik seviyesinde olabilmektedir. Yatış süresine bağlı kateter

planları enfeksiyon minimizasyonu ve ek süre maksimizasyonu birinci öncelikli, maliyet minimizasyonu ise ikinci öncelikli amaç olarak dikkate alınarak modellenmiştir. 23 günlük yatış süresi için 1 adet PVK ve 1 adet SVK takılması etkin kateter planı olarak belirlenmiştir. Aynı yatış süresi için farklı kombinasyonlarda çok amaçlı model sonuçlarında kateter planları oluşturulmuştur. Doktor ve/veya hemşire kontrolünde olası kateter planları değerlendirilerek hasta için en uygun görülen amaç doğrultusunda kateter takılabilmektedir.

Hastalara uygulanacak optimum kateter planlarının belirlenmesinde önceliklendirmesiz veya önceliklendirmeli hedef programlama modellerinin çözüm süresi ortalama 6-9 dakikadır. Hastalara müdahalenin hızlı bir şekilde yapılabilmesi için bu sürenin mümkün olduğunca azaltılması gerekmektedir. Çalışmada optimizasyon modelinden daha hızlı çözüm bulunabilmesi amacıyla genetik algoritma modeli ile de probleme çözüm aranmıştır.

Genetik algoritma modeli ile tek amaçlı modeller için optimum, öncelikli hedef programlama modelleri için etkin çözümler elde edilmiştir. HCT-MCH BSI model sonucunda elde edilen tüm yatış sürelerinde enfeksiyon minimizasyonu ve maliyet minimizasyonu tek amaçlı model sonuçlarının optimizasyon ve genetik algoritma model sonuçları birbiri ile aynı bulunmuştur. Tek amaçlı modellerden ek süre maksimizasyonunda genetik algoritma modellerinde optimizasyon modeli ile elde edilen sonuçlara ek olarak birer tane alternatif çözüm elde edilmiştir. Yatış süresinin 23 gün olması dışındaki modellerde önceliklendirmeli hedef programlama model sonuçları optimizasyon ve genetik algoritma modellerinde aynı gerçekleşmiştir. Yatış süresinin 23 gün olması durumunda iki model sonucu birbirinden farklı olmakla beraber genetik algoritma modelinin sapma miktarı 307.242 iken optimizasyon modelinin sapma miktarı 282.271 değeri ile daha düşüktür. Genel olarak bakıldığında optimizasyon model sonuçları ve genetik algoritma model sonuçlarının birbiri ile uyum içerisinde olduğu görülmüştür.

Çalışmada çok amaçlı matematiksel modelleme tekniklerinden hedef programlama yaklaşımı tercih edilmektedir. Hedef programlama modeli ile

optimum çözüm yerine etkin çözümler elde edilmektedir. Oluşturulan kateter planlarında matematiksel programlama-hedef programlama ve genetik algoritma-hedef programlama modellerinde yaklaşık aynı sonuçlar elde edilmiştir. Genetik algoritma-hedef programlama modellerinin çözüm süresi matematiksel programlama-hedef programlama modellerinin çözüm süresinden daha uzun sürmektedir. Bu nedenle hastaların yatış süresine bağlı kateter planları oluşturulurken aynı çözüm değerleri daha kısa sürede modellenebildiği için genetik algoritma yaklaşımı tercih edilebilir.

Yenidoğanların YYBÜ'ne ilk yatış anındaki laboratuvar değerlerine göre yatış süresinin ve yatış süresine bağlı kateter planlarının belirlenmesinin sağlık ekibi (hemşire/doktor) ve hastane açısından pek çok avantajı bulunmaktadır. Bu avantajlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

Hasta açısından;

