

**KAN BANKASI İŞ GÜCÜ PLANLAMASINDA
BENZETİM YAKLAŞIMI**

Volkan SÖNMEZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2009
ANKARA**

Volkan SÖNMEZ tarafından hazırlanan “KAN BANKASI İŞ GÜCÜ PLANLAMASINDA BENZETİM YAKLAŞIMI” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Mehmet ATAĞ

.....

Tez Danışmanı, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN

.....

(Endüstri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi)

Doç. Dr. Murat Caner TESTİK

.....

(Endüstri Mühendisliği, Hacettepe Üniversitesi)

Yrd. Doç. Dr. Mehmet ATAĞ

.....

(Endüstri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi)

Tarih: 18/06/2009

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nail ÜNSAL

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Volkan SÖNMEZ

**KAN BANKASI İŞ GÜCÜ PLANLAMASINDA
BENZETİM YAKLAŞIMI
(Yüksek Lisans Tezi)**

Volkan SÖNMEZ

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Haziran 2009**

ÖZET

Kan ve kan ürünlerine olan talep ve bu talebi karşılamakta yetersiz kalan bağışlar, kan bankalarının iyi yönetilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Dünyada, kan bağışlarının artırılmasına yönelik birçok araştırma yapılmış olup, kan bankalarının etkin ve verimli yönetilmesi için yapılan çalışmalar son yıllarda hız kazanmıştır. Bu çalışma ile Hacettepe Üniversitesi Hastaneleri Kan Merkezi'ne kan vermek için gelen donörlerin merkezde geçirdikleri toplam zamanın azaltılması ve çalışanların iş yükü dengesinin sağlanması amacıyla bir benzetim modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan benzetim modeli kullanılarak alternatif sistemlerin bilgisayar ortamında test edilebilmesine olanak sağlanmaya çalışılmış ve kaynakların daha etkin kullanımı ile donörlerin sistemde geçirdikleri zamanının azaltılması amacıyla alternatifler oluşturulmuştur. Performans ölçütlerini en iyi sağlayan alternatif ile sistemde donörlerin bekleme zamanında %70'lik bir azalma sağlanmış ve çalışanların iş yükleri de dengelenmiştir. Yapılan bu çalışma ile sağlık sisteminde kritik bir rolü olan kan bankalarının önemi vurgulanmış ve ülkemizde benzer yöndeki çalışmalar için bir zemin oluşturulmaya çalışılmıştır.

Bilim Kodu : 906.1.148
Anahtar Kelimeler : Kan bankası, benzetim, iş gücü planlama
Sayfa Adedi : 126
Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Mehmet ATAĞ

**SIMULATION APPROACH FOR WORKFORCE PLANNING
IN A BLOOD BANK
(M.Sc. Thesis)**

Volkan SÖNMEZ

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
June 2009**

ABSTRACT

Because of high demand for blood and blood components as well as insufficient blood donations to meet this high demand, it became necessary for the blood banks to be managed effectively. The research areas about blood banks are very broad; varying from increasing donations to obtaining the desired inventory levels and hence, researches for an effective management of blood banks have increased extensively in recent years. In this study, a simulation model was developed to minimize the total waiting time of donors and to balance the work load of staff at the blood bank of Hacettepe University Hospitals. By using the developed simulation model, alternative models were generated, compared and the most successful one, which satisfied the selected performance criteria, was chosen. By implementing the best alternative, waiting time of donors in the system was decreased by %70 and the work load of staff was balanced considerably. With this study, we emphasize the importance of blood banks which are the critical parts of the health care systems.

Science Code : 906.1.148

Key Words : Blood bank, simulation, workforce planning

Page Number: 126

Adviser : Assist. Prof. Dr. Mehmet ATAĞ

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim sırasında emeği geçen ve çalışmalarım boyunca bana destek sağlayan değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Mehmet ATAĞ'A, içten teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Çalışmalarım sırasında benden ilgi ve yardımlarını esirgemeyen Hacettepe Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölüm başkanı Doç. Dr. Murat Caner TESTİK'E ve Yrd. Doç. Dr. Banu YÜKSEL ÖZKAYA' YA en içten dileklerle teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım süresince ailem sonsuz sevgi, anlayış ve sabırla bana destek olmuşlardır. Ayrıca yüksek lisans eğitimim boyunca bana burs olanağı sağlayan TÜBİTAK'A desteğinden ötürü teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, Doç. Dr. Murat Caner TESTİK tarafından yürütülen BAP 08 01 602 006 no'lu ve "Hacettepe Üniversitesi Hastaneleri Kan Merkezinin Modellenmesi ve Analizi için Simülasyon Yaklaşımı" başlıklı Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Birimi projesi kapsamında desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiv
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	6
2.1. Sağlık Kurumları Alanında Yapılan Çalışmalar	6
2.2. Kan Bankalarıyla İlgili Yapılan Çalışmalar	18
2.3. Kan Bankalarında Yapılan Benzetim Çalışmaları	21
3. PROBLEMİN TANIMI VE AMAÇLARI	23
3.1. Hacettepe Üniversitesi Kan Merkezi.....	25
3.2. Kan Bağış Sisteminde İş Akışı.....	26
3.2.1. Donör geliş ve kayıt süreci.....	28
3.2.2. Donör muayene süreci	29
3.2.3. Kan alma süreci	29
3.2.4. Dinlenme ve sistemden ayrılma süreci	30
3.3. Sistemde Karşılaşılan Problemler	31
3.4. Model Varsayımları.....	33
3.5. Benzetim Yaklaşımının Seçilmesinin Nedenleri	34
3.5.1. ARENA programının seçilmesinin nedenleri.....	34
3.6. Modellenecek Sistem İçin Gerekli Veriler	36
3.6.1. Kan merkezi bilgi sisteminden alınacak veriler	36
3.6.2. Zaman tutma çalışmasıyla elde edilecek veriler.....	38

Sayfa

4. KAN MERKEZİ'NİN MODELLENMESİ.....	42
4.1. Bilgi Sistemindeki Verilerin Analizi.....	42
4.2. Zaman Tutma Çalışmasıyla Elde Edilen Sonuçlar.....	46
4.3. Sistemin ARENA Benzetim Programında Modellenmesi.....	60
4.3.1.Sistemin benzetim modeli	60
4.3.2.İstatistiklerin tutulma süreci	65
4.3.3.Benzetim modelinin bloklarının açıklaması.....	66
4.4. Donörlerin Sisteme Varışlarının Modellenmesi.....	71
4.5. Benzetim Modelinin Doğrulanması	76
5. ALTERNATİF SİSTEMLERİN BELİRLENMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI	79
5.1. Alternatif Sistemlerin Belirlenmesi.....	79
5.2. Alternatif Sistemlerin Benzetim Modellerinin Oluşturulması.....	81
5.3. Performans Ölçütleri	83
5.4. Alternatif Sistemlerin Sonuçlarının Karşılaştırılması	84
5.5. Seçilen Alternatif Sistemler ile Sağlanan Katkılar.....	88
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	91
6.1. Gelecekte Yapılabilecek Çalışmalar.....	92
KAYNAKLAR.....	94
EKLER.....	105
ÖZGEÇMİŞ.....	126

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Benzetimin kullanım alanları	8
Çizelge 3.1. Hacettepe Üniversitesi Kan Merkezinde yapılan işlemler.....	25
Çizelge 3.2. Kan bankasında karşılaşılan problemler.....	32
Çizelge 3.3. Benzetim yazılımları	35
Çizelge 3.4. Modellenecek sistem için gerekli veriler ve yararlanılan kaynaklar	36
Çizelge 4.1. Donör form doldurma süresi veri özeti.....	50
Çizelge 4.2. Verilere uygun dağılım tablosu	50
Çizelge 4.3. Sekreterin form girme süresinin veri özeti	51
Çizelge 4.4. Sekreterin form girme verisine uygun dağılım tablosu	51
Çizelge 4.5. Muayene odasına ve kan alma salonuna geçiş süresi veri özetleri	52
Çizelge 4.6. Muayene süresi verisine uygun dağılım tablosu	53
Çizelge 4.7. Donör hazırlama süresi verisi özeti.....	54
Çizelge 4.8. Donörü hazırlama verisine uygun dağılım tablosu	55
Çizelge 4.9. Kan alma süresinin veri özeti.....	56
Çizelge 4.10. Kan alma verisine uygun dağılım tablosu.....	56
Çizelge 4.11. Yataktan kalkma süresinin veri özeti	57
Çizelge 4.12. Yataktan kalkma süresi verisine uygun dağılım tablosu	58
Çizelge 4.13. Donörün dinlenme süresi veri özeti.....	59
Çizelge 4.14. Donörün dinlenme süresi verisine uygun dağılım tablosu.....	59
Çizelge 4.15. Tıbbi müdahale süresi verisine uygun dağılım tablosu	60
Çizelge 4.16. Süreçlere uygun dağılımlar ve özet verileri tablosu	60
Çizelge 4.17. Saat aralıklarında gelen donör sayılarının ortalama ve varyansları	72

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.18. Kan kabul alt tablosu	73
Çizelge 4.19. Grupların Poisson analiz P-değerleri tablosu.....	74
Çizelge 4.20. Donör gruplarının varış hızları.....	75
Çizelge 4.21. Grup büyüklükleri karşılaştırılmasının P-değerleri	75
Çizelge 4.22. Grup büyüklükleri dağılımı.....	76
Çizelge 5.1. Modelin tekrar sayılarına verdiği tepki	85
Çizelge 5.2. Pazartesi günü için mevcut sistemin ve alternatiflerin sonuçları.....	86
Çizelge 5.3. Salı günü için mevcut sistemin ve alternatiflerin sonuçları.....	86
Çizelge 5.4. Çarşamba günü için mevcut sistemin ve alternatiflerin sonuçları	87
Çizelge 5.5. Perşembe günü için mevcut sistemin ve alternatiflerin sonuçları.....	87
Çizelge 5.6. Cuma günü için mevcut sistemin ve alternatiflerin sonuçları.....	88

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Sağlık sisteminde kapasite türleri	4
Şekil 3.1. Karar verme aşamaları.....	25
Şekil 3.2. Kan merkezi iş akış şeması.....	27
Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan tablolar	37
Şekil 4.1. Kan bankasına gelen donörlerin amaçlarına göre dağılım grafiği	43
Şekil 4.2. Gelen donörlerin cinsiyet dağılım grafiği.....	44
Şekil 4.3. Pazartesi-perşembe arası gelen donörlerin oluşturduğu desen	44
Şekil 4.4. Cuma günleri gelen donörlerin oluşturduğu desen	45
Şekil 4.5. Hafta sonu gelen donörlerin oluşturduğu desen.....	45
Şekil 4.6. Gelen ve reddedilen donörlerin yaş dağılım grafiği.....	46
Şekil 4.7. Reddedilen donörlerin cinsiyetlerinin dağılım grafiği	46
Şekil 4.8. Modelde kullanılacak verilerin iş akışındaki yerleri.....	47
Şekil 4.9. Donörlerin form doldurma süresinin box-plot grafiği.....	49
Şekil 4.10. Donörlerin form doldurma süresinin histogram grafiği	49
Şekil 4.11. Sekreterin formu bilgisayara giriş süresinin box-plot grafiği.....	50
Şekil 4.12. Sekreterin form girme süresi histogram grafiği.....	51
Şekil 4.13. Muayene süresinin box-plot grafiği	52
Şekil 4.14. Muayene süresinin histogram grafiği	53
Şekil 4.15. Donör hazırlık süresinin box-plot grafiği	54
Şekil 4.16. Donör hazırlama verilerinin histogram grafiği	54
Şekil 4.17. Kan alma süresinin box-plot grafiği.....	55

Şekil	Sayfa
Şekil 4.18. Kan alma süresinin histogram grafiği	55
Şekil 4.19. Yataktan kalkma süresinin box plot grafiği.....	56
Şekil 4.20. Yataktan kalkma süresinin histogram grafiği	57
Şekil 4.21. Donörün dinlenme süresinin histogram grafiği	58
Şekil 4.22. Dinlenme süresinin box plot grafiği.....	58
Şekil 4.23. Tıbbi müdahale süresinin box plot grafiği.....	59
Şekil 4.24. Donör geliş süreci.....	61
Şekil 4.25. Gelen donörlerin ayrıştırılması	61
Şekil 4.26. Donörlerin form doldurma işlemleri	62
Şekil 4.27. Donörlerin form teslimi ve sekreterin form girme işlemleri	62
Şekil 4.28. Donörün muayene edilme işlemi	63
Şekil 4.29. Donörün kan verme işlemi.....	64
Şekil 4.30. Donörün sistemden ayrılma işlemi.....	65
Şekil 4.31. İstatistiklerin tutulması işlemleri.....	65
Şekil 4.32. Donörlerin saat aralıklarına göre ayrılması	66
Şekil 4.33. Donörlere özel numara atanması.....	66
Şekil 4.34. Saat aralıklarında gelen donörlerin sayılması	67
Şekil 4.35. Donörlerin modelde bağış türüne göre ayrılması.....	67
Şekil 4.36. Modelde bağış türü özelliğinin belirlenmesi	67
Şekil 4.37. Kan bağış donörlerinin modeldeki form alma işlem blokları	68
Şekil 4.38. Modeldeki aferez donörlerin form alma işlem bloğu.....	68
Şekil 4.39. Modelde donörün kuyruğu kontrol etme bloğu	69
Şekil 4.40. Modelde donörün form doldurma işlem bloğu	69

Şekil	Sayfa
Şekil 4.41. Donörün form teslim etme bloğu	70
Şekil 4.42. Modeldeki kuyruk tipleri	70
Şekil 4.43. Modelde kullanılan kaynaklar.....	71
Şekil 4.44. Grup büyüklüklerinin karşılaştırılması.....	77
Şekil 4.45. Üretilen donör sayısı grafiği	78
Şekil 5.1. Birinci alternatifin kodlanması	81
Şekil 5.2. İkinci alternatifteki yeni kaynağın tanımlanması.....	82
Şekil 5.3. İkinci alternatifteki yeni kaynağın sayısının belirlenmesi.....	82
Şekil 5.4. Günler için çalışanların iş yükleri	89
Şekil 5.5. Alternatif sistemde donörlerin bekleme zamanları	89

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklama
NT1	Muayene Odasında Görevli Hemşireler
NT2	Kan Alma Salonunda Görevli Hemşireler

1. GİRİŞ

Artan dünya nüfusu ile birlikte sağlık sistemlerinin öneminin artması, bu sistemler üzerindeki baskılar ve beklentiler, sağlık kurumlarının incelenip iyileştirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır [Bretthauer ve Côté, 1998]. Tezin konusu olan kan bankaları, sağlık hizmetlerinin her aşamasında kullanılan kan ve kan ürünlerinin sağlanmasında rol aldığı için, sağlık hizmeti veren kuruluşlar içinde önemli bir yere sahiptir. Sağlık sistemlerinin etkin bir şekilde işleyebilmesi, bu sistemler içinde her aşamada gerekli olan kan bankalarının performanslarının artırılmasıyla sağlanabilecektir.

Sağlık sektöründe artan rekabet ile birlikte, bu sistem içindeki kurumların etkin yönetimi de önem kazanmıştır. Ellerindeki *kaynakları uygun kullanamayan*, hizmet verdiği *hastaların memnuniyetini* düşünmeyen ve yüksek *maliyetle* hizmet veren sağlık kurumları yok olmaya mahkûmdur. Ancak son yıllarda araştırmacıların, sağlık sektörünün öneminin artması sonucu, bu alana yönelmeleri ile sağlık kurumları, kaynaklarını daha etkin bir şekilde kullanmaya ve hizmet kalitelerini iyileştirerek müşteri memnuniyetini artırmaya başlamıştır [Fone ve ark., 2003].

Son yıllarda, yüksek teknolojinin kullanılmasıyla sağlık yönetimi maliyetlerinin giderek artması ve bu artışa hastalarına sağladıkları sağlık hizmetlerinin kalitesini artırma baskısı da eklenince sağlık kuruluşlarının yöneticileri mevcut olan kısıt kaynakların etkin yönetimini sağlamak zorunda kalmışlardır [Gunal ve Pidd, 2005]. Kısıt kaynakların yönetimi ile de hasta akışlarını düzelterek kaynakları daha verimli kullanmak, hizmet maliyetlerini azaltmak son olarak hasta ve personel memnuniyetini artırmak amaçlanmaktadır.

Bunlara ek olarak, kan ve kan ürünlerine olan talep ve bu talebi karşılamakta yetersiz kalan bağışlar, dünyada ve ülkemizde kan bankalarının iyi yönetilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Kan ürünlerine olan talebin kontrol edilememesi, kan arzının gönüllülük esasına dayanması ve kan ürünlerinin çoğu zaman hayati değerlerinin

bulunmasından dolayı kan merkezlerinin hizmet kalitesinin iyileştirilmesi büyük önem arz etmektedir.

Ülkemizde, kan bankalarının hizmet kalitesinin artırılmasına yönelik bir çalışmanın bu düzeyde yapılmamış olması ve kan bankalarının öneminin giderek artması bu tez çalışmasının karar aşamasında etkili olmuştur, çünkü iyi planlanmış iş gücü ile sistemlerin *maliyetleri* düşmekte, hastaların sistemde geçireceği *toplam süre* azalmakta ve bütün bunların neticesinde kan bankalarında verilen *hizmetin kalitesi* de artmaktadır.

Ülkemizde kan bağışı sayısı çok yetersiz durumdadır, dolayısıyla bağış için gelen donörlerin daha sık bağış yapmaları için sistemden memnun ayrılmaları gerekmektedir [Türk Kızılayı 2007 Faaliyet Durumu]. Sistemden memnun ayrılan donörler, kan bağışı hakkındaki olumlu fikirlerini çevreleriyle paylaşarak, sisteme daha fazla donör gelmesine yardımcı olacaktır. Ülkemizde sayıca yetersiz olan donörlerin, kan bağışı sürecindeki bekleme zamanlarını azaltarak sistemde geçirdikleri süreyi kısaltmak ve kan bağışlamak için takip etmek zorunda kaldıkları karışık iş akışlarını düzeltmek, yapılan bu çalışmanın amaçları arasındadır. Hedeflenen amaçlara ulaşılması ile donörlerin kan merkezinden memnun ayrılmaları sağlanmış olacaktır.

Kan bankası süreçlerine donörler açısından bakıldığında “kan bağışı işlem süresi” kalite-için-kritik bir değişkendir. Bu çalışmada geliştiren benzetim modeli, donörlerin istekliliklerini etkileyen aşırı bekleme zamanlarıyla ve çalışanların iş yükleri ile ilgilidir. Donörlerin bekleme sürelerinin kısaltılması ile hizmet kalitesinde sağlanacak artışın çok çeşitli yararları olabilecektir. Örnek vermek gerekirse, ilk defa kan bağışlayacak donörlerin tekrar kan bağışlamaları, zaman zaman kan verme alışkanlığı olan donörlerin ise daha sık kan bağışlamaları ve donörlerin olumlu tecrübelerini çevreleriyle paylaşmalarıyla yeni donörlerin kazanılması sağlanabilir.