- Hastanın yatış süresinin tahminlenmesiyle aile yatış anında yaklaşık olarak taburcu tarihini bilecektir.
- Hastalara yatış süresine göre optimum/etkin kateter planlarının uygulanması ile enfeksiyon oranları minimize edilecektir. Böylece hastanın mevcut tedavi planına ek olarak yeni tedavilere gereksinim olasılığı azalacaktır.
- Hastaların kateter planlarından kaynaklı hastanede yatış sürelerinin uzamasının önüne geçilecektir
- Kateter planlarından kaynaklı mortaliteler minimize edilecektir.
- Enfeksiyon oranının azaltılması sayesinde ortamdan veya bir başka hastadan enfeksiyon bulaşması minimize edilecektir.
- Maksimum ek süreye sahip kateter planının tercih edilmesi sayesinde yatış süresinin uzaması durumunda ekstra invaziv girişime ihtiyaç duyulmayacaktır.

Hastane yönetimi açısından;

- YYBÜ'nde her gün yeni yatış talepleri oluşmaktadır. Ünitede yatışı gerçekleşen yenidoğanların taburcu tarihinin belirli olması sayesinde ünitenin yeni talebe ne zaman uygun olacağı belirlenebilecektir. Böylece taleplerde kabul/ret kararları yönetilebilecektir.
- Optimum/etkin kateter planlarının uygulanması ile işgücü ve malzeme maliyetleri minimize edilebilecektir.
- Hastane enfeksiyon oranı minimize edilecektir.
- Kateter planlarından kaynaklı mortaliteler minimize edilecektir.
- Alternatif kateter planlarının oluşturulması sayesinde optimum/etkin kateter planındaki malzeme stoklarda bulunmazsa alternatif plan uygulanabilecektir. Bu durum malzeme stok yönetimine katkı sağlayacaktır.

5.2. Öneriler

Çalışmada kateter özelliklerine göre optimum kateter planları belirlenmektedir. Kateter enfeksiyon oranı, kateterin yapıldığı malzemeye bağlı olarak değişmekle beraber uygulamanın yapıldığı hastanede kullanılan kateterlerin yapıldığı malzeme kayıtlarına ulaşılamamıştır. Bu nedenle çalışmada kateter planları belirlenirken kateter malzemesi dikkate alınamamıştır. Gelecek çalışmalarda kateter malzemesine bağlı enfeksiyon oranları sayısallaştırılarak modellere dahil edilebilir. Böylece yenidoğanlarda uygulanacak kateter planları belirlenirken kateter çeşidi ile beraber hangi malzemeden yapılan kateterin kullanılması gerektiği de matematiksel modeller ile belirlenebilecektir.

Çalışma kapsamında kateterlerin kullanım süresi deterministik alınmıştır. Fakat hastanın sağlık durumuna göre kateterin kullanım süresi değişkenlik gösterebilmektedir. Bu durum kateterin kullanım süresinin deterministik

olmamasına neden olmaktadır. Kateterlerin kullanım süresi bir dağılıma göre tanımlanarak modele dahil edilebilir.

Çalışmada kateterlerin enfeksiyon oranlarına ait alt ve üst sınır değerleri dikkate alınarak kateterlerin enfeksiyon oranları uniform dağılım olarak tanımlanmıştır. Yeni bir çalışmayla kateter çeşidine bağlı enfeksiyon oranlarının dağılımları belirlenebilir.

Çalışma YYBÜ'de gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan modeller hastanede bulunan diğer yoğun bakım ünitelerine de uygulanarak model yaygınlaştırılabilir.

KAYNAKLAR

Abdel-Wahab, F., Ghoneim, M., Khashaba, M., El-Gilany, A. H., Abdel-Hady, D., 2013. Nosocomial infection surveillance in an Egyptian neonatal intensive care unit. Journal of Hospital Infection, 83(3), 196-199.

Chapman, A.I., Stoll, B. J., 2002. Prevention of nosocomial infections in the neonatal intensive care unit. Current Opinion in Pediatrics, 14(2), 157-164.

Akcan, S., 2010. Hastane sistemlerinde çoklu malzeme durumu için simülasyon meta-modellemeye dayalı stok optimizasyonu. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.

Aksoy, U. M., Aksoy, S. G., Akpinar, A., Maner, F., 2012. Attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) symptoms and Adult ADHD Diagnosis in adult men with cannabis dependence. HealthMed, 6, 1925-1929.

Al-Mousa, H. H., Omar, A. A., Rosenthal, V. D., Salama, M. F., Aly, N. Y., Noweir, M. E. D., George, S. M., 2016. Device-associated infection rates, bacterial resistance, length of stay, and mortality in Kuwait: International Nosocomial Infection Consortium findings. American Journal of Infection Control, 44(4), 444-449.

Appelros, P., 2007. Prediction of length of stay for stroke patients. Acta Neurologica Scandinavica, 116(1), 15-19.

Arman, D., 2006. Yoğun bakım ünitesi enfeksiyonları: Etiyoloji, epidemiyoloji ve risk faktörleri. Türkiye Klinikleri Journal of Internal Medical Sciences, 2(46), 1-5.

Auriti, C., Maccallini, A., Di Liso, G., Di Ciommo, V., Ronchetti, M. P., Orzalesi, M., 2003. Risk factors for nosocomial infections in a neonatal intensive-care unit. Journal of Hospital Infection, 53(1), 25-30.

Bakır, M., 2006. Yoğun kakım ünitesinde enfeksiyon kontrolü. Turkiye Klinikleri Journal of Internal Medical Sciences, 2(46), 57.

Barsuk, J. H., Cohen, E. R., Feinglass, J., McGaghie, W. C., Wayne, D. B., 2009. Use of simulation-based education to reduce catheter-related bloodstream infections. Archives of Internal Medicine, 169(15), 1420-1423.

Bazzi, W. M., Sjoberg, D. D., Grasso, A. A., Bernstein, M., Parra, R., Coleman, J. A., 2015. Predicting length of stay after robotic partial nephrectomy. International Urology and Nephrology, 47(8), 1321-1325.

Bekhof, J., Reitsma, J. B., Kok, J. H., Van Straaten, I. H., 2013. Clinical signs to identify late-onset sepsis in preterm infants. European Journal of Pediatrics, 172(4), 501-508.

Bender, G. J., Koestler, D., Ombao, H., McCourt, M., Alskinis, B., Rubin, L. P., Padbury, J. F., 2013. Neonatal Intensive Care Unit: predictive models for length of stay. Journal of Perinatology, 33(2), 147-153.

Berry, M. A., Shah, P. S., Brouillette, R. T., Hellmann, J., 2008. Predictors of mortality and length of stay for neonates admitted to children's hospital neonatal intensive care units. Journal of Perinatology, 28(4), 297-302.

Blais, M. A., Matthews, J., Lipkis-Orlando, R., Lechner, E., Jacobo, M., Lincoln, R., Goodman, A. F., 2003. Predicting length of stay on an acute care medical psychiatric inpatient service. Administration and Policy in Mental Health and Mental Health Services Research, 31(1), 15-29.

Bronson, R., Naadimuthu, G., 1982. Schaum’s Outline Theory and Problems of Operations Research, Schaum’s Outline Series, McGraw-Hill, New York.

Chien, L. Y., Macnab, Y., Aziz, K., Andrews, W., Mcmillan, D. D., Lee, S. K., Canadian Neonatal Network, 2002. Variations in central venous catheter-related infection risks among Canadian neonatal intensive care units. The Pediatric Infectious Disease Journal, 21(6), 505-511.

Cohen, J., Cohen, P., West, S. G., Aiken, L. S., 2003. Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences (3rd ed.). Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Mahwah, New Jersey.

Coley, D. A., 1999. An introduction to genetic algorithms for scientists and engineers. World Scientific Publishing Co Inc.

Corneli, H. M., Zorc, J. J., Holubkov, R., Bregstein, J. S., Brown, K. M., Mahajan, P., 2012. Bronchiolitis Study Group for the Pediatric Emergency Care Applied Research Network Bronchiolitis: clinical characteristics associated with hospitalization and length of stay. Pediatric emergency care, 28(2), 99-103.