Sağlık sistemlerinde insanın her aşamada en önemli rolü oynaması sebebiyle rastsallığın olması ve sağlık sistemlerinin karmaşık yapısından dolayı, bu çalışmada

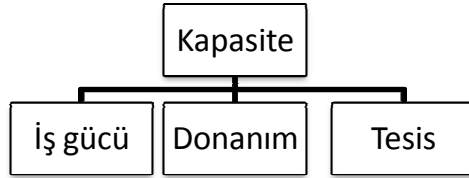
yöntem olarak benzetim yaklaşımı benimsenmiştir. Benzetim, gerçek sistemlerin davranışlarının matematiksel olarak ifade edilip çeşitli koşullar altında taklit edilmesidir [Law ve Kelton, 2000]. Kan bankası sistemlerinin karmaşık yapısından ve kan ürünlerine olan arz, talep ve kullanımların rastsal yapısından dolayı analitik çözümler yerine benzetim yaklaşımı, sağlık sistemlerinin analiz ve modellenmesinde yaygın bir şekilde tercih edilmektedir [Lowery, 1996]. Hizmet sektöründe büyük ölçüde artan maliyetler, yöneticileri ve araştırmacıları, etkinliğin artırılması ve maliyetlerin azaltılması konularına yöneltmiştir. Benzetim tekniği bu ihtiyacı karşılamada kullanılabilecek en iyi araçlardan biridir. Benzetim modelleri, sağlık kuruluşu yöneticilerine, mevcut sistemin verimliliği hakkında bilgi sağlamakta, mevcut sistem üzerinde yapılacak değişikliklerin sonuçlarını ve bütün bir sisteme etkilerini hızlı bir şekilde görmelerini sağlamakta ve daha da önemlisi yeni sistemler tasarlamaya imkân vermektedir. Benzetim aynı zamanda, yöneticilerin farklı hasta akışlarının etkilerinin tahmininde, kaynak ihtiyaçlarının belirlenmesinde ya da modeldeki değişkenlerin birbirleriyle ilişkilerini görmeleri için de kullanılmaktadır [Brennan ve ark., 1992]. Benzetim yaklaşımının sağladığı bu yararlar yöneticilere farklı yönetim politikaları arasında seçim yapma, mevcut sistemi etkilemeden yeni bir sistem tasarım olanaklarını sağlamaktadır [Eldabi ve ark., 2007].

Bu tez çalışmasında, benzetim yaklaşımına uygun olması ve sağlık sisteminin temel bir bölümü olması dolayısıyla ve ayrıca ülkemizde bu alandaki benzetim uygulamalarının sayıca yetersiz olması nedeniyle *kan bankası* uygulama alanı olarak seçilmiştir. Benzetim tekniğinin kan bankası gibi temel bir bölümde uygulanması, çalışmanın ileride, modeldeki küçük değişikliklerle diğer kan bankalarında ve sağlık sisteminin farklı bölümlerinde de uygulanabilmesi kolaylığını sağlayacaktır.

Kan bankalarında iş gücü planlamasına ve hizmet kalitesinin artırılmasına yönelik olan bu benzetim uygulaması için Hacettepe Üniversitesi Hastaneleri Kan Merkezi'nde, donörlerin kan vermek için gelip muayene olduğu ve kan verdikten sonra sistemden ayrıldığı *kan bağış alt sistemi* seçilmiştir. Hacettepe Üniversitesi Hastaneleri Kan Merkezi yıllık ortalama 26700 donörün bağış yapmak için geldiği bir kan merkezidir. Bu merkez öncelikle hastane ihtiyaçlarını daha sonra diğer kan

bankalarının ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Bu çalışmada, hafta içi günlerde ve mesai saatleri içinde kan merkezine bağış yapmak için gelen donörlerin sistemde geçirdiği bekleme zamanlarını azaltacak ve personelin iş yükünü dengeleyecek bir işgücü planlaması ve iş politikası düzenlemesi çalışması yapılmıştır.

Kapasite, eldeki kaynaklar şeklinde tanımlanabilmektedir. Sağlık sistemlerinde ise kapasite 3 türdür (Şekil 1.1). Buna göre bir sağlık kurumunun kapasitesi; toplam makine ve teçhizat sayısı, doktor ve diğer sağlık personeli sayısı ve tesisler gibi değerlerle belirlenebilmektedir [Kavuncubaşı ve Kısa, 2007].



Şekil 1.1. Sağlık sisteminde kapasite türleri

Sağlık kurumlarında kapasite planlaması, sağlanan hizmetlerin etkin ve verimli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için iş gücünün, donanımın ve tesisin gerekli olan sayılarının kararlarının verilmesidir. Sağlık sisteminde, hastaların talepleri kontrol (tahmin) edilemeyen bir yapıdadır bir başka ifadeyle rastsaldır. Bu talebin tahmini, sağlık kurumlarında kullanılacak kaynakların belirlenmesi için temel bir veridir. Talebin artması veya dönemsel dalgalanması, planlama ve kontrol faaliyetlerini zorlaştırmaktadır [Kavuncubaşı ve Kısa, 2007]. Bu tez çalışmasında, kan merkezine olan talepler ayrıntılı bir şekilde incelenmiş olup gerçeği en doğru derecede temsil edecek şekilde modellenmiştir.

Kan merkezlerinin iyi bir şekilde yönetilmesi için öncelikle, bu merkezlerin ayrıntılı analizlerinin yapılması gerekmektedir. Bu analizler için süreçler gözlemlenmeli, iş akış şeması oluşturulmalı ve analiz için gerekli veriler belirlenmelidir [Lowery, 1998]. Bu çalışmada, Hacettepe Üniversitesi Hastaneleri Kan Merkezi'ne kan vermek için gelen donörlerin merkezde geçirdikleri toplam zamanın azaltılması ve personelin iş yüklerinin dengelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, ilk olarak mevcut

süreç incelenip gerekli veriler toplanarak analiz edilmiştir. Daha sonra mevcut sistemin benzetim modeli kurulmuş ve mevcut sistemin benzetim modeli ile oluşturulan alternatif sistemlerin modelleri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak performans ölçütlerini en iyi sağlayan alternatif tasarım öneri olarak sunulmuş ve bu doğrultuda sistemin iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Yapılan bu çalışmayla ayrıca, ülkemizde sağlık sistemlerinde benzetim uygulamaları alanında ileride yapılabilecek çalışmalara zemin oluşturulması amaçlanmıştır.

Tezin *ikinci bölümünde*, geçmişte sağlık kurumları yönetimi alanında ve kan bankalarında yapılmış olan ve bu çalışmaya destek olabilecek birçok yayın araştırılıp incelenmiştir. *Üçüncü bölümde* problemin tanımı ve uygulama alanı olarak seçilen kan merkezinin analizi yapılmış ve iş akışı anlatılmıştır. Ardından problemin varsayımları belirlenmiş ve uygulanan yöntem hakkında ayrıntılı bilgi verilip çalışma için gerekli olan veriler belirtilmiştir. Bu bölümün sonunda kan merkezinde kullanılan bilgi sistemi hakkında bilgi verilmiş ve zaman tutma çalışmasıyla elde edilecek veriler anlatılmıştır. *Dördüncü bölümde* problemin çözümüne yönelik olarak, toplanan verilerin analizi ve bu analizle ulaşılan sonuçlar anlatılmıştır. Benzetim çalışmasında kullanılmak üzere zaman tutma çalışması anlatılıp sistemin ARENA programında modellenmesi ayrıntılarıyla sunulmuştur. Bu bölümün sonunda benzetim modelinde kullanılan girdi dağılımlarının belirlenmesi ve sistemin doğrulanması anlatılmıştır. Çalışmanın *beşinci bölümünde*, alternatif sistemlerin oluşturulması ve oluşturulan alternatif sistemlerin değerlendirilmesi yer almaktadır. En son aşamada, performans ölçütlerini en iyi sağlayan alternatif öneri olarak sunulmuştur. Bu bölümün sonunda, önerilen alternatif ile sağlanan katkılar anlatılmıştır. Tez çalışmasının sonuç ve gelecekte yapılabilecek çalışmalar kısmı ise *altıncı bölümde* sunulmuştur.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Dünyada, kan bağışlarının artırılmasına yönelik birçok araştırma yapılmış olup, kan bankalarının etkin ve verimli yönetilmesi için yapılan çalışmalar son yıllarda hız kazanmıştır [Eldabi ve ark., 2007]. Sağlık kurumları ve kan bankaları ile ilgili literatürde bulunan çalışmalar aşağıda üç ana başlık altında incelenmiştir.

Çalışmanın konusunun ve uygulama alanının seçilmesi sırasında araştırılan yayınların incelenmesi öncelikle, *sağlık kurumları alanında yapılan çalışmalar*, daha sonra *kan bankalarında yapılan çalışmalar* ve en son olarak *kan bankalarında yapılan benzetim çalışmaları* başlıkları altında sunulmuştur.

2.1. Sağlık Kurumları Alanında Yapılan Çalışmalar

Dünya sağlık örgütü sağlığı şu şekilde tanımlamaktadır: *Sağlık*, yalnızca hasta veya sakat olmamak değil, beden, ruhen ve sosyal yönlerden tam bir iyi olma halidir [Jensen, 1997]. Toplumda sağlık gereksinimlerinin karşılanmasına yönelik sunulan hizmetler ise, *sağlık hizmeti* olarak adlandırılmaktadır. Sağlık hizmetleri hastaların teşhis ve tedavilerinin yanında, hastalıkların önlenmesi, toplumun ve bireyin sağlık düzeyinin geliştirilmesi ile ilgili faaliyetler bütünüdür. Dört ana grupta toplanan sağlık hizmetleri; koruyucu, tedavi, rehabilitasyon ve sağlığın geliştirilmesinden sorumludur. Sağlık hizmeti üreten ve veren kuruluşlara da *sağlık kurumu* denmektedir. Sağlık kurumları, sağlık hizmeti üretimi için kaynakların bir araya geldiği ve rasyonel bir biçimde düzenlendiği organizasyonlardır [Kavuncubaşı ve Kısa, 2007].

Dünyadaki büyük sağlık kuruluşları (hastane, büyük klinikler vb.) hizmet kalitelerini artırma konusunda zorunlu olarak bir yarışa girmişlerdir [Fone ve ark., 2003]. Bu kuruluşların, hastaları kendi merkezlerine çekebilmek için güvenilir, etkin ve hızlı bir şekilde sağlık hizmeti verebilmeleri gerekmektedir. Etkin ve etkili bir hasta akışı; çalışanların düzgün kullanım oranlarıyla, doktorların daha az boş geçen zamanlarıyla, çok sayıda hizmet verilen hasta sayılarıyla, yaşanan düşük bekleme

zamanlarıyla ve klinikte geçirilen toplam zamanın azlığı ile sağlanabilmektedir [Pratt ve Grindon, 1982]. Bu performans ölçütlerini etkileyen faktörlere örnek olarak, kuruluşların *hasta kabul politikaları*, hastaların işlemleri boyunca takip etmeleri gereken *akışın karmaşıklığı* ve *kaynakların mevcudiyeti* verilebilir.

Sağlık kurumlarında yapılan çalışmalara örnek olarak, Brahimi ve Worthington'un 1991'deki, Fetter ve Thompson'un 1966'daki, Keller ve Laughhunn'un 1973'deki ve Stafford ve Aggarwal'ın 1979'da yaptıkları hastane sisteminin ele alındığı çalışmalar ve Rising'in 1977'deki ve Rising ve arkadaşlarının 1973'deki yaptığı üniversite hastanelerinin yataksız hizmet verdiği bölümlerinin ele alındığı çalışmalar verilebilir [Brahimi ve Worthington, 1991 – Fetter ve Thompson, 1966 – Keller ve Laughhunn, 1973 – Stafford ve Aggarwal, 1979 – Rising, 1977 – Rising ve ark., 1973]. Çalışmaların uygulama alanı olarak yataksız hizmet veren bölümlerden, göğüs hastalıkları birimi [Kalton ve ark., 1997], kulak burun boğaz birimi [Cox ve ark., 1985] ve diğer yataksız hizmet veren birimler ele alınmıştır [Carlson ve ark., 1979 – Clague ve ark., 1997 – Flory, 1990].

Yönetici ve araştırmacıların sağlık kuruluşları yönetimine yönelmeleriyle birlikte bu alanda yapılan benzetim çalışmalarının sayısı da hızla artmaktadır [Jun ve ark., 1999]. Benzetim yazılımlarının teknik anlamda gelişmesiyle de ele alınan problemler daha da karmaşılaşmakta ve boyutları büyümektedir. Ancak hala büyük karmaşık sistemleri modelleyen çalışmalar sayıca çok azdır. Bunun nedeni olarak da ihtiyaç duyulan verinin çokluğu ve bu verileri elde etmenin zaman ve maliyet açısından zorluğu gösterilebilir [Stafford ve Aggarwal, 1979].

Benzetim tekniği, sağlık kurumları yönetiminde sistem analizinde yararlı bir çözüm aracıdır. Ancak diğer sistemlerde olduğu kadar kullanımı çok yaygınlaşmamıştır. Benzetim tekniğinin sağlık sistemlerinin analizinde kullanılmaya başlanması son yıllarda hız kazanmıştır [Fone ve ark., 2003].

Tabloda benzetim tekniğinin bazı sektörlerdeki kullanım alanları verilmiştir.

Çizelge 2.1. Benzetimin kullanım alanları

Sektörler	Kullanım Amacı
Otomotiv	Üretim süreçlerinin geliştirilmesi
İnşaat	Lojistik ve çizelgeleme
Enerji	Fiyatlandırma, strateji geliştirme ve finansal analiz
Demir çelik	Yeni ürün geliştirme, Stok yönetimi
Sağlık	Stok yönetimi, hasta akışları, personel çizelgeleme

Sağlık sektöründe benzetim tekniğinin kullanım alanları, lojistik, hasta akışlarının tasarımı, çizelgeleme, kuyruk analizleri ve bekleme zamanlarının azaltılması olarak özetlenebilir. Sürekli sistemlerin benzetimi sağlık sistemleri için laboratuvar süreçleriyle sınırlıdır [Lowery, 1998].

Kompleks yapıda bir hastaneyi ele alan bir çalışmada [Mahachek, 1992] hastanedeki hasta akışları ile ilgili benzetim çalışmasının detayları verilmiştir. Lowery ise sağlık kuruluşları ile ilgili bir benzetim çalışmasında karşılaşılabilecek model karmaşıklığı, girdi dağılımlarının belirlenmesi, modeli doğrulama ve bulguların yorumlanması gibi konularının önemini vurgulamıştır [Lowery, 1996].

Hasta akışlarının analiz edildiği çalışmalarda genellikle hasta kabul politikaları incelenmiştir. Örneğin bir çalışmada [Brahimi ve Worthington, 1991] değişik randevu sistemleri ele alınmış ve doktorların kullanım oranları ile hastaların bekleme süreleri azaltılmaya çalışılmıştır. Yine benzer bir çalışmada [Sapountzis, 1991] doğrusal olmayan programlama ile hasta varışları düzgünleştirilmeye çalışılmıştır. Keller ve Laughhunn, çalışmalarında, hastaların yoğunluğunun doktor kapasitelerine etkilerini araştırmıştır [Keller ve Laughhunn, 1973]. Cox ve arkadaşları, hasta varışlarını belirli bir randevu sistemine göre yapmaktansa hasta akışlarını kontrol etmeyi önermişlerdir [Cox ve ark., 1985]. Rising ise yaptığı çalışmada hasta varışlarının sistemdeki iş yükünü düzgünleştirmek için nasıl dağılması gerektiği ile ilgilenmiştir [Rising, 1977].

Yataksız hizmet veren sağlık kuruluşlarında benzetim yaklaşımı kaynak kullanım oranlarının hesaplanmasında da kullanılmıştır. Bazı çalışmalar ise kuyrukta bekleyen

ortalama hasta sayısı ile ilgilenmiştir. Ayrıca kuyrukta bekleme zamanı ve sistemde geçirilen toplam zamanla da ilgilenen çalışmalar yapılmıştır [Cote, 1998].

Benzetim modellerinin esnek yapısından dolayı kurum için özel performans ölçütleri de olabilmektedir. Stafford ve Aggrawal, çalışanların boş zamanlarını değerlendirmede hasta yoğunluğunu performans ölçütü olarak kullanmışlardır [Stafford ve Aggrawal, 1979]. Carlson ve arkadaşları ile Kropp ve arkadaşları, kaynak kullanım oranlarının değerlendirilmesinde benzetim ve doğrusal programlamayı birleştiren bir çözüm sunmuşlardır [Carlson ve ark., 1979 - Kropp ve ark., 1978].

Hasta kabul politikaları, hastaların kliniklere hangi şekilde kabul edildikleriyle ilgilidir. Hastalar kliniklere, önceden aldıkları randevuya göre alınabilir ya da herhangi bir zamanda kliniğe gelebilir. Kullanılan her politikaya göre sağlık kuruluşlarının karşılaştığı problemler farklılaşmaktadır.

Hasta kabullerini randevulu sisteme göre yapan sağlık kurumlarının karşılaştığı problemler, randevuların gün içinde hangi zamanlar için verilmesi gerektiği (sabah, öğleden sonra) ya da verilen randevular arası zamanın belirlenmesi şeklinde olabilmektedir. Sağlık kurumunun uyguladığı randevu politikası aynı zamanda, burada çalışanların farklı işlemlere atanması şeklinde de olabilmektedir. Sağlık kuruluşlarının uyguladığı bu farklı randevu politikaları, kaynakların (doktorlar, hemşireler, teçhizatlar vb.) ilave maliyet gerektirmeden etkin yönetilmeleri ile sağlanabilmektedir.

Bu konuda yapılan çoğu araştırma, ayakta sağlık hizmeti veren (yataksız, outpatient) sağlık kuruluşları için yapılmıştır. Bu alanda yapılan bir çalışma Fetter ve Thompson'un ayakta sağlık hizmeti veren bir klinikte yaptıkları çalışmadır. Çalışmada hastaların beklemeleri ile ilgili olarak doktorların kullanım (çalışma) oranları analiz edilmiştir. Araştırmacılar, doktorların randevularını %60'tan %90'a çıkarmakla boş geçen zamanın 50 günde 160 saat azalacağını ancak hastaların bekleme zamanlarının 1600 saat artacağını belirlemişlerdir. Böylece çalışmanın

sonucunda doktorların zamanlarının hastaların zamanlarından 10 kat değerli olduğu anlaşılmıştır [Fetter ve Thompson, 1965].

Daha çok hastaya hizmet vermek ve klinikteki hastaları daha az bekletmek amacıyla, hasta gelişlerini gün içine dağıtma çalışmaları da yapılmıştır. Bu alanda Smith ve Warner hastaların gelişlerinin düzgün bir şekilde olmasıyla rastsal bir şekilde olmasını karşılaştırmışlardır. Çalışmada kliniğe gelen hastaların, düzgün dağılıma uygun bir şekilde gelmesi halinde, burada geçirdikleri ortalama sürenin %40 azalacağı gösterilmiştir [Smith ve Warner, 1971]. Yine bu alanda yapılan diğer bir çalışmada, Rising ve arkadaşları, doktorlar üzerindeki talebi (hasta varışlarını) düzgünleştirmekle, daha çok hastaya tedavi hizmeti verilebileceğini ve kliniğin daha az fazla mesai yapacağını göstermişlerdir [Rising ve ark., 1973]. Kho ve Johnson ile Kachal ve arkadaşları ise ayakta tedavi hizmeti veren kurumlara olan talebin düzgünleştirilmesi halinde performansın artacağını söylemektedirler [Kho ve Johnson, 1976-Kachal ve ark., 1981].