Crews, J. H., Buckner, G. D., 2011. Multi-objective design optimization of a shape memory alloy actuated robotic catheter. ASME 2011 Conference on Smart Materials, Adaptive Structures and Intelligent Systems, September 18-21, Scottsdale, Arizona, USA. American Society of Mechanical Engineers, 381-389.

Deb, K., 2001. Nonlinear goal programming using multi-objective genetic algorithms. Journal of the Operational Research Society, 52 (3), 291-302.

DeRienzo, C., Kohler, J. A., Lada, E., Meanor, P., Tanaka, D., 2016. Demonstrating the relationships of length of stay, cost and clinical outcomes in a simulated NICU. Journal of Perinatology, 36, 1128-1131.

Dimick, J. B., Pelz, R. K., Consunji, R., Swoboda, S. M., Hendrix, C. W., Lipsett, P. A., 2001. Increased resource use associated with catheter-related bloodstream infection in the surgical intensive care unit. Archives of Surgery, 136(2), 229-234.

Downey, L. C., Smith, P. B., Benjamin Jr, D. K.,2010. Risk factors and prevention of late-onset sepsis in premature infants. Early Human Development, 86(1), 7-12.

Finch, W. H., ve French, B. F., 2012. A comparison of methods for estimating confidence intervals for omega-squared effect size. Educational and Psychological Measurement, 72(1), 68-77.

Fonseca, C. M., Fleming, P. J., 1993. Genetic algorithms for multiobjective optimization: Formulation, discussion and Generalization. Icga, 93(July), 416-423.

Foster, M. P., Evans, A. N., 2008. An evaluation of interpolation techniques for reconstructing ionospheric TEC maps. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 46(7), 2153-2164.

Gholipour, C., Rahim, F., Fakhree, A., Ziapour, B., 2015. Using an artificial neural networks (ANNs) model for prediction of intensive care unit (ICU) outcome and length of stay at hospital in traumatic patients. Journal of Clinical and Diagnostic research: JCDR, 9(4), 19-23.

Gold, J., Shera, D., Clarkson, B., 1993. Private psychiatric hospitalization of children: predictors of length of stay. Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry, 32(1), 135-143.

Gravetter, F. J., Wallnau, L. B., 2013. Statistics for the behavioral sciences (9th ed.). Cengage Learning, USA.

Hakyemez, İ.N., 2008. Santral venöz kateter ilişkili enfeksiyon sıklığı ve risk faktörlerinin analizi. Uzmanlık tezi, Okmeydanı Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Enfeksiyon Hastalıkları ve Klinik Mikrobiyoloji Kliniği, İstanbul.

Haque, A., Ahmed, S. A., Rafique, Z., Abbas, Q., Jurair, H., Ali, S. A., 2017. Device-associated infections in a paediatric intensive care unit in Pakistan. Journal of Hospital Infection, 95(1), 98-100.

Henderson, D. K., 2000. Infectious due to percutaneous intravascular devices. In: Mandell GL, Bennett JE, Dolin R, editors. Principles and practice of infectious diseases. 5th ed. Philadelphia: Churchill-Livingstone Inc, 3005-3020.

Huntley, D. A., Cho, D. W., Christman, J., Csernansky, J. G., 1998. Predicting length of stay in an acute psychiatric hospital. Psychiatric Services, 49(8), 1049-1053.

Hussey, D. L., Guo, S., 2005. Forecasting length of stay in child residential treatment. Child Psychiatry and Human Development, 36(1), 95-111.

Hwang, J. H., Choi, C. W., Chang, Y. S., Choe, Y. H., Park, W. S., Shin, S. M., Lee, S. I., 2005. The efficacy of clinical strategies to reduce nosocomial sepsis in extremely low birth weight infants. Journal of Korean Medical Science, 20(2), 177-181.

Jeong, I. S., Jeong, J. S., Choi, E. O., 2006. Nosocomial infection in a newborn intensive care unit (NICU), South Korea. BMC Infectious Diseases, 6(1), 103.

Jeremic, A., Tan, K., 2008. Predicting the length of stay for neonates using heart-rate Markov models. 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), August 20-25, Vancouver, BC, Canada, 2912-2915.

Keskintürk, T., Şahin, S., 2009. Doğrusal olmayan regresyon analizinde gerçek değer kodlamalı genetik algoritma. İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 8(15), 167-178.

Kim, W. O., Kil, H. K., Kang, J. W., Park, H. H., 2000. Prediction on lengths of stay in the postanesthesia care unit following general anesthesia: preliminary study of the neural network and logistic regression modelling. Journal of Korean Medical Science, 15(1), 25-30.

Kirk, R.E., 1996. Practical significance: A concept whose time has come. Educational and Psychological Measurement, 56(5):746-759

Kirkwood, B.R., 2003. Sterne JAC. Regression Modelling. Medical Statistics. Blackwell Science. Australia, 315-342. □

Kokangul, A., Akcan, S., Narli, M., 2017. Optimizing nurse capacity in a teaching hospital neonatal intensive care unit. Health Care Management Science, 20(2), 276-285.

Kölgelier, S., Küçük, A., Aktuğ Demir, N., Özçimen, S., Demir, L. S., 2012. Yoğun bakımlardaki hastane enfeksiyonları: etiyoloji ve predispozan faktörler. Kafkas Tıp Bilimleri Dergisi, 2(1), 1-5.

Lafaro, R. J., Pothula, S., Kubal, K. P., Inchiosa, M. E., Pothula, V. M., Yuan, S. C., Maerz, D. A., Montes, L., Oleszkiewicz, S. M., Yusupov, A., Perline, R., Inchiosa Jr., M. A., 2015. Neural network prediction of ICU length of stay following cardiac surgery based on pre-incision variables. Plos One, 10(12), e0145395.

Lakens, D., 2013. Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: a practical primer for t-tests and ANOVAs. Frontiers in Psychology, 4, 863.

Landau, S., Everitt, B., 2004. A handbook of statistical analyses using SPSS. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, Florida.

Lee, H. C., Bennett, M. V., Schulman, J., Gould, J. B., Profit, J., 2016. Estimating length of stay by patient type in the neonatal intensive care unit. American Journal of Perinatology, 33(08), 751-757.

Li, D., Ivanchenko, O., Sindhwani, N., Lueshen, E., Linninger, A. A., 2010. Optimal catheter placement for chemotherapy. Computer Aided Chemical Engineering, 28, 223-228.

Lieberman, E. R., 1991. Soviet multi-objective mathematical programming methods: An overview. Management Science, 37(9), 1147-1165.

Manktelow, B., Draper, E. S., Field, C., Field, D., 2010. Estimates of length of neonatal stay for very premature babies in the UK. Archives of Disease in Childhood-Fetal and Neonatal Edition, 95(4), F288-F292.

Mireya, U. A., Martí, P. O., Xavier, K. V., Cristina, L. O., Miguel, M. M., Magda, C. M., 2007. Nosocomial infections in paediatric and neonatal intensive care units. Journal of Infection, 54(3), 212-220.

Mitchell, M., ve Forest, S., 1994. Genetic algorithms and artificial Life. Artificial Life, 1(3), 267-289.

Nercelles, P., Vernal, S., Brenner, P., Rivero, P., 2015. Risk of bacteremia associated with intravascular devices stratified by birth weight in born of a public hospital of high complexity: follow-up to seven years. Revista chilena de infectología, 32(3), 278-282.

Ngahane, B. H. M., Luma, H., Njankouo, Y. M., Nida, M., Joko, A., Mbenoun, M., Wato, S., Sone, A. M., 2012. HIV-seroprevalence among pulmonary tuberculosis patients in a tertiary care hospital in Douala, Cameroon. African Journal of AIDS Research , 11(4), 349-352.

Ohwaki, K., Yano, E., Nagashima, H., Nakagomi, T., Tamura, A., 2008. Impact of infection on length of intensive care unit stay after intracerebral hemorrhage. Neurocritical care, 8(2), 271-275.