Düzenli randevu sistemlerinin aksine, alternatif randevu politikaları da araştırılmıştır. Bailey yataksız hizmet veren bir sağlık kurumu için, randevu sistemi önermiştir. Çalışmada, bütün hastalar için servis zamanları aynı olduğu ve her hastanın teker teker geldiği varsayımları yapılmıştır. Düzenlenen randevu programına göre, her vardiyanın başında iki hasta gelecek, bu hastalardan sonra gelecek hastalar eşit aralıklarla gelecek şeklindedir [Bailey, 1952]. Benzer bir çalışmada, Smith ve arkadaşları, hastaların bekleme zamanlarını azaltmak üzere, bir doktorun en fazla kaç hastaya bakabileceğini hesaplamıştır. Çalışmada, sisteme gelen hastalar, dalgalı bir şekilde gelmektedir. Bu çizelgede ise, her vardiyanın başında, doktorlara çok sayıda hasta atayıp günün sonuna doğru hasta atamaları azalmaktadır. Bu çizelgenin, düzgün dağılımla gelen çizelgeye baskın olduğu çalışmada gösterilmiştir [Smith ve ark., 1979].

Williams ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, doktorların kullanım oranları ile hasta bekleme zamanlarının ilişkileri incelenmiş ve hastaların sisteme varışları bloklar şeklinde olduğu kabul edilmiştir. Her yarım saatte 8 hasta ve her saat başı 16

hastanın geldiği çizelgeler karşılaştırılmıştır. Yarım saatlik dilimlerde gelen hasta çizelgesinde hastaların daha çok beklediği, diğer çizelgede ise, doktorların daha çok boş kaldığı görülmüştür [Williams ve ark., 1967].

Yapılan başka bir çalışmada ise ameliyathanelerin çizelgelemesi için, ilk gelen ilk hizmet alır politikası, sabit, değişken ve karmaşık blok politikalarıyla karşılaştırılmıştır. Değişken blok sisteminin, diğer politikalardan üstün geldiği gösterilmiştir. Bu çalışmanın performans ölçütleri, tesis kullanım oranı, hizmet verilen hasta sayısı, hastaların ortalama bekleme zamanı ve hasta kuyruğu uzunluğu olarak belirlenmiştir [Fitzpatrick ve ark., 1993].

Klassen ve Rohleder, hastaların en az bekleyeceği ve doktorların en az boş kalacağı sistem için, hastaların ne zaman sisteme gelmesi gerektiğini araştırmışlardır [Klassen ve Rohleder, 1996]. Hancock ve Walter, benzetim tekniğini kullanarak, hastanenin kullanım oranlarının değişkenliğini azaltmayı ve en çok sayıda hastaya hizmet vermeyi amaçlamıştır [Hancock ve Walter, 1979]. Hancock ve Walter'ın diğer bir çalışmasında, tek bir hasta kabul politikasıyla hastanenin farklı bölümlerindeki iş yükünün dengelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın sonunda, her bölümün farklı hasta geliş desenleri olduğundan, tek bir hasta kabul politikasıyla bütün bölümlerin iş yükünün dengelenemeyeceği anlaşılmıştır [Hancock ve Walter, 1984].

Çalışmalardan görüleceği üzere, hasta kabul politikalarının ve randevu sistemlerinin doktor kullanım oranlarına ve hasta bekleme zamanlarına büyük etkisi vardır. Çalışmalar sonunda, her sağlık kurumunun kendine özgü bir yapısının olduğu dolayısıyla tek bir politikanın üstün sayılamayacağı görülmektedir.

Matematiksel modellerin yerine benzetim tekniğinin kullanılmasının bir avantajı, sağlık sistemlerinde kapasite belirlemesi yapılırken, karmaşık hasta akışlarının bulunduğu sistemlerde benzetimin kolaylık sağlamasıdır. Örneğin hastanelerin acil bölümlerine gelen hastalara uygulanacak tedavi işlemleri çok çeşitlidir, her hastanın farklı bir işlem sırası olabilmektedir. Bazı durumlarda da hasta akışlarının değişmesiyle, bekleme zamanları azalabilmektedir.

Garcia ve arkadaşları acil bölümleri için, farklı bir hasta akış modeli önermiş ve önceliği-düşük hastaların bekleme zamanlarını azaltmışlardır. Acil bölümleri hastaların aciliyetlerine göre düzenlenmiştir, dolayısıyla durumu acil olmayan hastalar burada uzun süre bekleyebilmektedir. Çalışmada, çok az sayıda kaynak kullanan ve sadece durumu çok acil olmayan hastalar için ayrı bir tedavi hattı tahsis edilmiş, dolayısıyla bu hastaların bekleme süreleri azaltılmıştır [Garcia ve ark., 1995]. Benzer bir çalışmayı, Louisville Üniversitesi Hastanesi'nin acil bölümünde uygulayan Kraitsik ve Bossmeyer, hizmet verilen hasta sayılarında büyük artış elde etmiştir [Kraitsik ve Bossmeyer, 1993].

Kirtland ve arkadaşları ise acillerde uygulanacak 11 alternatifi değerlendirip hangilerinin hasta akışlarını geliştirdiğini değerlendirmiştir [Kirtland ve ark., 1995]. Bunlara ilave olarak, McGuire, MedModel kullanarak hastaların acil bölümlerinde kalış sürelerini azaltmak amacıyla çalışma yapmış ve bu amaçla öneriler sunmuştur. Bu önerilerinden bazıları aşağıdaki gibidir:

- Yoğun olan saatlerde, ek olarak bir idari personel konulması
 - Bekleyen hastalar için ayrı bir bölme oluşturulması
 - Durumu acil olmayan hastalar için ayrılan tedavi hattının saatlerinin uzatılması
 - Bu tedavi hatlarında stajyer doktorlar yerine uzman doktorların çalıştırılması
- [McGuire, 1994]

Blake ve Carter, ise çocuk acil bölümünde hızlı tedavi hattının uygulanması gerektiği sonucunu benzetim yöntemi ile göstermiştir [Blake ve Carter, 1996]. Ritondo ve Freedman, acil bölümlerinde, tedavi altındaki hastalara uygulanan testlerin, yapılma politikalarının acilde bekleyen hastaların bekleme zamanlarını ve hizmet edilen hasta sayısını etkilediği gösterilmiştir [Ritondo ve Freedman, 1993]. Edward ve arkadaşları ise, benzetim tekniği ile bir sağlık kuruluşunda uygulanan kuyruk sistemi politikalarını karşılaştırmış ve yarı paralel kuyruk sisteminin tek kuyruk sistemine göre daha üstün olduğunu göstermiştir [Edward ve ark., 1994].

Hasta çizelgelemeden ayrı olarak personel çizelgeleme üzerine de çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar, hasta gelişlerine müdahale edilemeyen sistemlerdeki problemlerin çözümüne yönelik yapılmıştır. Hastaların sisteme varışlarının değişmediği fakat personelin hasta taleplerini karşılamak üzere çizelgelenmesini kapsamaktadır çünkü çoğu yataksız hizmet veren sağlık kurumları hastaların sisteme varışlarına müdahale edememekte sadece personelinin çizelgelemesini düzenleyebilmektedir. Alessandra ve arkadaşları, darboğazların çözülmesi ve hizmet verilen hasta sayısının artırılmasına yönelik bir çalışma yapmış ve 8 çizelge üzerinde karşılaştırmalar yapmıştır [Alessandra ve ark., 1978]. Mukherjee ise, uygulama yaptığı eczanede, karışık personel çizelgelemesi adına bir plan önermiş sonuçta hasta bekleme zamanlarını azaltmış ve hizmet edilen hasta sayısını artırmıştır [Mukherjee, 1991]. Personel çizelgeleme çalışmalarında, hemşire çizelgeleme, en uygun hemşire sayısı, hemşire çalışma yükünün hizmet verilen ortalama hasta sayısına, hastaların sistemde geçirdiği ortalama zamana ve hastaların bekleme zamanına etkileri çalışılmıştır [Draeger, 1992-Evans ve ark., 1996- Kumar ve Kapur, 1989].

Sağlık hizmetinin kalite maliyetlerinin artmasıyla, yöneticiler maliyetleri düşürmek için hizmet kalitesinin seviyesini düşürmeden kaynakları kısma yoluna gitmektedirler. Çalışmaların büyük bir çoğunluğu bu zor durumu çözebilmek için yapılmıştır ve halen de yapılmaktadır. Benzetim yaklaşımı da sağlık sistemlerinde kaynak planlaması alanında etkisi yükselerek kabul görmektedir. Sağlık sistemlerinde kaynak planlama üç alana ayrılabilir.

1. Yatak kapasitesi planlaması
2. Oda kapasitesi planlaması
3. Personel kapasitesi planlaması

Hastanelere gelen hastaların tipleri iki türlü olmaktadır. Birinci grup hastaların tedavileri boyunca hastanelerde kalmaları gerekmektedir, ikinci grup hastaların tedavileri ise ayakta yapılabilir türden olup hastalar aynı gün sağlık kurumundan ayrılmaktadırlar. Birinci grup hastaların (yataklı sağlık hizmeti alan hastalar)

talepleri de iki türlü olabilmektedir. Yataklı tedavi görecektir düzenli (beklenen) hastalar ve düzensiz (beklenmeyen) gelen hastalar. Her iki tip grubun taleplerinin karşılanması için yatak kapasitesi, hastaneler için belirli bir yatak kullanım oranı dâhilinde belirlenmelidir [Jun ve ark., 1999].

Literatürde yapılan çoğu yatak kapasitesi planlama çalışması, talebi karşılamak ve hastaların farklı yerlere yatırılmalarını engellemek için yapılmıştır. Hastaneler bu durumda, hasta taleplerini karşılamak üzere yatak bulundurma ile yüksek yatak kapasite kullanımı arasında ödünleşim yapmak zorundadır.

Butler ve arkadaşları, benzetim yaklaşımını, yatırılmaları gereken yerde yatak bulunmamasından dolayı farklı yerlere yatırılan hastaları analiz etmek için kullanmışlardır. Çalışmada, hastaların sağlık kurumunda kalış sürelerini kısaltarak ve hasta gelişlerini düzgünleştirerek farklı yerleştirmelerde azalma olacağı sonucu çıkmıştır [Butler ve ark., 1992]. Butler ve arkadaşlarının yaptığı diğer bir çalışmada ise araştırmacılar, en uygun yatak sayısını bulmak için kuadratik tam sayılı programlama ve benzetim modellemesinden oluşan 2 aşamalı bir çözüm önermişlerdir [Butler ve ark. 1992b].

Yapılan diğer bazı çalışmalarda, benzetim tekniğini, hastanenin kritik bölümlerindeki (ameliyat odaları gibi) yatak sayısını belirlemek için kullanan çalışmalar incelenmiş ve birçok modelin hastanenin bölümleri arasındaki ilişkileri yansıtmadığı ve model geçerliliğinin gerçek verilerle yapılmadığı sonucu çıkarılmıştır [Lowery, 1992 - Lowery, 1993 - Lowery ve Martin, 1992].

Dumas yaptığı çalışmalarda hastanenin belirli bölümlerinin arasındaki ilişkileri modele yansıtarak, 2 farklı yatak kapasitesi planlama kuralını karşılaştırmıştır [Dumas, 1984 - Dumas, 1985]. Cohen ve arkadaşları ise hastaların durumları değiştikçe yattıkları bölümlerin de değişebileceği bir yatak planlama politikasını incelemiştir [Cohen ve ark., 1980]. Zilm ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada tüm hastanede değil, sadece ameliyathanedeki talepleri karşılamak üzere benzetim ile yatak sayısını belirlemeye çalışmıştır [Zilm ve ark., 1983]. Yapılan diğer bir

çalışmada, benzetim tekniği ile en uygun yatak sayısının ve hemşirelerin en uygun vardiya değişim politikasının bulunması amaçlanmıştır [Romanin-Jacur ve Facchin, 1987].

Gabaeff ve Lennon, çalışmasında hasta tipleri ve karakterleri bilgisi için veri tutma çalışması yapmıştır [Gabaeff ve Lennon, 1991]. Vassilacopoulos, yatak kapasitesi planlamasında benzetim tekniğini kullanmıştır [Vassilacopoulos, 1985]. Yapılan bazı çalışmalarda ise acil bölümlerinde benzetim tekniği ile yatak kapasitesi planlaması yapılmıştır. Karar vericiler, benzetim tekniğini değişik politikaları kıyaslamada kullanmışlardır [Altinel ve Ulas, 1996 - Freedman, 1994 - Lennon, 1992 - Williams, 1983].

Son yıllarda, dünyada ayakta tedavi veren sağlık kurumlarının sayısı artmaktadır. Büyük hastaneler de yavaş yavaş ayakta (yataksız) tedavi veren sağlık kurumları açmaktadır. Benzetim tekniği, yeni kurulacak bu kurumların planlamasında etkin bir rol oynamaktadır. Currie ve arkadaşları ile Kwak ve arkadaşları hastanelerin bölümlerinin kapasitelerini belirlemede benzetim tekniğini kullanmışlardır [Currie ve ark., 1984 - Kwak ve ark., 1975]. Olson ve Dux ise genişletilecek ameliyathaneler için benzetim tekniğini kullanmışlardır [Olson ve Dux, 1994]. Benzer bir çalışmada Amladi, yeni bir yataksız hizmet verecek sağlık kurumunun açılmadan önce büyüklük ve kapasite planlama çalışması için benzetim tekniğini kullanmıştır [Amladi, 1984]. Diğer bir çalışmada ise, 11 farklı senaryo kıyaslanmış ve hazır bulunan oda sayısının talepleri karşılamada yeterli olduğu sonucu çıkarılmıştır [Meier ve ark., 1985]. Paralel bir çalışma yapan Iskander ve Carter da mevcut sistemin hasta taleplerini karşılamada yeterli olduğu ancak bekleme salonunun yetersiz olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır [Iskander ve Carter, 1991].

Kletke ve Dooley hizmet seviyesinin ve kullanım oranlarının oda ve hemşire sayısı üzerindeki etkilerini benzetim yoluyla araştırmıştır [Kletke ve Dooley, 1984]. Yapılan başka bir çalışmada ise araştırmacılar var olan 2 departmanın bir kurum altında birleştirilmesini benzetim tekniği ile test etmişler ve kapasitenin, birleşme halinde yetersiz kalacağını belirtmişlerdir [Mahachek ve Knabe, 1984].

Hizmet kurumlarının temel bir özelliği emek yoğun bir şekilde çalışmalarıdır. Sağlık kurumlarında, hizmetlerin sağlanmasının temel kaynağı çalışan kalifiye personeldir. Bir sağlık kurumunda hizmet kalitesi, hastalara bilimsel standartlara uygun bir hizmet verilmesidir. Hizmet kalitesinin artırılmasında en büyük pay personele aittir. Bu durum da, sağlık kurumlarında kalifiye personel sayısını belirlemenin önemli olduğu sonucunu çıkarmaktadır. Hasta taleplerini karşılama ile personelin yetersiz kullanım oranlarına sahip olmaları arasında bir ödünleşimin yapılması gereken sağlık sistemlerinde benzetim bu ödünleşimi yaparken kullanılacak en etkili araçlardan birisidir.

Acil bölümlerinde, personel sayısını belirlemede birçok benzetim çalışması yapılmıştır. Badri ve Hollingsworth acil bölümündeki personel sayısı ve hasta geliş desenleri ile ilgili değişik senaryoları incelemiş ve en baskın senaryoyu uygulamıştır [Badri ve Hollingsworth, 1993]. Klafehn ve Owens ise hastanelerin acil bölümlerindeki hasta akışları ile personel sayısının ilişkisine dikkat çekmiş ve bir hemşirenin normal bir departmandan acile geçmesi bile hasta beklemelerini azalttığını belirtmişlerdir [Klafehn ve Owens, 1987 - Klafehn ve ark., 1989]. Liyanage ve Gale, hastane acil bölümünde yaptıkları çalışmada hasta varış zamanlarının dağılımını, hastaların bekleme zamanlarını ve servis zamanlarını tahmin etmeye çalışmışlardır. Bu parametreler daha sonra, benzetim modelinde kullanılmış ve beklenen hasta bekleme zamanı ve doktorların boş kalma oranları hesaplanmıştır [Liyanage ve Gale, 1995]. Gonzalez ve Perez ise acil bölümünde, personel sayısının, hasta varış oranlarının ve servis zamanlarının farklı olduğu 8 alternatifi benzetim tekniği ile karşılaştırıp hasta varışlarının saatte 12 hastayı geçmemesi gerektiği sonucuna varmışlardır [Gonzalez ve Perez, 1994]. Farklı çalışma olarak Bodtker ve arkadaşları ile Godolphin ve arkadaşları daha iyi donanımların olması halinde personel sayısında azaltma yaparak da istenilen sonuçlara ulaşılabileceğini göstermişlerdir [Botker ve ark., 1992 - Godolphin ve ark., 1992].

Sağlık kurumları alanında yapılan diğer bazı çalışmalarda da radyoloji laboratuvarında hasta akışlarının iyileştirilmesi için personel sayıları belirlenmiştir

[O’Kane, 1981 - Klafehn, 1987 - Coffin ve ark., 1993]. Klafehn ve Connolly personel sayıları üzerinden yaptıkları senaryoları değerlendirmiş ve daha çok eğitilmiş personelin olması halinde, hasta beklemelerinin azaldığını göstermişlerdir [Klafehn ve Connolly, 1993]. Vemuri ile Ishimoto ve arkadaşları, benzetim tekniğini kullanarak hastanenin eczane bölümünde, hastaların bekleme zamanlarını azaltacak en uygun personel sayısını bulmuşlardır [Vemuri, 1984 - Ishimoto ve ark., 1990]. Hashimoto ve Bell ise, zaman etüdü çalışmasıyla topladıkları verileri kullandıkları benzetim modeliyle yataksız sağlık hizmeti veren bir kurumu modellemişlerdir. Bu yöntemle, doktor ve personel sayılarının artmasıyla hastaların sağlık kurumunda kalma süresinin azalacağını göstermişlerdir [Hashimoto ve Bell, 1996]. Wilt ve Goddin, sağlık kurumundaki hastaların bekleme oranlarını dikkate alarak personel sayısını belirlemiştir [Wilt ve Goddin, 1989]. Swisher ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, performans ölçütü olarak, hizmet verilen hasta sayısı, hastaların bekleme zamanları, personel kullanım oranları ve kurumun yaptığı fazla mesaiyi kullanmışlardır. Belirli durumlarda, seçilen sağlık kurumuna destek personelinin atanmasıyla, performans ölçütlerinde iyileşmelerin olduğunu göstermişlerdir [Swisher ve ark., 1997].