Orucu, M., ve Geyik, M. F., 2008. Yoğun bakım ünitesinde sık görülen enfeksiyonlar. Düzce Tıp Fakültesi Dergisi, 1(1), 40-43.

Ottenbacher, K. J., Smith, P. M., Illig, S. B., Linn, R. T., Fiedler, R. C., Granger, C. V., 2001. Comparison of logistic regression and neural networks to predict rehospitalization in patients with stroke. Journal of Clinical Epidemiology, 54(11), 1159-1165.

Öcal, D., Dolapçı, İ., 2012. Santral Venöz Kateter ile İlişkili Enfeksiyonlar. Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi, 42(1), 1-9.

Pearson, M.L. 1996. Guideline for prevention of intravascular-device-related infections. Part I. Intravascular device-related infections: an overview. The Hospital Infection Control Practices Advisory Committee. Am J Infect Control, 24:262-77.

Pepler, P. T., Uys, D. W., Nel, D. G., 2012. Predicting mortality and length-of-stay for neonatal admissions to private hospital neonatal intensive care units: a Southern African retrospective study. African Health Sciences, 12(2), 166-173.

Pessoa-Silva, C. L., Miyasaki, C. H., de Almeida, M. F., Kopelman, B. I., Raggio, R. L., Wey, S. B., 2001. Neonatal late-onset bloodstream infection:

attributable mortality, excess of length of stay and risk factors. European Journal of Epidemiology, 17(8), 715-720.

Pierce, C. A., Block, R. A., Aguinis, H., 2004. Cautionary note on reporting eta-squared values from multifactor ANOVA designs. Educational and Psychological Measurement, 64(6), 916-924.

Rello, J., Ochagavia, A., Sabanes, E., Roque, M., Mariscal, D., Reynaga, E., Valles, J., 2000. Evaluation of outcome of intravenous catheter-related infections in critically ill patients. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 162(3), 1027-1030.

Richards, M. J., Edwards, J. R., Culver, D. H., Gaynes, R. P., 2000. Nosocomial infections in combined medical-surgical intensive care units in the United States. Infection Control and Hospital Epidemiology, 21(8), 510-515.

Richardson, J. T. E., 2010. Eta squared and partial eta squared as measures of effect size in educational research. Educational Research Review, 6(2), 135-147.

Rosenthal, V. D., Guzman, S., Migone, O., Crnich, C. J., 2003. The attributable cost, length of hospital stay, and mortality of central line-associated bloodstream infection in intensive care departments in Argentina: A prospective, matched analysis. American Journal of Infection Control, 31(8), 475-480.

Ryan, S., Sics, A., Congdon, P., 1988. Cost of neonatal care. Archives of Disease in Childhood, 63(3), 303-306.

Sandwell, D. T., 1987. Biharmonic spline interpolation of GEOS-3 and SEASAT altimeter data. Geophysical Research Letters, 14(2), 139-142.

Shah, H., Bosch, W., Thompson, K. M., Hellinger, W. C., 2013. Intravascular catheter-related bloodstream infection. The Neurohospitalist, 3(3), 144-151.

Sivanandam, S. N., Deepa, S. N., 2007. Introduction to genetic algorithms. Springer Science & Business Media.

Sohn, A. H., Garrett, D. O., Sinkowitz-Cochran, R. L., Grohskopf, L. A., Levine, G. L., Stover, B. H., Siegel, J. D., Jarvis, W. R, 2001. Prevalence of nosocomial infections in neonatal intensive care unit patients: results from the first national point-prevalence survey. The Journal of Pediatrics, 139(6), 821-827.

Soni, N., & Kumar, T., 2014, Study of various mutation operators in genetic algorithms. (IJCSIT) International Journal of Computer Science and Information Technologies, 5(3), 4519-4521.

Suresh, A., Harish, K. V., Radhika, N., 2015. Particle swarm optimization over back propagation neural network for length of stay prediction. Procedia Computer Science, 46, 268-275.