Aggrawal ve Stafford çalışmasında, tek bir kurumu değil birçok kurumun olduğu bir benzetim modeli geliştirmiştir. Yedi performans ölçütünün kullanıldığı çalışmada hastaların varışlar arası zamanlarının günün saatine bağlı olarak değişen ortalamalı negatif üstel olduğu, hizmet zamanlarının ise Erlang olarak dağıldığını göstermişlerdir. Ellerindeki verileri kullanarak, eczane bölümüne bir personelin daha eklenmesinin etkilerini araştırmışlardır. Sonuç olarak, kurumlardaki personel sayısının, hizmet verilen hasta sayısı üzerine ve hastaların bekleme zamanlarına büyük etkisi olduğu görülmektedir [Aggrawal ve Stafford, 1976].

Diğer analitik yöntemler gibi en uygun çözümü sağlamayan benzetim tekniği, belirlenen performans ölçütlerinin tahmininde kullanılan ve belirlenen alternatif sistemleri karşılaştırma imkânı sağlayan bir çözüm yöntemidir. Karmaşık sistemlerin analizinde, optimizasyon veya benzetim tekniklerinin kullanmanın çeşitli avantajları ve dezavantajları olmaktadır. Davies ve Davies, yaptığı araştırmada, sağlık

sistemlerinin karmaşık yapısından dolayı bu sistemlerin analizinde benzetim tekniğinin kullanılmasının avantajlı olduğunu belirtmişlerdir [Davies ve Davies, 1994]. Optimizasyon teknikleri karmaşık sistemleri modellemede çoğu zaman birçok varsayımlara ihtiyaç duymaktadır. Ancak benzetim çalışmaları da zaman, maliyet ve veri gereksinimi açısından dezavantajlı durumdadır.

Bazı sağlık kurumları araştırmacıları bu iki tekniği birleştirerek çözüm aramaktadırlar. Carlson ve arkadaşları, Kropp ve arkadaşları ile Kropp ve Hershey, yaptıkları çalışmalarda, ilk önce optimizasyon teknikleri ile buldukları sonuçları daha sonra benzetim modellerinde kullanmışlardır, sonraki aşamada bu sonuçlar ile çalıştırılan benzetim modellerinden aldıkları verileri tekrar optimizasyon teknikleriyle çözüme ulaştırmışlardır [Carlson ve ark., 1979 - Kropp ve ark., 1978 - Kropp ve Hershey, 1979]. Örneğin, Butler ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, tesis yerleşimi için ikinci dereceden bir tam sayılı programlama kullanılmış, ardından çeşitli çizelgeleme ve atama problemleri benzetim tekniği ile çözülmüştür [Butler ve ark., 1992 - Butler ve ark., 1992b].

2.2. Kan Bankalarıyla İlgili Yapılan Çalışmalar

Yataksız hizmet veren sağlık kurumları alanında yapılan çalışmalar, hastaların memnuniyetini artırma, sunulacak hizmetlerin çeşitlerini belirleme, hasta kabul ve akışlarını düzenleme, kaynak kullanım oranlarının artırılması ve hizmet kalitesi gibi alanlarda yapılmıştır.

Dünyada, kan bağışlarının artırılmasına yönelik araştırmalardan uygun stok seviyelerinin tespitine kadar birçok araştırma yapılmış olup, kan bankası stoklarının etkin ve verimli yönetilmesi için yapılan çalışmalar son yıllarda hız kazanmıştır. Literatürde kan bankaları ile ilgili olarak yürütülmüş olan çalışmaların önemli bir kısmının, talepleri zamanında karşılayabilmek için yeterli stok bulundurma ile fazla stoktan dolayı bozulmaları dengeleyecek stok politikaları belirleme üzerine odaklandığı görülmektedir. Kan bankalarının iyi yönetilmesi ihtiyacının temel

sebepleri kan bankalarında depolanan ve hayati önem taşıyan kan ürünlerinin raf ömürlerinin sınırlı ve bağış miktarlarının yeterbsiz ve belirsiz olmasıdır.

Kan bankalarına gelen talepler tüm kan guruplarından olabileceği için her bir kan grubuna ait stoğun, talepleri zamanında karşılayacak şekilde yönetilmesi önemlidir. Aynı zamanda kısa raf ömürlerinden dolayı (örneğin trombosit için 5 gün, kırmızı kan için 42 gün) gereğinden fazla stok bulundurulması durumunda kan ürünlerinin raf ömürlerini doldurduktan sonra kullanılmaz hale gelmesi ve imha edilmesi söz konusudur.

Kan merkezlerinde yapılan önemli işlemlerden birisi olan cross-match işleminde stoktaki kan ile ihtiyaç duyulan kanın uygunluğu test edilir. Hastaneden bir hasta için kan talebi geldiği zaman bu hastaya uygun olan kan serbest stoktan çıkmakta ve cross-match işleminden sonra atanmış stoğa (hasta adına) aktarılmaktadır. Atanmış stokta bulunan kan ürünleri belirli bir süre içerisinde hastaya nakledilmediği takdirde diğer talepleri karşılamak üzere tekrar serbest stoğa aktarılır. Arada geçen bu zamana cross-match çevrim periyodu (cross-match release period) denilmektedir. Atanmış ürünlerin nakledilen kan ürünlerine oranı (atanmış stoğa aktarılan/nakledilen kan) genellikle azaltılmaya çalışılır.

Kan bankalarında yapılan önemli işlemlerden olan cross-match işlemi için literatürde birçok politika incelenmiştir. Yaşlı kan ürününü, bu ürünü kullanma ihtimali daha düşük olan hastaya ayırmak o ürünün gününün geçmesi ihtimalini artırmaktadır [Prastacos, 1984]. Jagannathan ve Sen, imha edilen ürünleri ve karşılanamayan talepleri belirleyen bir model geliştirmişlerdir. Bu modelde, atanmış stoktan nakledilen kan oranları ve nakledilmeyen kan ürünlerinin atanmış stokta kaç gün beklediği gibi bazı parametreler kullanılmıştır. Model kan bankasının kabul edilebilir stok düzeyini belirlemektedir [Jagannathan ve Sen, 1991].

Cross-match yapılan tüm ürünlerin kullanıldığı varsayımı ile Pierskalla ve Roach en yaşlı kan ürününü kan nakilleri için kullanmayı (FIFO) önermiş, böylece ortalama imha oranını azaltmaya çalışmıştır [Pierskalla ve Roach, 1981].

Brodheim ve Prastacos talep ile kullanım miktarlarındaki farklılıklara odaklanarak imha oranlarını düşürecek bir FIFO politikası önermişlerdir. Başka bir politika olarak aynı gruptan iki hastaya ayrı ayrı ürünleri atamaktansa, en az bir ürünü paylaşmayı önermektedir [Brodheim ve Prastacos, 1980]. Dumas ve Rabinowitz ise tıbbi olarak uygun olduğu durumlarda RH- bir kanı RH+ hastaya verme politikasını önermektedir [Dumas ve Rabinowitz, 1977]. Kan kaynaklarını taleplere en iyi şekilde atamayı sağlamak için Angelis ve arkadaşları çok dönemli, çok ürünlü, çok amaçlı bir doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir [Angelis ve ark., 2001].

Kros ve Pang bir karar destek sistemi geliştirerek kullanıcıların kan bankası işlemlerini analiz edebilmesini sağlamışlardır [Kros ve Pang, 2004]. Pitocco ve Sexton 70 kan merkezinin verimliliğini ölçmek için veri zarflama analizini kullanmışlardır [Pitocco ve Sexton, 2005].

Pierskalla kan merkezlerinin merkezileşmesi ile ilgili analizler yapmış, avantaj ve dezavantajları karşılaştırmıştır. Merkezileşmenin taşımaya, yer seçimine ve yerleşime olan etkileri incelenmiştir [Pierskalla, 1979]. Bu konuda Xu ise bir yer seçimi modeli önermiştir [Xu, 1999].

Kendall ve Lee kan ve kan ürünlerinin merkezler arasındaki rotasyonu ile ilgili politikalar önermişlerdir. Araştırmacılar birçok amacı aynı anda gerçekleştirmek için hedef programlama modeli geliştirmişlerdir [Kendall ve Lee, 1980].

Kan ürünlerine olan arz ve talebin rastsal yapısından dolayı, hastane kan merkezleri stoklarını etkin yönetmeye ihtiyaç duymaktadırlar. Bu doğrultuda yapılan bazı çalışmalarda ihtiyaç ve kullanımların istatistiksel olarak davranışları tespit edilmeye çalışılmıştır [Prastacos, 1984]. Bu çalışmalara örnek olarak, Elston ve Pickrel Kuzey Carolina Hastanesinin günlük taleplerini Poisson ve taleplerin büyüklüklerini de lognormal dağılımları ile modellemiştir [Elston ve Pickrel, 1963]. New York Hastanesinin talep büyüklüklerini modelleyen Rabinowitz ve Valinsky geometrik dağılım kullanmışlardır [Rabinowitz ve Valinsky, 1970]. Yen ise Chicago hastanesinin günlük toplam talebinin Neyman A rastsal değişkenine benzediğini

tespit etmiştir [Yen, 1975]. Barcelona'daki bir hastaneden elde edilen verileri kullanan Pereira, kırmızı kan talebi için bir ARIMA modeli önermiştir [Pereira, 2004].

Oslo Kan Bankası'na gelen donörlerin sayısının tahmini için Bosnes ve arkadaşları bir regresyon modeli geliştirmişlerdir. Bu çalışma ile kan vermek için gelen donörlerin bekleme zamanlarının azaltılması hedeflenmiştir [Bosnes ve ark., 2005].

Kan bankalarında kırmızı kan hücreleri dondurularak yaklaşık iki seneye kadar saklanabilmektedir. Dondurma işlemi oldukça maliyetli olsa da, bunun israfi engelleme yönü ve güvenilirliği bazı çalışmalarda incelenmiştir. [Pegels ve ark 1977 - Bodily, 1979 - Cumming ve ark., 1976].

2.3. Kan Bankalarında Yapılan Benzetim Çalışmaları

Kan bankaları ile ilgili öncü bir benzetim çalışmasında Elston ve Pickrel Kuzey Carolina Hastanesinden temin edilen verilerle kabul edilebilir stok seviyesini belirlemiş ve diğer yönetim politikalarını test etmiştir [Elston ve Pickrel, 1965].

Jennings hastane kan bankası performansını ölçmek için ve Brodheim ve arkadaşları ise günlük talebi karşılayacak olan bir stok modeli geliştirmek için benzetim tekniğini kullanmışlardır [Jennings, 1968, - Jennings, 1973, - Brodheim ve ark., 1976].

Cohen ve Pierskalla imha ve talep karşılayamama için bir ceza maliyeti atayarak benzetim testleri yapmış ve stok seviyelerini belirlemeye çalışmışlardır. Bu çalışmada, stok seviyelerine etki eden üç önemli faktör olarak, ortalama günlük talep, ayrılmış stoktan nakledilen kan ürünlerinin sayısı ve cross-match çevrim periyodu belirlenmiştir [Cohen ve Pierskalla, 1979].

Brennan ve arkadaşları Kızıl Haç Örgütü'nün gezici kan bankalarında donörlerin bekleme zamanlarını azaltmaya yönelik olarak değişik stratejileri yaptıkları benzetim çalışmasıyla karşılaştırmışlardır [Brennan ve ark.,1992].

Trombosit stoklarının miktarını belirlemek için Hesse ve arkadaşları dinamik programlama yaklaşımını kullanmış ve elde edilen sonuçları benzetim tekniği ile test etmişlerdir [Hesse ve ark., 1997]. Haijema ve arkadaşları ise markov dinamik programlama ile benzetim tekniğini birleştirmişlerdir [Haijema ve ark., 2007].

Katsaliaki ve Brailsford kan bankası stoğunun yönetimi için çeşitli politikaları incelemiş, prosedür ve çıktıların iyileştirilmesi amacıyla benzetim çalışması yapmışlardır [Katsaliaki ve Brailsford, 2007].

Hastane sistemlerinin ele alındığı çalışmalarda hastaların takip ettiği akışlar ve hasta kabul verileri çok karmaşık yapıdadır ve bu çalışmalarda bu verilerin elde edilmesi çok zaman almaktadır [Cote, 1999].

Kan bankalarında ise bu karmaşıklığın aksine, yapılan çalışmalardan da görüleceği üzere [Breannan ve ark., 1992 – Pratt ve Grindon, 1982] hasta akışları çok karmaşık yapıda değildir.

3. PROBLEMİN TANIMI VE AMAÇLARI

Sistem, belirli bir amaca yönelik, karşılıklı ilişkileri olan ögelerin oluşturduğu bir bütündür. Sağlık sistemi denildiğinde ise, başta hastaneler olmak üzere sağlıkla ilgili pek çok kuruluş, sağlık personeli ve hastalar akla gelmektedir. İnsan gücü, malzeme, fiziksel ve maddi kaynaklar açısından sağlık sistemi büyük bir endüstridir. Nüfus artışına bağlı olarak talebin artması, tedavi yöntemlerindeki ve teknolojiadaki gelişmelerin hastanelere uyarlanması, sağlık sistemlerinin yeniden tasarlanması ve iyileştirilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır [Eldabi ve ark., 2007].

Sistemlerin üç temel elemanı bulunmaktadır. Bunlar; sistemin ögeleri, ögeler arası ilişkileri ve sistemin amacıdır. Ögeler, sistemi oluşturan bileşenlerdir. Ögeler arası ilişkiler, ögelerin karşılıklı oluşturduğu etkileşimlerdir. Sistemin amacı ise, elde edilmek istenen sonuçlardır. Sağlık sisteminde, öge olarak personel ve hastalar, ögeler arası ilişki olarak uzmanlık dalı ve amaca örnek olarak ise sağlık hizmeti vermek gösterilebilir.

Sistemlerle ilgili diğer bir özellik de her sistemin içinde bulunduğu bir üst sistemin varlığıdır. Dolayısıyla bütün sistemler kendilerini oluşturan daha küçük alt sistemlere ayrılabilir.

Bu çalışmada, *hastane sisteminin* bir alt sistemi olan *kan merkezi sisteminde* donörlerin kan bağışı için muayene olup kan verdikten sonra ayrıldığı *kan bağış alt sistemi* incelenip analiz edilmiştir.

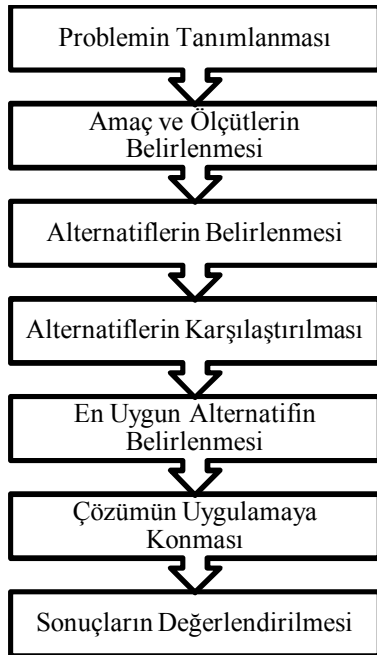
Tezin yapılma amaçları ise aşağıdaki sorularla belirlenmiştir;

1. Sistemdeki darboğaz süreçler nelerdir ve bu süreçlerde ne tür iyileştirmeler yapılabilir?
2. Sistemin her aşamasındaki personel sayısı ne olmalıdır?
3. Kan merkezindeki personelin iş atamaları nasıl olmalıdır?

Kan bankası işgücü planlama problemi, hemşire ve idari personel sayılarını belirleme işlemlerini içermektedir ve bu problem verilen sağlık hizmetlerinin kalitesinde büyük rol oynamaktadır. İnsan gücü planlaması da bir tür kapasite planlamasıdır çünkü insan da sistemin bir kaynağıdır. İnsan gücü planlaması sağlık kuruluşlarının geleceği açısından çok büyük önem taşımaktadır. İnsan gücü planlamasının temel hedefi, işletmenin faaliyetlerini aksatmayacak şekilde sürdürebilmesi için gerekli insan gücünün belirlenmesidir.

Sağlık sistemlerinde mevcut kapasiteye, kurumlara gelen hastalar tarafından ihtiyaç duyulur. Kapasite planlama problemlerine ek olarak sağlık kurumlarına gelen hastalar yani sağlık sistemlerinin talepleri düzensiz ve rastsal yapıdadır. Sağlık sistemlerinin taleplerindeki düzensizlik ve değişkenlik dolayısıyla darboğazların ve kuyrukların oluşması kaçınılmazdır.

Ayrıca, sağlık kurumlarının istenen kalitede hizmet sunabilmesi için ihtiyaç duyduğu kaynaklardan finansman, iş gücü, bina ve donanım (makine teçhizat ve malzemelerin) sayılarına karar verilmesi gerekmektedir. Bu ve bunlara benzer problemlerde etkili bir karar verebilmek için de Şekil 3.1'deki aşamalar izlenmelidir [Kavuncubaşı ve Kısa, 2007]. Tez çalışmasında, bu aşamalar takip edilerek sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır.



Şekil 3.1. Karar verme aşamaları

3.1. Hacettepe Üniversitesi Kan Merkezi

Hacettepe Üniversitesi Kan Merkezi 2001 yılında, Erişkin Hastanesi’nde kurulmuştur. Kan Merkezi öncelikle Hacettepe Üniversitesi Hastaneleri’nin daha sonra da diğer kan bankalarının ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla faaliyetlerini sürdürmektedir. Bu merkezde donörlerden kan alma işlemlerinin yanında, alınan kanı bileşenlerine ayırma, bileşenlerine ayrılmış kan ürünlerini depolama gibi işlemler de yapılmaktadır (Çizelge 3.1) .

Çizelge 3.1. Hacettepe Üniversitesi Kan Merkezinde yapılan işlemler

İşlemler	İşlemin Yapıldığı Alt Sistem
Donör gelişleri	Kan Bağış Sistemi
Kan alımı	Kan Bağış Sistemi
Donör muayenesi	Kan Bağış Sistemi
Aferez trombosit alımı	Aferez Bağış Sistemi
Kanı bileşenlerine ayırma	Laboratuvar Sistemi
Kan bileşenlerini depolama	Laboratuvar Sistemi
Kan testleri	Laboratuvar Sistemi
Eliza testi	Laboratuvar Sistemi
Trombosit yıkama	Laboratuvar Sistemi
Işınlama	Laboratuvar Sistemi
Yönetim işlemleri	Yönetim

Hacettepe Üniversitesi Kan Merkezi, burada yapılan işlemlere göre 4 alt sisteme ayrılabilir. Bu sistemler; donör kayıtlarının ve muayenelerinin yapıldığı, kan bağışlarının alındığı *kan bağış sistemi*, aferez trombosit bağışlayacak donörler ile ilgili işlemlerin yapıldığı *aferez bağış sistemi*, kanı bileşenlerine ayırma, bileşenleri depolama ve test gibi bağışın donörden alınmasından sonra kan üzerinde yapılacak tüm işlemlerin yapıldığı *laboratuvar sistemi* ve son olarak yapılan bütün işlemlerin yönetildiği, hastane ile koordinasyonun sağlandığı *yönetim sistemleridir*.