Surini, S., Akiyama, H., Morishita, M., Nagai, T., Takayama, K., 2003. Release phenomena of insulin from an implantable device composed of a polyion complex of chitosan and sodium hyaluronate. Journal of Controlled Release, 90(3), 291-301.

Şimşek, K., 2011. Bulanık analitik hiyerarşi prosesi ile hastane yer seçimi ve örnek bir uygulamasi. Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.

Tabur, S., Eren, M. A., Çelik, Y., Dağ, O. F., Sabuncu, T., Sayiner, Z. A., Savas, E., 2015. The major predictors of amputation and length of stay in diabetic patients with acute foot ulceration. Wiener klinische Wochenschrift, 127(1-2), 45-50.

Távora, A. C. V. C. F., Castro, A. B., Militão, M. A. M., Girão, J. E., Ribeiro, K. D. C. B., Távora, L. G. F. , 2008. Risk factors for nosocomial infection in a Brazilian neonatal intensive care unit. Brazilian Journal of Infectious Diseases, 12(1), 75-79.

Thaijiam, C., ve Gale, T. J., 2007. Investigation of catheter curvature and genetic algorithms in conductance catheter optimization. 29th Annual International

Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), August 22-29, Lyon, France, 2195-2198.

Walsh, P., Cunningham, P., Rothenberg, S. J., O'Doherty, S., Hoey, H., Healy, R., 2004. An artificial neural network ensemble to predict disposition and length of stay in children presenting with bronchiolitis. European Journal of Emergency Medicine, 11(5), 259-264.

Weisgerber, M. C., Lye, P. S., Li, S. H., Bakalarski, D., Gedeit, R., Simpson, P., Gorelick, M. H., 2011. Factors predicting prolonged hospital stay for infants with bronchiolitis. Journal of Hospital Medicine, 6(5), 264-270.

Yang, C. S., Wei, C. P., Yuan, C. C., Schoung, J. Y., 2010. Predicting the length of hospital stay of burn patients: Comparisons of prediction accuracy among different clinical stages. Decision Support Systems, 50(1), 325-335.

Yataklı sağlık tesislerinde yoğun bakım hizmetlerinin uygulama usul ve esasları hakkında tebliğ, 20.07.2011. Resmi Gazete, 28000.

Zernikow, B., Holtmannspötter, K., Michel, E., Hornschuh, F., Groote, K., Hennecke, K. H., 1999. Predicting length-of-stay in preterm neonates. European Journal of Pediatrics, 158(1), 59-62.

https://www.mathworks.com/help/gads/genetic-algorithm-options.html,

http://emedicine.medscape.com/article/2172054-overview

https://www.healthcare.uiowa.edu/path_handbook/Appendix/Heme/PEDIATRIC_NORMALS.html

http://emedicine.medscape.com/article/802334-overview

https://www.healthcare.uiowa.edu/path_handbook/Appendix/Heme/PEDIATRIC_NORMALS.html

http://www.uams.edu/clinlab/Pediatricnormalrangesfinalupdated%207.15.09.pdf

https://www.healthcare.uiowa.edu/path_handbook/Appendix/Heme/PEDIATRIC_NORMALS.html

http://www.mayomedicallaboratories.com/testcatalog/Clinical+and+Interpretive/81787

ÖZGEÇMİŞ

1988 yılında Adana'da doğdu. 2006 yılında Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nü kazanıp 2006-2007 öğretim yılı boyunca eğitimini Sakarya Üniversitesi'nde sürdürmüştür. Daha sonra 2007 yılında Çukurova Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'ne yatay geçiş yapmıştır. Çukurova Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden 2010 yılında lisans derecesinde, 2013 yılında yüksek lisans derecesinde başarı ile mezun olmuştur. 2013 yılında Çukurova Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde doktora eğitimine başlamıştır. 2013 yılında Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümüne Öğretim Elemanı Yetiştirme Programı kapsamında atandı.