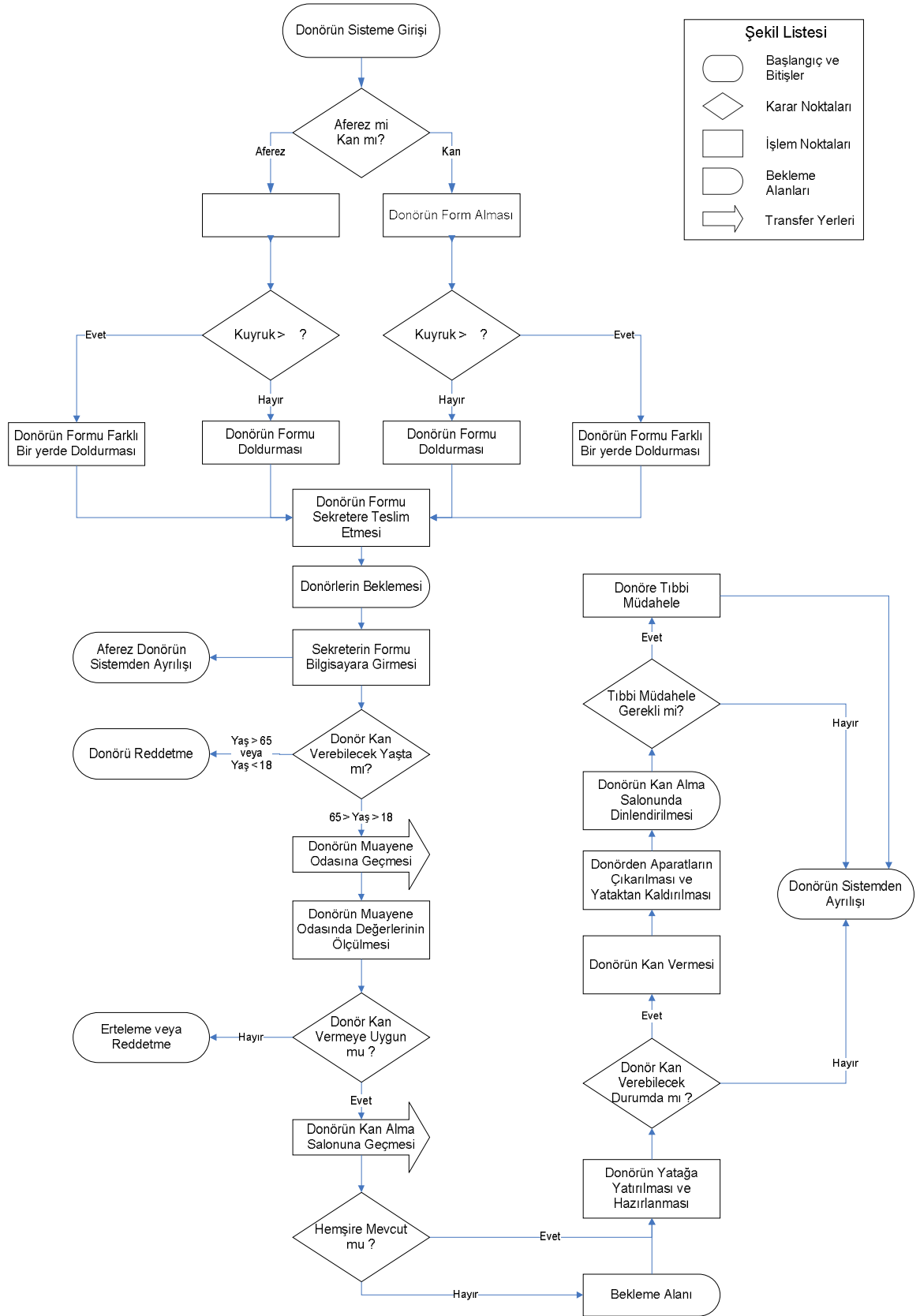
Son yıllarda artan sağlık maliyetleri ile birlikte, verilen sağlık hizmeti kalitesinin de artması gerekliliği, hastane yöneticilerinin gelen hastaları daha çok memnun etmesi zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Kan merkezi doktorları ve çalışanları ile yapılan ayrıntılı görüşmeler, sistemin uzun süre ve dikkatle gözlemlenmesi sonucu, yapılan çalışmada, gelen donörlerin sistemden memnun ayrılması ve çalışanların motivasyonunu artırmak amacıyla, kan merkezi sisteminin *kan bağış alt sisteminin* incelenmesine ve modellenmesine karar verilmiştir.

3.2. Kan Bağış Sisteminde İş Akışı

Kan bağış sisteminin iş akışının oluşturulması amacıyla, burada uygulanan iş atamaları, iş kuralları ve fiziksel yerleşim uzun süre ve dikkatle incelenmiştir. Hacettepe Üniversitesi Hastaneleri Kan Merkezi'nin karmaşık yapısından dolayı, iş ve hasta akışları 40 gün süreyle gözlemlenmiştir.

Gözlemlene çalışması yapılırken, hiçbir işin aksamamasına, personel ile donörlerin işlerini bölmemeleri için özen gösterilmiştir. Yapılan ayrıntılı gözlemler ve soru-cevap tarzı mülakatlar sonunda, kan merkezinin çalışma saatleri, personel sayıları ve iş atamaları hakkında bilgiler toplanmıştır. Toplanan bu bilgiler, iş akışının ve benzetim modelinin, oluşturulmasında ve geliştirilmesinde kullanılmıştır.

Aşağıda, gözlemler sonunda oluşturulan iş akış şeması verilmiş (Şekil 3.2), bu bölümün devamında iş akış şeması ayrıntılarıyla anlatılmıştır.



Şekil 3.2. Kan merkezi iş akış şeması

Kan Bağış Sisteminin Alt Süreçleri

Bu çalışmanın benzetim modelini kurma ve geliştirme aşamasında, kan bağış sisteminin gözlemlenmesi ile oluşturulan kan merkezi kan bağış alt sisteminin iş akış diyagramından yararlanılmıştır (Şekil 3.2).

3.2.1. Donör geliş ve kayıt süreci

Kan merkezi kan bağış sistemine haftanın 7 günü 24 saat boyunca gelebilen donörler, öncelikle yapacağı bağış türüne göre (kan bağış veya aferez trombosit bağış) farklı odalardan form almaktadır. Kan merkezine gelen bütün donörlerin doldurmak üzere aldıkları formları, donörler sekreterlikte bulunan 10 kişilik alanda doldurmaktadır, ancak bütün yerlerin dolu olması durumunda ve ayakta bekleyenlerin oluşturduğu kuyruk nedeniyle, eğer ayakta bekleyenlerin sayısı 3'ten fazlaysa, donörler formunu bu alanda değil, dışarıda farklı bir yerde doldurabilmektedir.

Donörlerin muayene aşamasından önce doldurdıkları bu formda, donörlerin kayıtlarının tutulması için kişisel bilgilerinin yanında, muayene aşamasında gözden geçirilmek üzere cevapladığı sorular bulunmaktadır. Bu sorular donörün sağlık geçmişinin anlaşılmasına yöneliktir.

Kan bağış ve aferez bağış için gelen donörler tarafından doldurulması gerekli formlar farklı olduğundan dolayı donörlerin bu formları doldurma zamanları da farklı olmaktadır. Dışarıdaki veya içerdeki alanda formunu dolduran donörler formlarını, kimlikleri ile birlikte buradaki sekretere teslim etmektedir. Formunu teslim eden ve kan bağış için gelen donörler, formlarının bilgisayara girilmesinin ardından muayene odasındaki hemşirenin kendilerini çağırmasına kadar bu alanda beklemektedir. Aferez trombosit bağış için gelen donörler de formları bilgisayara girilinceye kadar bu alanda beklemektedir.

Kan bağış için gelen donörlere sekreter yaş kontrolü yapmakta, eğer donörün yaşı 18 ile 65 arasında değil ise sekreter yaşı uygun olmayan donörün kan bağışını bu

aşamada erteleyebilmektedir. Bilgisayara girme işlemi sonunda ise sekreter donörlere kimliklerini geri vermektedir.

Formları bilgisayara girilen aferez trombosit bağıışı yapacak donörler, bu aşamada incelenen sistemden ayrılmakta ve aferez trombosit bağıışının yapıldığı başka bir bölüme geçmektedir. Çalışmada aferez trombosit bağıışı için gelen donörler bu aşamadan sonra incelenmemiş olup modelde bulunmamaktadır. Formları bilgisayara girilen kan bağıışı için gelen donörler ise, sıraları geldikçe iki adet olan muayene odasındaki hemşireler tarafından tek tek çağırılmaktadır.

3.2.2. Donör muayene süreci

Doldurduğu formu bilgisayara girilen ve yaşı kan vermeye uygun olan donörler, hem muayene odası hem de muayene eden hemşire uygun olduğunda muayene odasına geçmektedir.

Muayene odalarında donörlerin kilo, nabız, ateş ve hemoglobin düzeyi gibi fiziksel ölçümleri yapılmaktadır. Bu aşamada, donörü muayene eden hemşireler, donörün ölçülen değerlerinin kabul sınırlarının dışında kalmasından dolayı veya donörün formda cevapladığı sorulara bağlı olarak, o donörün kan bağıışlamasını belirli bir süre için erteleyebilmektedir. Kan vermesi uygun olmama nedenine göre bu süre 1 gün, 3 ay, ömür boyu vb şekillerde olabilmektedir. Kan vermesi uygun olmayan donörler sistemden bu aşamada ayrılmaktadır. Muayene odasında, donörlerin vereceği her ünite kan için bilgisayarda bir etiket basılmaktadır. Muayene odasındaki hemşireden “kan vermeye uygundur” onayını alan donörler, etiketleri basılıp, kanlarının alınması için gerekli aparatları kendilerine verildikten sonra, kan alma salonuna yönlendirilmektedir.

3.2.3. Kan alma süreci

Aparatlarıyla kan alma salonuna geçen donörler, uygun bir hemşirenin kendisini çağırmasına kadar bekleme alanında beklemektedir. Daha sonra, boşta olan bir

hemşire donörü uygun olan yatağa yönlendirip kan alma aparatlarını hazırlamaya başlamaktadır. Aparatları hazırlayan hemşire, donöre kan alma süresince ne yapıp ne yapmaması gerektiğini de anlatıp kan alma işlemine başlamaktadır. Kan alma süresi boyunca hemşire donörün yanından ayrılmaktadır.

Donöre iğnenin saplanması anına kadar geçen *donör hazırlama süresi* bittiğinde hemşire donörün yanından ayrılmakta ve donör kan vermeye başlamaktadır. Kan verme işlemi sırasında donör sadece yatağı işgal etmektedir.

Bazı durumlarda, hemşire donörü kan vermeye hazırlarken donör, heyecanlanma, kan vermekten vazgeçme veya bayılma gibi nedenlerle kan veremeyebilmektedir. Bu donörler donör hazırlama süresi sonunda sistemden ayrılmaktadır.

Donörün damar yapısına, nabzına vb nedenlere bağlı olarak süresi değişen kan alma işlemi sona erdiğinde, aparatların bağlı olduğu cihaz sesli ikaz vermektedir. İkazı duyan bir hemşire donörden iğneyi çıkartmak ve kanın toplandığı aparatları laboratuvara göndermek üzere hazırlamak için donörün yanına gelmektedir. Bu aparatları çıkarma süresi esnasında, donör yatakta yatmakta ve hemşire donörden iğneyi çıkartıp aparatları hazırlayana kadar donör her iki kaynağı da (yatak ve hemşire) kullanmaktadır. Donörün kan verme işleminden sonra yatağı ve hemşireyi aynı anda meşgul ettiği bu süre de benzetim modelinde *yataktan kalkma süresi* olarak tanımlanmıştır. Bu süre sonunda, hemşire donörü kan alma salonundaki bekleme alanına, dinlenmesi amacıyla yönlendirmektedir.

3.2.4. Dinlenme ve sistemden ayrılma süreci

Kan verme işlemi sona eren ve yataktan kalkan donörler, hem dinlenmeleri hem de kan verme sonrası oluşabilecek rahatsızlıklara anında müdahale edilebilmesi amacıyla bir süre kan alma salonunda bulunan koltuklarda dinlendirilmektedir. Donör dinlenme süresini, şekerli yiyecekler yiyerek ve gün içinde uyması gereken talimatları okuyarak geçirmektedir Bu süre içinde, tıbbi müdahale gereken donörlere

hemşireler müdahale etmekte, müdahale gerekmeyen donörler ise dinlenmeleri bittiğinde kan alma salonundan ve sistemden ayrılmaktadır.

3.3. Sistemde Karşılaşılan Problemler

Sistemin gözlemlenmesi sonunda oluşturulan iş akış şeması, ileriki aşamada benzetim modelinin kurulmasında kullanılmıştır. Yapılan gözlemler ve mülakatlar sonunda, kan merkezinde, sekreterlik bölümünde çalışan 1 sekreter, muayene odalarında görevli 2 hemşire ve kan verme salonunda 3 adet hemşirenin bulunduğu bilgisi elde edilmiştir. Muayene odalarında donörleri muayeneden görevli hemşirelerin belirli periyotlarla kan verme salonundaki diğer hemşireler ile iş değişikliği yaptığı ancak bu zamanlar dışında her hemşirenin sadece kendi işlerini yaptığı anlaşılmıştır. Bir hemşire muayene odasında görevliyse, bu hemşire boş olsa dahi, kan verme salonundaki işler için kullanılamamaktadır. Kan merkezinde ayrıca, sekreterlikte 10 bekleme koltuğu, kan alma salonunda kan veren donörlerin dinlenmesi için ise 4 adet dinlenme koltuğu ve 7 adet yatak bulunmaktadır.

Çalışan personeller ile yapılan ilk görüşmeler sonunda, sekreterliğin çoğu zaman diğer işlemlerden (muayene ve kan alma) daha kalabalık ve yoğun olduğu, dolayısıyla sekreterin diğer personele göre daha çok çalıştığı bilgisi elde edilmiştir. Bu dengesiz iş yükünün negatif etkisi çalışanların performans ve motivasyonunu düşürdüğü görüşmeler sonunda anlaşılmış ve tez çalışmasında incelenecek bir problem olarak belirlenmiştir.

Personel iş yüklerinin dengesizliğine bağlı olarak, donörlerin sistemdeki bekleme zamanlarının da yüksek olması diğer bir problem olarak belirlenmiştir. Seçilen kan bağış alt sistemi ayrıntılı olarak incelendiğinde, öncelikle sisteme gelen donörlerin belli noktalarda yığıldığı, darboğazların olduğu görülmüştür (örneğin; sekreterin önündeki bekleme alanındaki yığılmalar). Yapılan görüşmeler sonucunda ise ortalama 6-7 dakika süren kan alma işlemi için donörlerin sistemde ortalama 10-15 dakika beklemesinin fazla olduğu düşünülmüştür. Ülkemizde gönüllü donörlerin sayısının az olması, bunun aksine kan ve kan ürünlerine olan talebin yüksek olması,

kan vermeye gelen donörlerin sistemden memnun ayrılmaları gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Süreçlerde yapılacak çeşitli değişiklikler ile iş yüklerinin dengelenmesi sağlanabilir, kan bağıışı işlem süreleri kısaltılabilir, donörlerin sistemden memnun ayrılmaları sağlanabilir. Bu amaçla, katma değeri olmayan işlemlerin birleştirilebileceği gibi beklemlerin azaltılması için kaynaklar artırılabilir veya birleştirilebilir, iş akışları tekrar düzenlenebilir. Mevcut sistemin iş akışının tanımlanması ve anlaşılmasıyla bir sağlık sektörü sisteminde sunulan işlemlerin geliştirilmesi, kaynak planlaması, çizelgeleme gibi konularda gelişmeler sağlanabilir. Benzetim tekniğinin kullanılmasıyla da kuyruk modelleri, talep tahminleri ile karar vericilere yardımcı olunabilir.

Literatürde bu konuda yapılmış olan çalışmalara baktığımızda, sıklıkla karşılaşılan ve çözülen problemleri aşağıdaki gibi sınıflandırabiliriz (Çizelge 3.2) [Gunal ve Pidd, 2005].

Çizelge 3.2. Kan bankasında karşılaşılan problemler

Fazla bekleyen donörler
Karmaşık işlem akışları
Sistemde fazla zaman harcayan donörler
Çalışanların dengesiz iş yükü dağılımları

Seçilen sistemde hangi noktalarda darboğaz oluştuğunu, mevcut hangi kaynağın yetersiz kaldığını ve çalışanların mevcut iş yükü dengesini belirlemek ve analiz etmek amacıyla bu çalışmada benzetim yaklaşımı uygulanmıştır.

Bir sistemde kuyruklar, talebi karşılayacak kaynağın meşgul olması durumunda oluşmaktadır. Seçilen sistemde buna örnek olarak sekreterliğe kayıt için gelen hastalara hizmet verecek olan sekreter başka bir hasta ile ilgileniyorsa, o sekreterin önünde kayıt için bir kuyruk oluşacaktır.

Çalışmanın bundan sonraki aşamalarında, kuyrukların olduğu darboğaz süreçlerindeki gerekli kapasitenin belirlenmesi ile donörlerin bekleme zamanlarının azaltılması ve sistemden memnun ayrılmaları sağlanmaya çalışılmıştır. Çalışmada aynı zamanda iş atama politikalarının belirlenmesi ve personelin iş yükü dengesizliğinin düzenlenmesi ile çalışanların memnuniyetinin artırılması hedeflenmiştir.

3.4. Model Varsayımları

Kan bağış sisteminin modellenmesi aşamasında, önceki bölümde oluşturulan iş akışından ve yapılan gözlemlerden yararlanılmıştır. Modeldeki ilk varsayım, gelen donörlerin, form doldurmak için bekleyen donör sayısını kontrol etmeleridir. Bu varsayıma göre, bekleyen donör sayısının 3'ü geçmesi halinde, donörler form doldurma alanının oldukça sıkışık hale gelmesinden dolayı formlarını dışarıda doldurmaktadır.

Modelde ayrıca, sisteme gelen bütün donörlerin form doldurmaları gerekliliği kullanılan diğer bir varsayımdır.

Modelleme aşamasındaki bir başka varsayım ise, alternatif sistemlerin belirlenmesi aşamasında kullanılmıştır. Bu varsayıma göre, sekreterlikte ve muayene odasında görev alan personel sayıları en fazla 2 olabilmektedir. Kan merkezinde, 2 adet muayene odası ve sekreterler için ayrılmış masada en fazla 2 sekreter bulunabileceğinden dolayı, bu kaynaklar için *en fazla 2 olabilir* kısıtı vardır.

Son olarak, sisteme varışlar modellenirken, donör gelişleri için homojen olmayan birleşik Poisson süreçlerinden yararlanılmıştır buna göre donörler sisteme, gruplar halinde gelmektedir. Bu sürecin ayrıntıları çalışmanın ileriki bölümlerinde anlatılmıştır. Modelde, donör varışlarının, kan bağışı donör oranının, red edilme ve vazgeçme yüzdelerinin gelecekte de değişmeyeceği varsayımlar arasındadır.

3.5. Benzetim Yaklaşımının Seçilmesinin Nedenleri

Yataksız hizmet veren sağlık kuruluşlarının öneminin artmasıyla, bu sistemlerin analizi ve iyileştirilme çalışmaları da çoğalmıştır ve genellikle benzetim bu çalışmalarda modelleme ve analiz aracı olarak kullanılmaktadır [Rytila ve Spens, 2006].

Benzetim yazılımları, anılan sistemlerin analizinde, yapılacak değişikliklerin sistem üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Diğer analitik yaklaşımlarda olan kısıtlayıcı varsayımların ve sadeleştirici genellemelerin yapılmadığı benzetim modelleri bu alan için uygun bir çözüm aracıdır [Weng ve Houshmand, 1999].

Kuyruk sistemlerinin analizlerinde de benzetim tekniğinden yararlanılmaktadır. Benzetim tekniğinde öncelikle seçilen sistemin karakterini yansıtacak bir modelin kurulması gerekmektedir. Sistemin ilgilenilen yönlerini içeren modelin gerçeği yansıtıp yansıtmadığı test edilmelidir. Daha sonra gerçeği yansıttığı kabul edilen modeller yardımıyla, oluşturulan alternatif sistemler karşılaştırılıp performans ölçütlerini en iyi sağlayan alternatif sistem çözüm olarak kabul edilir.

Sağlık sistemlerinin karmaşık yapısı, bu sistemlerde insanların en önemli rolü oynamasından dolayı rastsallığın yüksek olması, dolayısıyla benzetim modelleri gerçek sisteme, analitik modellere göre daha yakın olacağından dolayı bu çalışmada çözüm tekniği olarak benzetim yaklaşımı seçilmiştir.

3.5.1. ARENA programının seçilmesinin nedenleri

Son dönemde gelişen benzetim yazılımları ile optimizasyon ve benzetim tekniklerini birleştirmek hiç de zor olmamaktadır. Ayrıca, son yıllarda, benzetim yazılımlarında görsellik de çok gelişmiştir [Eldabi ve ark., 2007]. Yazılımların bu yönü modelin doğruluğunu etkilememekte fakat yöneticilere sonucu göstermede çok yararlı olabilmektedir. Yine benzetim yazılımlarında nesne tabanlı programlamanın

yaygınlaşması, modeli geliştirirken kod yazma zorluğunu da ortadan kaldırmaktadır. Çoğu yazılım şirketi genel amaçlı benzetim yazılımları üretse de, bazı firmalar sağlık kurumlarına özel yazılım da üretmektedir (MedModel ve ARENA'nın sağlık kurumlarını kapsayan şablonları). Bazı benzetim yazılımları Çizelge 3.3'de sunulmuştur

Çizelge 3.3. Benzetim yazılımları

Benzetim Yazılımları	Sağlayan Firma	Yazılımın Kullanım Alanı	Yazılımın Uygulandığı Sektörler
@RISK	Palisade Corporation	Tüm çıktıların hesaplanması ve oluşma olasılıklarının hesabı	Üretim, enerji, finans, sağlık, tarım
Arena	Rockwell Automation	Tesis yer seçimi, çizelgeleme, hasta yönetimi	Sağlık lojistik, askeri
Arena Contact Center	Rockwell Automation	Personel planlama	Arama merkezleri
Crystal Ball	Oracle's Crystal Ball Global Business Unit	Fayda maliyet analizi, risk yönetimi	Üretim, enerji
CSIM 19	Mesquite Software	Sistem modelleme	Bilgisayar ve iletişim sistemleri
Flexsim	Flexsim Software Products, Inc.	Sağlık, Üretim, lojistik, tedarik zinciri yönetimi	Üretim, sağlık, depolama, dağıtım
GoldSim	GoldSim Technology Group	Atık yönetimi	Su kaynakları, atık yönetimi
GPSS/H	Wolverine Software Corporation	Kuyruk modelleri	Genel amaçlı
MedModel	ProModel Corporation	Sağlık sistemlerinde performans yönetimi	Sağlık sistemleri
Portfolio Simulator	ProModel Corporation	Portfolyo yönetimi	Portfolyo yönetimi, Çizelgeleme
Process Simulator	ProModel Corporation	Yalın üretim, 6 sigma, sürekli gelişim	Genel amaçlı
ProModel	ProModel Corporation	Kapasite planlama, maliyet analizi	Üretim, lojistik, savunma
Proof Animation	Wolverine Software Corporation	Benzetim modellerinin animasyon ile gösterimi	Animasyonun gerektiği sektörler
ServiceModel	ProModel Corporation	Lojistik	Hizmet sektörleri, lojistik
SIMUL8	SIMUL8 Corporation	Kaynak kullanım oranlarını artırmak, darboğaz tespiti	Üretim, lojistik, sağlık

ARENA'nın, karmaşık sistemlerin analizinde kullanılan, esnek yapılı ve Windows tabanlı kolay bir uygulama olmasından dolayı, bu tez çalışmasında benzetim dili olarak ARENA seçilmiştir

3.6. Modellenecek Sistem İçin Gerekli Veriler

Bu tez çalışmasında, mevcut sistemin analizi ve oluşturulan alternatif sistemlerin karşılaştırılması amacıyla kurulan benzetim modeli için gerekli olan verilerin (Çizelge 3.4) bir kısmı Hacettepe Üniversitesi Kan Merkezi'nin kullandığı bilgi sistemindeki veritabanından, bu veri tabanında olmayan veriler de zaman tutma çalışmasından elde edilmiştir.

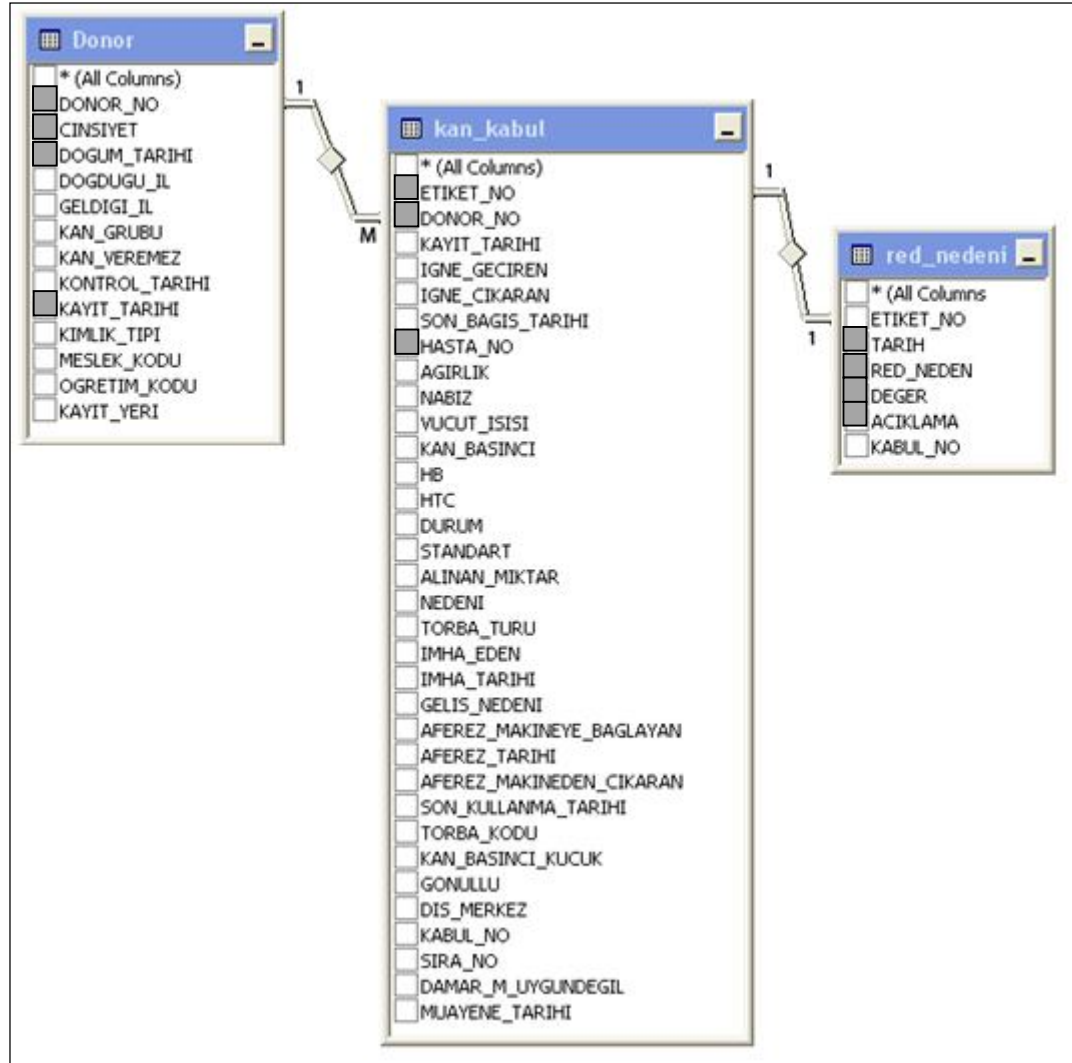
Çizelge 3.4. Modellenecek sistem için gerekli veriler ve yararlanılan kaynaklar

Gerekli Veriler	Yararlanılan Kaynak	
	Bilgi Sistemi	Zaman Tutma Çalışması
Donörlerin geliş zamanları	•	
Donör geliş amacı (kan bağıışı, aferez bağıışı)	•	
Donörün yaşı	•	
Donörün formu doldurma süresi		•
Sekreterin formu bilgisayara giriş süresi		•
Donörün muayene işleminden sonra reddedilmesi bilgisi	•	
Donörün muayene edilme süresi		•
Donörün muayene odasına geçme süresi		•
Donörün kan alma salonuna geçme süresi		•
Donörün kan alma sırasında vazgeçme bilgisi	•	
Donörün hazırlanma süresi		•
Donörün kan verme süresi		•
Donörün yataktan kalkma süresi		•
Donörün dinlenme süresi		•
Donöre yapılan tıbbi müdahale süresi		•

3.6.1. Kan merkezi bilgi sisteminden alınacak veriler

2001 yılından itibaren bilgi sistemi kullanmaya başlayan Kan Merkezi, bu merkeze ait bütün bilgileri, kullandığı bilgi sisteminin veri tabanında kayıt altında tutmaktadır. Bilgi sistemindeki veritabanında donörlere, süreçlere ve merkezde depolanan kan ve kan ürünlerine ait bütün bilgiler tutulmaktadır (EK-1). Hacettepe Üniversitesi Hastaneleri Kan Merkezi 2001 yılında, Bilgi İşlem Merkezinin hazırlamış olduğu bilgi sistemini kullanmaya başlamış olmasına rağmen personelin programı kullanmayı öğrenmesi ve donanım aksaklıkları gibi nedenlerle ancak 2004 yılının başından itibaren sağlıklı bilgileri tutmaya başlamıştır. ORACLE veri tabanı yönetim

sistemini kullanan bu bilgi sistemi toplam 34 tablodan oluşmaktadır. Bu çalışmada mevcut 34 tablodan modele faydalı olacak 3 tanesi kullanılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan bilgi sistemindeki tablolar

Kullanılan bu üç tablodan, *Donör tablosunda* sisteme kayıt yaptıran tüm donörlerin bilgileri tutulmaktadır. Bu tabloda önemli olan ve çalışmada kullanılan verilerden, DONOR_NO, gelen donörlere verilen ayırt edici bir numaradır. CINSIYET, DOGUM_TARIHI, gibi bilgiler donöre ait kişisel bilgilerdir. KAYIT_TARIHI ise donörün sisteme kayıt yaptırdığı tarihtir.

Kan_kabul tablosu ise kaydı yapılan ve kan verecek olan tüm donörlerin bilgilerinin tutulduğu tablodur. Bu tabloda önemli olan ve çalışmada kullanılan verilerden ETİKET_NO, donörün verdiği kanı temsil eden bir numardır. Bu tabloda bulunan ve çalışmada kullanılan HASTA_NO ise kan veren donörün hangi hasta için kan verdiği bilgisini içermektedir.

Red_nedeni tablosunda ise, bütün aşamalarda red edilen donörlerin bilgileri ve neden red olunduğu ile ilgili bilgiler bulunmaktadır. Bu tabloda önemli olan ve çalışmada kullanılan verilerden TARİH, red edilme zamanı, RED_NEDEN donörün red edilme nedenini, DEGER ve ACIKLAMA verileri ise donörün muayene aşamasından sonra neden kan veremediği bilgilerini içermektedir.

3.6.2. Zaman tutma çalışmasıyla elde edilecek veriler

Herhangi bir sağlık kuruluşundan veri toplama işlemi her zaman çok hassas bir süreç olmuştur çünkü sağlık kurumlarında yapılan bütün işlemler, insan yoğun işlemlerdir. Dolayısıyla veri toplama, bu kurumlarda yapılan işlemleri aksatmayacak ve etkilemeyecek bir şekilde yapılmalıdır. Ayrıca sağlık kurumlarında yapılan işlemler haftanın günlerine ve günün saatlerine göre de değişebilmektedir. Dolayısıyla veri toplama bu farklılıkları en aza indirgeyecek şekilde haftanın her günü ve günün her saatinde yapılması gerekmektedir.

Rising ve Moscovice çalışmalarında, veri toplama işlemleri için en uygun yolun hastaları izlemeye dayanan bir izleme formu oluşturmayı önermişlerdir [Rising, 1977 – Moscovice 1977]. Chapman ve Hick ise çalışmada veri toplama sürecinin öneminden ve yararından bahsetmiştir [Chapman ve Hick, 2006]. Veri toplama işleminin amaçları hasta akışlarının belirlenmesi ve benzetim modelinde kullanmak üzere istatistiksel sonuçları elde etmektir.

Toplanan verilerin istatistiksel analizleri sonunda, belirlenen işlemlerin süreleri için dağılımlar bulunması amaçlanmıştır. ARENA Input Analyser, verileri kullanarak parametreleri tahmin etmekte ve Kolmogorov-Smirnov testini uygulamaktadır.

Belirlenen işlemler için veri gereksinimini karşılamak üzere yapılan zaman tutma çalışmasının güvenilir olması için, haftanın her gününde ve bu günlerin her saatinde zaman tutma çalışması gerçekleştirilmiştir. 2 gözlemci ile yapılan zaman tutma çalışmasında, öncelikle gözlemlenen veriler için formlar oluşturulmuştur. Oluşturulan bu formlar aracılığı ile hangi işlemin haftanın hangi gününde ve günün hangi saatinde gözlemlendiği, işlemin ne zaman başladığı ve ne zaman sonlandığı ve gözlemlerde oluşan aksaklıklar gibi bilgiler ile birlikte donör ile ilgili bilgiler gözlemlenmiş ve kaydedilmiştir. Zaman tutma çalışmasının yapıldığı işlemlerden tıbbi müdahale hariç her bir işlem için, ortalama 190 donör gözlemlenmiştir. Tıbbi müdahale işlemi için yapılan gözlemlerin sayısının az olması, gözlem yapılan gün ve saatlerde tıbbi müdahale olaylarına az rastlanmasından dolayıdır.

Donör Form Doldurma Süresi

Donörlerin geliş amacına göre doldurdıkları formların aynı olmamasından dolayı bu formların ayrıntıları da farklıdır, dolayısıyla farklı tipteki donörlerin formlarını doldurma süreleri de aynı olmamaktadır. Donörlerin form doldurma zamanı, donörlerin sekreterden form alması ve doldurdıkları formu sekretere vermesi arasında geçen zaman şeklinde belirlenmiştir.

Sekreterin Formu Girme Süresi

Formu alan sekreterler, donörlerin kan bankasına geliş amacının türüne göre (kan bağışı veya aferez trombosit bağışı) doldurdıkları formları sisteme girmektedirler. Gözlemlenecek olan bu süre, sekreterin formu alması ile donörün kimliğini donöre teslim etmesi arasında geçen süredir.

Muayene Odasına ve Kan Alma Salonuna Geçiş Süreleri

Muayene odasına ve kan alma salonuna geçiş süreleri için de ayrı ayrı zaman tutma çalışması yapılmıştır. Muayene odasından çıkan donörler hemen kan alma salonuna geçebildiği gibi, geçmeden önce oyalanabilmektedir. Dolayısıyla kan alma salonuna geçiş süresi muayene odasına geçiş süresinden daha uzun olabilmektedir.

Donörün Muayene Edilme Süresi

Oda ve hemşire uygun olduğunda, hemşire muayene odasından donörü çağırılmaktadır. Donörün odaya girmesiyle başlayan muayene süresi, donörün odadan çıkmasıyla bitmektedir.

Donörün Kan Vermeye Hazırlanma Süresi

Muayene olduktan sonra kan alma salonuna geçen donörler, uygun yatak ve hemşire olduğunda yatağa yatırılmakta ve hemşire tarafından donörün beraberinde getirdiği aparatlar hazırlanıp donöre takılmaktadır. Donörün hazırlanma süresi, donörlerin yatağa yatması ile donörlere iğnenin saplandığı ana kadar olan süreyi içermektedir.

Donörün Kan Verme Süresi

Donörün beraberinde getirdiği aparatların hemşire tarafından hazırlanmasıyla kan vermeye hazır hale gelen donörlere iğnenin saplanması ile torba dolduğunda bir hemşire tarafından iğnenin çıkarılması arasında geçen süreyi kapsayan kan verme süresi birçok insani faktöre bağlıdır (damar kalınlığı, nabız, kan dolaşım hızı vb). Örneğin nabızı düşük olan bir hastanın kan verme süresi uzun olurken, kan dolaşımı hızlı, nabızı yüksek bir donörün kan verme süresi çok kısa sürebilmektedir.

Donörün Yataktan Kalkma Süresi

Donörlerin kan verme işlemi bittikten sonra, donörler bulundukları yataktan hemen kalkmamaktadırlar. Kan verme işleminden sonra hemşireler, donörlerin yanına gelip, donörlere bağlı olan aparatları çıkartmaktadır. Donörler bu sürenin sonuna kadar yatakta beklemektedir. Bu süre içinde donör hem bir hemşireyi hem de yattığı yatağı işgal etmektedir dolayısıyla bu süreç tez çalışması için önemlidir. Yataktan kalkma süresi, donörden iğnenin çıkarılması ile donörün yataktan kalkması arasında geçen süre olarak belirlenmiştir.

Donörün Dinlenme Süresi

Donörler dinlenme süresi içinde kan alma salonunda istirahatları için ayrılan koltuklarda dinlenmektedir. Çalışmada, donörün dinlenme süresi, dinlenme koltuğuna oturması ile bu koltuklardan kalktığı ana kadar olan süreyi içerir.

Tıbbi Müdahale Süresi

Kan merkezi kan bağış sistemindeki süreçlerden birisi de tıbbi müdahale sürecidir. Çok karşılaşılan bir süreç olmamasına rağmen seçilen sistemde bulunmaktadır. Dolayısıyla bu süreç için de zaman tutma çalışması yapılmıştır.

Bu bölümde izah edildiği üzere, problemin tanımını yapıp amaçlarına karar verip benzetim çalışmaları için gerekli olan verilerin belirlenip elde edilmesinden sonra ayrıntıları 4. bölümde anlatılan problemin çözümüne yönelik uğraşlara geçilmiştir.

4. KAN MERKEZİ'NİN MODELLENMESİ

Bu çalışmada öncelikle mevcut sistemin iş akışı tanımlanmış ve sistemin modellenmesi ve analizi için 100000'den fazla donöre ait çeşitli veriler sorgulanmıştır. Sonuç olarak da toplam bekleme zamanının azaltılması, gerekli kapasitenin belirlenmesi ve alternatif sistemlerin incelenip iyileştirmelerin yapılması amacıyla mevcut sistemin benzetim modeli geliştirilmiştir.

Mevcut sistemin benzetim modelinin oluşturulması, sürece yapılması düşünülen değişikliklerin bilgisayar ortamında önceden test edilebilmesine olanak sağlayacaktır. Bunun yanı sıra, kaynakların daha etkin kullanılmasına çalışılacak, kritik ve çok değerli olan kan ürünlerine gelen taleplerin tam zamanında karşılanma olasılığı artırılmaya çalışılacaktır. Sonuç olarak daha etkili ve etkin bir sistemin oluşturulması ve devamlılığı amaçlanmaktadır.

4.1. Bilgi Sistemindeki Verilerin Analizi

Hacettepe Üniversitesi Kan Merkezi'nin kullandığı bilgi sistemindeki veri tabanında kullanılan 34 tablo mevcuttur. Bu çalışmada gerekli bulunan 3 tablo (Red_Nedeni, Kan_Kabul ve Donör) incelenmiştir. Veri tabanındaki kayıtlar kan merkezinde bilgi sisteminin kullanılmaya başlamasından itibaren kaydedildiği için tablolarda hatalı veriler bulunabilmektedir. Bu hatalı veriler; kaydı yapılmamış fakat kan veren donörlerin verileri, yaşları negatif değer alan veya normal bir insanın yaşından çok daha büyük yaşta olan (200, 1000 vb) donörlerin verileri ve sadece kaydı olan fakat hiç bir işlem yapılmamış donörlerin verilerinden oluşmaktadır.

Tabloların ön incelemesinde, Donörler tablosunda 164540 Red_Nedeni tablosunda 38210 ve Kan_Kabul tablosunda 68550 adet veri elde edilmiş, tutarsızlık oluşturan veriler göz önüne alınarak düzenleme yapıldığında, Donörler tablosunda 106896, Red_Nedeni tablosunda 20828 ve Kan_Kabul tablosunda 43459 adet veriye ulaşılmıştır.

Kan Merkezi'nde kullanılan bilgi sisteminde 2001 yılından günümüze kadar tutulan veriler bulunmaktadır. Ancak yaşanan donanım aksaklıkları, personelin geliştirilen programı kullanmasını öğrenme süreci gibi aksatıcı nedenlerden dolayı 2001, 2002 ve 2003 yılına ait veriler incelemeler sonunda güvenilir bulunmamıştır. Bu 3 sene, öğrenme süresi olarak kabul edilip çalışmada 2004, 2005, 2006 ve 2007 yıllarına ait verilerden yararlanılmıştır. 2004 yılına ait 22792, 2005 yılına ait 27933, 2006 yılına ait 28060 ve 2007 yılına ait 28111 olmak üzere toplam 106896 adet donör kaydı bulunmuştur. Bu yıllara ait veriler sorgulandığında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

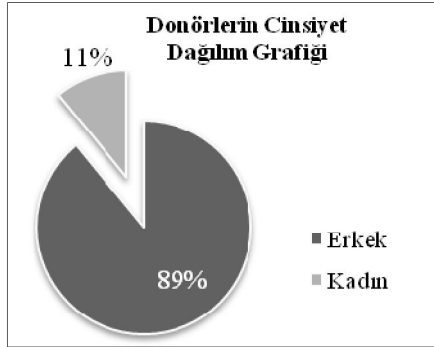
Donör dağılım grafiği (Şekil 4.1), bağış yapmak için gelen donörlerin aferez bağışı ve kan bağışı dağılımını göstermektedir.



Şekil 4.1. Kan bankasına gelen donörlerin amaçlarına göre dağılım grafiği

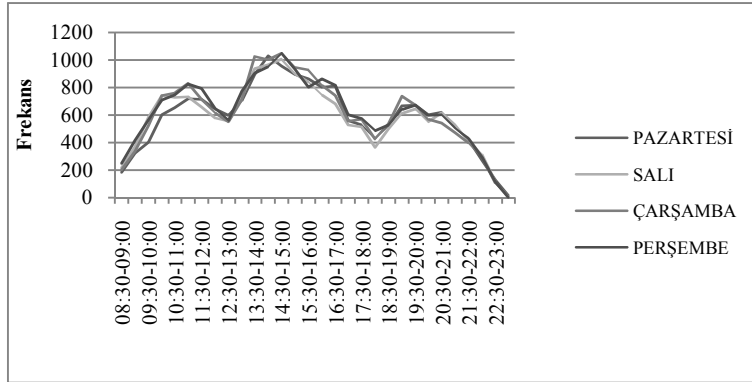
İncelenen seneler için, bilgi sisteminde gelen donörlerin geliş amaçlarının (kan bağışı veya aferez bağışı) kaydedildiği 32719 veri bulunmaktadır. Bu verilerin sorgulanıp oluşturulan grafiğe göre; gelen donörlerin %93'ü kan bağışı geri kalan %7'lik kısmının ise aferez trombosit bağışı yapmak için geldiği anlaşılmıştır.

Donörlerin cinsiyet kayıtları, bu veriler içinden 88814 adedinde bulunmaktadır. Bu veriler içinden sorgulama yapıldığında ulaşılan sonuç ise gelen donörlerin %89'u erkek ve %11'i ise kadındır (Şekil 4.2).



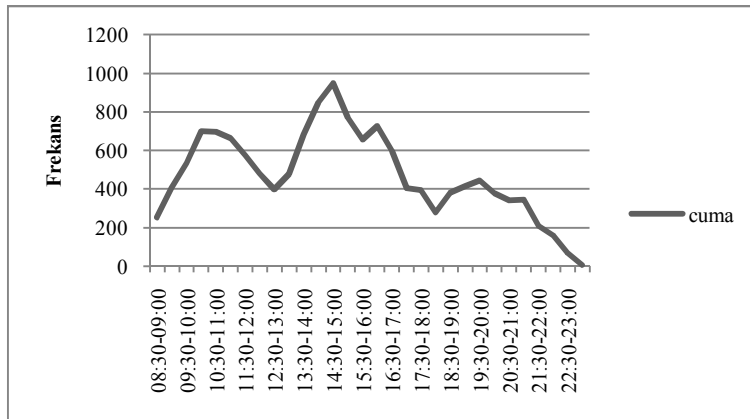
Şekil 4.2. Gelen donörlerin cinsiyet dağılım grafiği

Bu çalışmada kullanılan tablolar incelenip sorgulandığında donörlerin sisteme geliş desenlerinin 3 farklı şekilde olduğu anlaşılmıştır. Birinci tip örüntü Şekil 4.3'teki gibidir. Bu örüntüde donörler 3 tepe noktası oluşturacak şekilde sisteme gelmektedir ve bu Pazartesi, Salı, Çarşamba ve Perşembe günlerini kapsamaktadır.



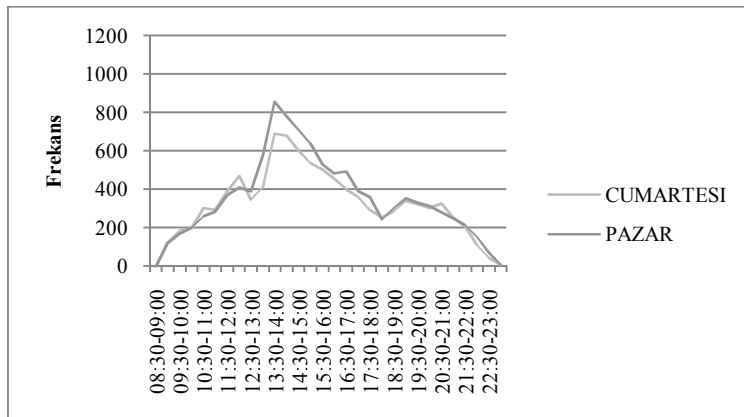
Şekil 4.3. Pazartesi-perşembe arası gelen donörlerin oluşturduğu desen

İkinci tip desen (Şekil 4.4) ise cuma günlerinde oluşmaktadır. Cuma günleri de diğer hafta içi günlerine benzemekte fakat ölçek olarak daha küçüktür.



Şekil 4.4. Cuma günleri gelen donörlerin oluşturduğu desen

Oluşan son tip desen ise hafta sonları gelen donörlerin oluşturduğu desendir (Şekil 4.5). Hafta sonları oluşan bu desende, donörler tek bir tepe noktası meydana getirmektedir.

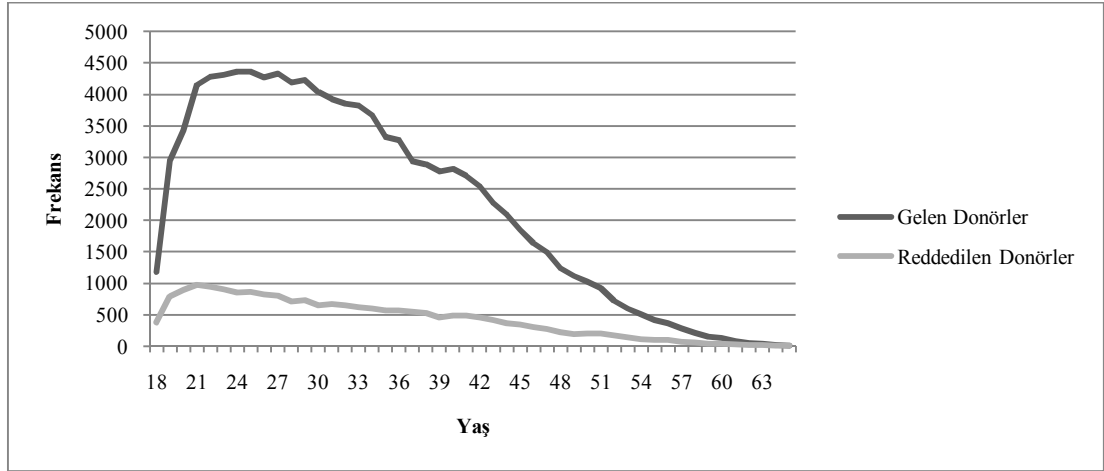


Şekil 4.5. Hafta sonu gelen donörlerin oluşturduğu desen

Sisteme geliş desenlerinde oluşan tepe noktaları, kan verme işleminin donörlerin tok olması şartına bağlı olmasından kaynaklanmaktadır. Donörler sisteme yemek yiyip gelmektedir, bundan dolayı sabah kahvaltısı, öğlen ve akşam yemeği saatlerinden sonra tepe noktaları oluşmaktadır.

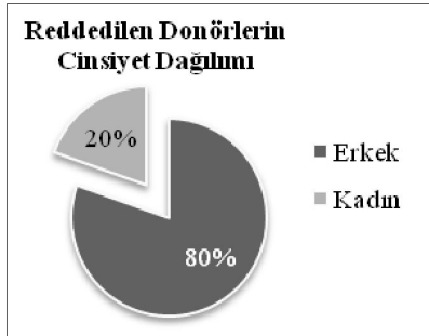
Sisteme gelen ve kan vermesi reddedilen donörlerin yaşları incelendiğinde ise aşağıdaki grafik elde edilmiştir (Şekil 4.6). 18 ile 65 yaşları arasındaki donörlerin

kan verebileceği sistemde, gelen ve reddedilen donörlerin yaşları sağa çarpık bir yapı oluşturmuştur.



Şekil 4.6. Gelen ve reddedilen donörlerin yaş dağılım grafiği

Donörlerden muayene sırasında reddedilenlerin cinsiyet oranları ise Şekil 4.7'deki gibidir.

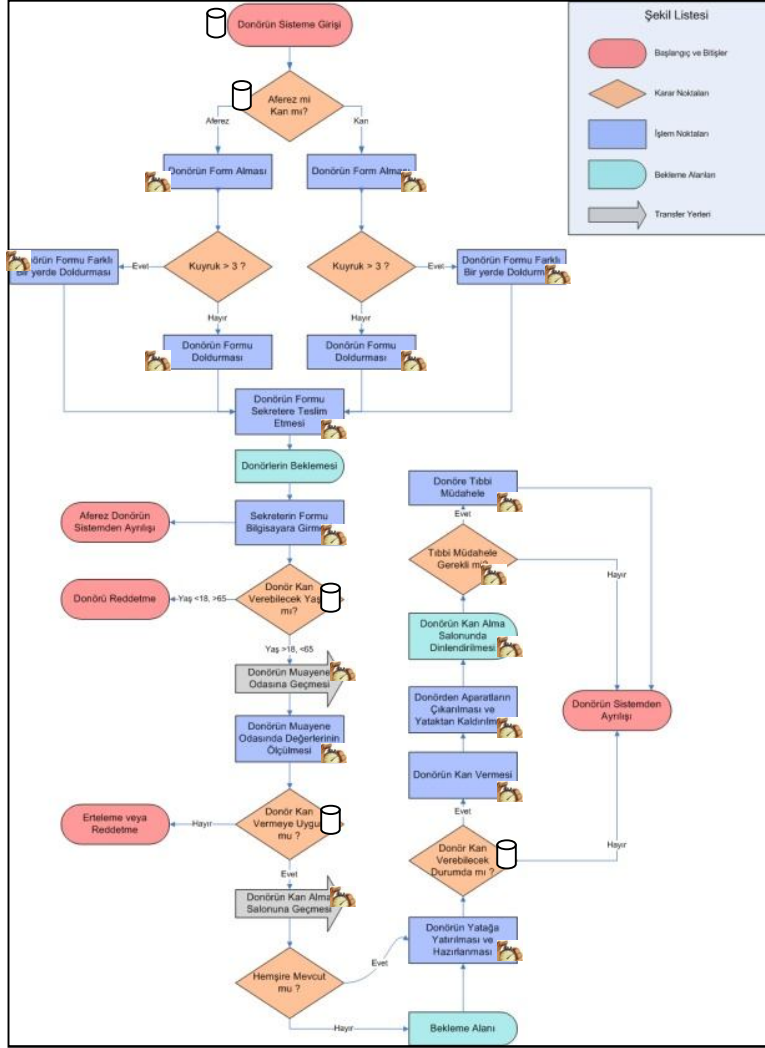


Şekil 4.7. Reddedilen donörlerin cinsiyetlerinin dağılım grafiği

4.2. Zaman Tutma Çalışmasıyla Elde Edilen Sonuçlar

Bu çalışmada, yukarıda anlatılan ve bilgi sisteminden elde edilen bilgilerin yanında, modelin geliştirilmesi amacıyla kullanılacak olan veriler de mevcuttur. Bilgi sisteminden ve zaman tutma çalışmasından elde edilen verilerin iş akışının hangi

aşamalarında sağlandığı Şekil 4.8’de görülebilir. Bu veriler ve zaman tutma çalışması sonunda ulaşılan sonuçlar devam eden başlıklarda sunulmuştur.



Şekil 4.8. Modelde kullanılacak verilerin iş akışındaki yerleri

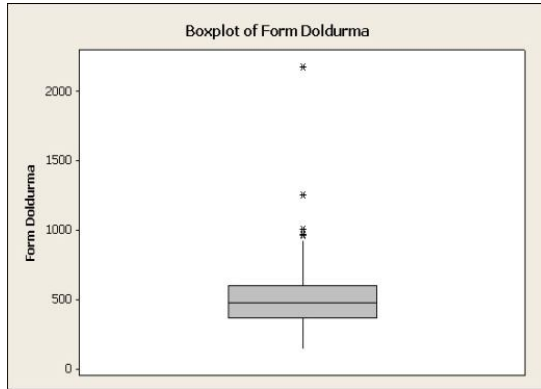
Veriler için uygun dağılım belirlenirken verilerin nokta istatistiklerinden (ortalama, medyan, vb.), çarpıklık ve basıklık katsayılarından, değişim katsayısı ve lexis oranından ve verilerin histogram grafiğinden yararlanılır. Bu ölçütlere göre verilerinin şekline, simetrikliğine, basıklık ve çarpıklığına göre bir dağılım hipotezi kurulur.

Veriler için dağılım Kolmogorov-Smirnov uyum iyiliği testi ile belirlendikten sonra, bu dağılımların benzetim modelinde kullanılmaları için parametrelerinin tahmin edilmesi gerekmektedir. Dağılımların parametre tahminleri birkaç yolla yapılabilmektedir, örneğin en küçük kareler yöntemi, maksimum likelihood yöntemi ve moment metodu gibi. Bu çalışmada kullanılan program olan ARENA, dağılım parametrelerini belirlerken Kolmogorov-Smirnov uyum iyiliği testi yöntemini kullanmaktadır.

Donör Form Doldurma Süresi'nin Olasılık Dağılımının Belirlenmesi

Donörlerin form doldurma süresine uygun bir olasılık dağılımı belirleyebilmek için toplam 193 adet veri toplanmıştır. Toplanan bu veriler haftanın farklı günlerinde ve günün farklı saatlerinde kan merkezine gelen donörler gözlemlenerek kaydedilmiştir. Donörleri gözlemlerken onların form doldurmalarını aksatmayacak şekilde gözlem yerleri seçilmiş ve dikkatlerini dağıtmayacak bir biçimde zaman tutma çalışması yapılmıştır.

Gözlemlenen donörler form doldurma sırasında bazen telefonla konuşarak ve bazen de beraber geldikleri kişilerle ilgilenerek bu süreyi uzatmışlardır. Donörlerin form doldurma süresi verileri incelenip box-plot grafiği çizildiğinde (Şekil 4.9) iki verinin aykırı (sapkın) değer olduğu görülmektedir. Zaman tutma çalışması için hazırlanan formlar incelendiğinde bu iki donörün form doldurma sırasında telefonla konuştuğu ve kan merkezinden bir süre ayrılıp geri geldiği anlaşılmıştır. Aykırı olan bu iki verinin seçilen sistemi temsil etmemesinden ve bir olasılık dağılımının bu aykırı verilere uygun olamayacağından dolayı bu iki aykırı veri, olasılık dağılımı belirleme aşamasında kullanılmamıştır.



Şekil 4.9. Donörlerin form doldurma süresinin box-plot grafiği

191 donörün form doldurma süresi verilerine ilişkin histogram Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Bu grafik incelendiğinde, form doldurma süresi verilerinin oluşturduğu yapının sağa çarpık bir yapıda olduğu görülmektedir. 400 ile 600 saniye arasında değişen form doldurma süresinden sonra donörler formlarının bilgisayara girilmesi için sekretere teslim etmektedirler.



Şekil 4.10. Donörlerin form doldurma süresinin histogram grafiği

Yapılan aykırı değer analizinden sonra, donörlerin form doldurma süresi verilerine ilişkin özet bilgi Çizelge 4.1'de sunulmuştur. Yapılan analizlerden sonra eldeki verilere uygun bir olasılık dağılımının belirlenmesi gerekmektedir. Uygun olasılık dağılımı belirlerken kullanılan ARENA Input Analyser'dan elde edilen sonuç Çizelge 4.2'de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Donör form doldurma süresi veri özeti

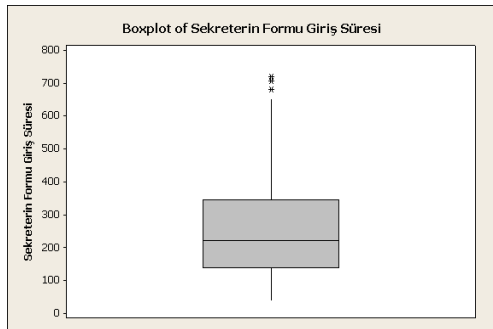
Ortalama	500,90
Medyan	470,00
Mod	375,00
Standart Sapma	186,00
Basıklık (Kurtosis)	0,18
Çarpıklık (Skewness)	0,76
En Küçük Değer	139,00
En Büyük Değer	1007,00

Çizelge 4.2. Verilere uygun dağılım tablosu

Dağılım		Erlang
Parametre		139 + ERLA(121, 3)
Kolmogorov-Smirnov Testi	Test İstatistiği	0,07
	p-Değeri	> 0,15

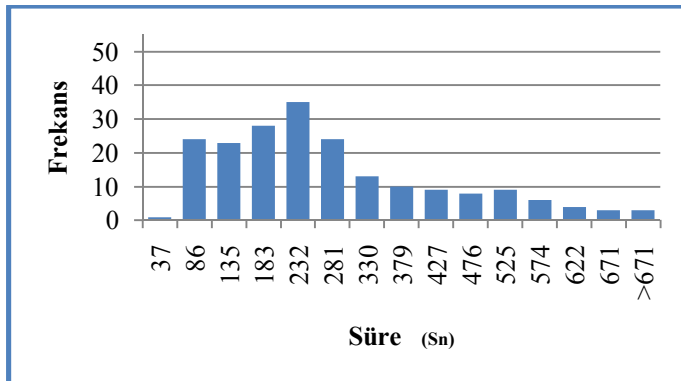
Sekreterin Formu Bilgisayara Girme Süresi'nin Olasılık Dağılımının Belirlenmesi

Sekreterin formu bilgisayara girme süresi için uygun olasılık dağılımı belirleme sürecinde, işini yapmasını engellemeyecek şekilde, sekreterin 200 kere form girmesi gözlemlenmiş ve elde edilen veriler analiz edilmiştir.



Şekil 4.11. Sekreterin formu bilgisayara giriş süresinin box-plot grafiği

Şekil 4.11’de sunulan box-plot grafiğindeki potansiyel aykırı değerler incelenmiş ve bu değerlerin birer aykırı değer olmadığı anlaşılmıştır. Dolayısıyla 200 veri için bir olasılık dağılımı belirleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Sekreterin form girme süresi için histogram grafiği Şekil 4.12’dedir.



Şekil 4.12. Sekreterin form girme süresi histogram grafiği

Sağa çarpık bir yapıda bulunan sekreterin form girme zamanları için özet bilgi Çizelge 4.3'te sunulmuştur.

Çizelge 4.3. Sekreterin form girme süresinin veri özeti

Ortalama	254,90
Medyan	221,00
Mod	147,00
Standart Sapma	157,41
Basıklık (Kurtosis)	0,20
Çarpıklık (Skewness)	0,91
En Küçük Değer	37,00
En Büyük Değer	720,00

ARENA Input Analyser programının veriler için uygun bulduğu olasılık dağılımı Çizelge 4.4'te sunulmuştur.

Çizelge 4.4. Sekreterin form girme verisine uygun dağılım tablosu

Dağılım	Weibull	
Parametre	37 + WEIB(235, 1.31)	
Kolmogorov-Smirnov Testi	Test İstatistiği	0.06
	p-Değeri	> 0.15

Muayene Odasına ve Kan Alma Salonuna Geçiş Süreleri

Muayene odasına ve kan alma salonuna geçiş süreleri çok kısa bir zaman aldığı için bu süreçler için uygun bir olasılık dağılımı belirlemeye gerek duyulmamış, bu işlemler için benzetim modelinin ihtiyaç duyduğu süre olarak tutulan zamanların

ortalaması alınmıştır. Bu verilerin özetleri sırasıyla çizelgelerde sunulmuştur (Çizelge 4.5).

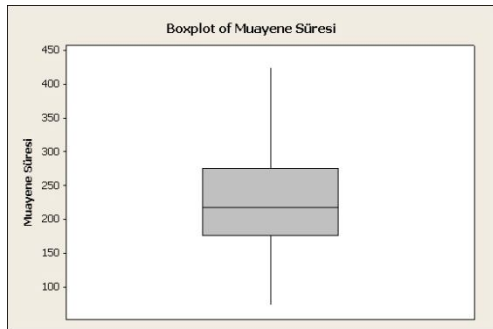
Çizelge 4.5. Muayene odasına ve kan alma salonuna geçiş süresi veri özetleri

Ortalama	4,7		Ortalama	6,2
Medyan	4		Medyan	6
Mod	4		Mod	5
Standart Sapma	2,94		Standart Sapma	2,1
Basıklık (Kurtosis)	10,5		Basıklık (Kurtosis)	0,7
Çarpıklık (Skewness)	2,6		Çarpıklık (Skewness)	0,9
En Küçük Değer	1		En Küçük Değer	3
En Büyük Değer	22		En Büyük Değer	13

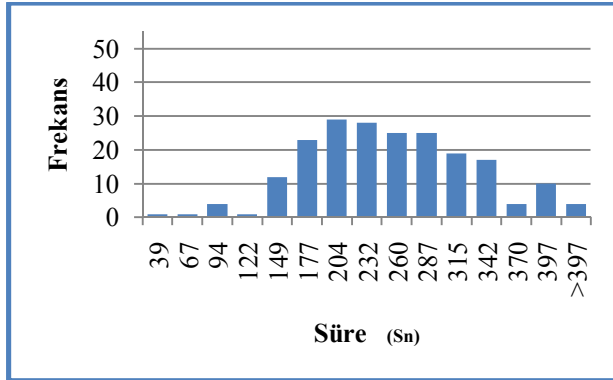
Tablolardan da görüldüğü gibi, bu sürelerin ortalamaları sırasıyla 4,70 ve 6,17 saniyedir. Benzetim modelinde bu süreçlerin süreleri için sabit değer olarak ortalama değerleri alınmıştır.

Donörün Muayene Edilme Süresi'nin Olasılık Dağılımının Belirlenmesi

Muayene süresi için uygun bir olasılık dağılımı belirlemek üzere, toplam 203 muayene gözlemlenmiştir. Gözlemlenen 203 veri analiz edildiğinde aykırı değer bulunmadığı belirlenmiştir (Şekil 4.13). Bu verilerin histogram grafiği ise Şekil 4.14'de sunulmuştur.



Şekil 4.13. Muayene süresinin box-plot grafiği



Şekil 4.14. Muayene süresinin histogram grafiği

ARENA Input Analyser programının veriler için hesapladığı olasılık dağılımı Çizelge 4.6’da sunulmuştur.

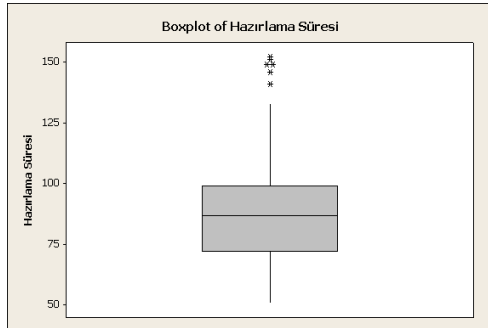
Çizelge 4.6. Muayene süresi verisine uygun dağılım tablosu

Dağılım		Weibull
Parametre		39 + WEIB(223, 2.68)
Kolmogorov-Smirnov Testi	Test İstatistiği	0.0617
	p-Değeri	> 0.15

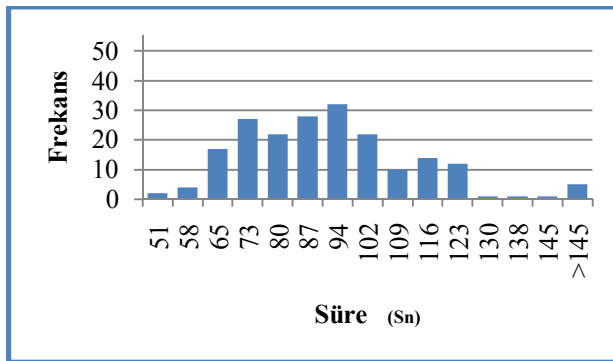
Donörün Hazırlanma Süresi’nin Olasılık Dağılımının Belirlenmesi

Donörlerin yatağa yatması anından, donörlere iğnenin saplandığı ana kadar geçen süreyi içeren ve donörün hazırlanma süresi olarak adlandırılan ölçümler için uygun bir olasılık dağılımı belirlemek üzere gözlemler, haftanın farklı günlerinde ve günlerin farklı saatlerinde yapılmıştır.

Toplam 198 adet donörün gözlemlenmesiyle oluşturulan bu veri seti incelendiğinde 5 adet potansiyel aykırı verinin bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 4.15). Aykırı değer olması muhtemel veriler incelendiğinde bunların aykırı değer olmadığı ve seçilen sistemi temsil eden değerler olduğu anlaşılmış ve gözlemlenen 198 veri üzerine bir dağılım belirlenmeye çalışılmıştır. Donörleri hazırlama sürelerinin histogram grafiği Şekil 4.16’da sunulmuştur.



Şekil 4.15. Donör hazırlık süresinin box-plot grafiği



Şekil 4.16. Donör hazırlama verilerinin histogram grafiği

Şekil 4.16’da görüldüğü gibi grafik sağa çarpık bir yapıdadır ve donörü hazırlama süresi 69 ile 98 saniye arasında yoğunlaşmıştır. Bu süre zarfında donör yatağı ve hemşireyi aynı anda meşgul etmekte, bu süre bitiminde hemşire, yatağı işgal etmeye devam edecek olan donörün yanından ayrılmakta ve donörün kan verme süreci başlamaktadır. Donörü hazırlama süresi verilerine ait özet bilgi Çizelge 4.7’de sunulmuştur.

Çizelge 4.7. Donör hazırlama süresi verisi özeti

Ortalama	88,30
Medyan	87,00
Mod	116,00
Standart Sapma	20,12
Basıklık (Kurtosis)	0,73
Çarpıklık (Skewness)	0,72
En Küçük Değer	51,00
En Büyük Değer	152,00

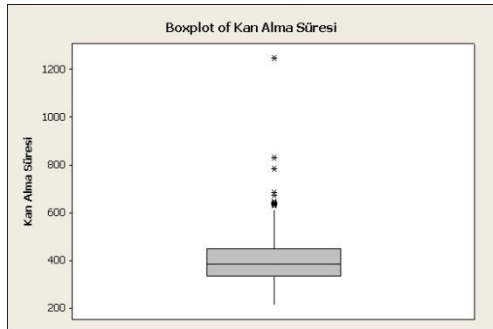
ARENA Input Analyser programının veriler için hesapladığı olasılık dağılımı Çizelge 4.8’de sunulmuştur.

Çizelge 4.8. Donörü hazırlama verisine uygun dağılım tablosu

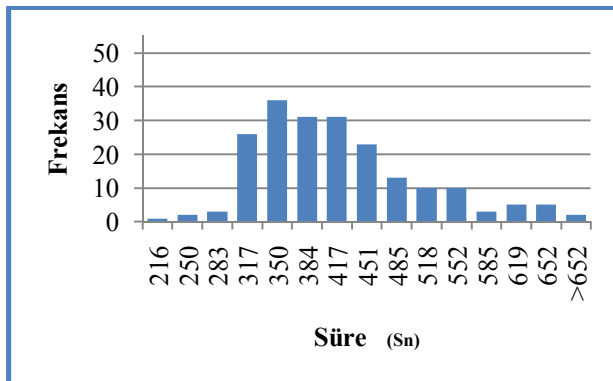
Dağılım	Beta	
Parametre	$51 + 101 * \text{BETA}(1.8, 3.07)$	
Kolmogorov-Smirnov Testi	Test İstatistiği	0.0627
	p-Değeri	> 0.15

Donörün Kan Verme Süresi’nin Olasılık Dağılımının Belirlenmesi

Donörlerin kan verme sürecini benzetim modelinde temsil edebilmek amacıyla uygun olasılık dağılımı belirlemek üzere 204 donörün kan verme işlemi gözlemlenmiştir. Gözlemlenen değerlerde, 3 adet aykırı değer saptanmış (Şekil 4.17) bu 3 değer olasılık dağılımı belirlenirken kullanılmamıştır.



Şekil 4.17. Kan alma süresinin box-plot grafiği



Şekil 4.18. Kan alma süresinin histogram grafiği

Histogram grafiğinden görüldüğü gibi kan alma süresi 317 - 451 saniye aralığında yoğunlaşmaktadır (Şekil 4.18). Kan alma süresi verilerine ait özet bilgi Çizelge 4.9'da sunulmuştur.

Çizelge 4.9. Kan alma süresinin veri özeti

Ortalama	402,21
Medyan	384,00
Mod	384,00
Standart Sapma	92,05
Basıklık (Kurtosis)	0,58
Çarpıklık (Skewness)	0,92
En Küçük Değer	216,00
En Büyük Değer	686,00

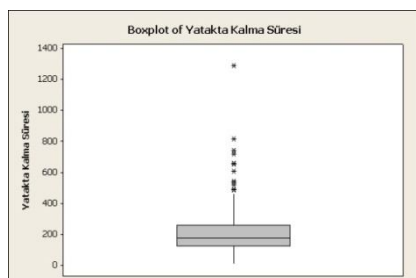
ARENA Input Analyser programının veriler için bulduğu uygun olasılık dağılımı Çizelge 4.10'da sunulmuştur.

Çizelge 4.10. Kan alma verisine uygun dağılım tablosu

Dağılım	Erlang	
Parametre	216 + ERLA(62.1, 3)	
Kolmogorov-Smirnov Testi	Test İstatistiği	0,10
	p-Değeri	0,04

Yataktan Kalkma Süresi'nin Olasılık Dağılımının Belirlenmesi

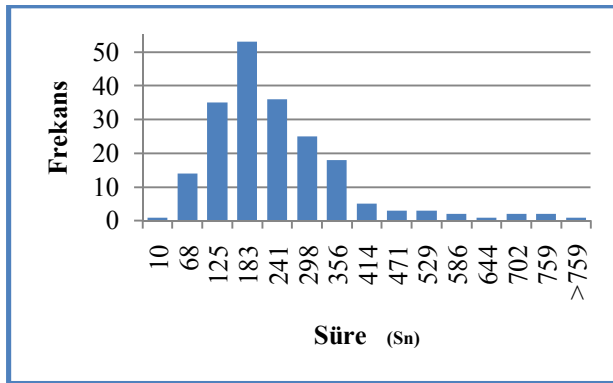
Yataktan kalkma süresi, donörden iğnenin çıkarılması ile donörün yataktan kalkması arasında geçen süre olarak belirlenmiş ve bu süre için 202 donör gözlemlenmiştir. Bu süreç incelendiğinde 1 adet aykırı değer varlığı tespit edilmiştir (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. Yataktan kalkma süresinin box plot grafiği

Potansiyel aykırı değer olan verinin incelenmesi sonucu bu değer, donörün kan vermesi bittiği halde yataktan kalkması gerekirken kalkmaması üzerine olduğu anlaşılmıştır. Gerçekleştirilecek çalışma için seçilen sistemi temsil etmeyen bu değer, aykırı değer olarak ele alınmış ve veriler için olasılık dağılımı belirleme sürecinde bu değer kullanılmamıştır.

Aykırı değer değerlendirilmediği olasılık dağılım belirleme sürecindeki 201 verinin histogram grafiği aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Yataktan kalkma süresinin histogram grafiği

Donörün yatakta kalma süresinin histogram grafiğinde, veriler 125 ile 356 sn arasında yoğunlaşmış olarak görülmektedir. Bu verilerin özeti ise Çizelge 4.11’de sunulmuştur.

Çizelge 4.11. Yataktan kalkma süresinin veri özeti

Ortalama	210,60
Medyan	177,00
Mod	128,00
Standart Sapma	134,33
Basıklık (Kurtosis)	4,31
Çarpıklık (Skewness)	1,77
En Küçük Değer	10,00
En Büyük Değer	817,00

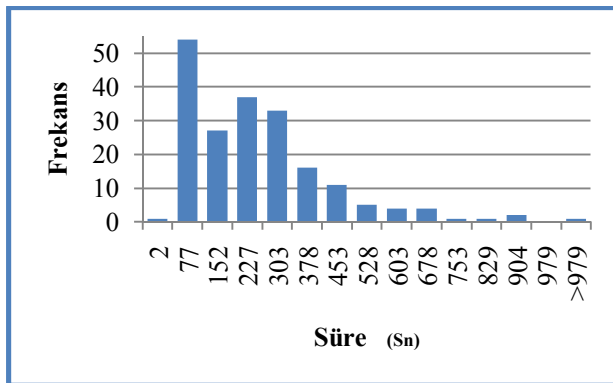
ARENA Input Analyser programının bu veri seti için bulduğu uygun olasılık dağılımı Çizelge 4.12’de sunulmuştur.

Çizelge 4.12. Yataktan kalkma süresi verisine uygun dağılım tablosu

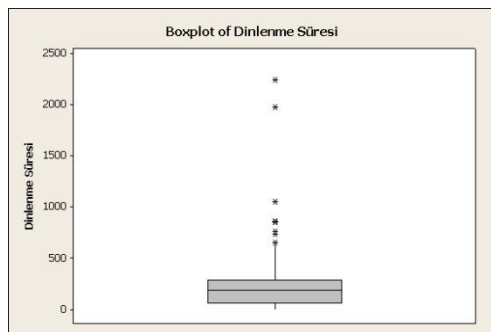
Dağılım	Gamma	
Parametre	10 + GAMM(96.1, 2.09)	
Kolmogorov-Smirnov Testi	Test İstatistiği	0,07
	p-Değeri	> 0,15

Dinlenme Süresi'nin Olasılık Dağılımının Belirlenmesi

Donörün dinlenme koltuğunda geçirdiği bu süreye uygun bir olasılık dağılımı belirlemek için 199 donör gözlemlenmiştir (Şekil 4.21).



Şekil 4.21. Donörün dinlenme süresinin histogram grafiği



Şekil 4.22. Dinlenme süresinin box plot grafiği

Gözlemlenen veriler incelendiğinde 2 adet muhtemel aykırı değer bulunduğundan görülmüştür (Şekil 4.22). Olası aykırı değerleri oluşturan veriler incelendiğinde, bu aykırı değerlerin, dinlenen donörlerin kan veren arkadaşlarını beklemelerinden dolayı oluştuğu saptanmıştır. Seçilen kan bağış sistemi için aykırı olan bu değerler olasılık

dağılımı belirlerken kullanılmamıştır. Çizelge 4.13’de özeti sunulan dinlenme süresi verileri için ARENA programının önerdiği dağılım ise Çizelge 4.14’de sunulmuştur.

Çizelge 4.13. Donörün dinlenme süresi veri özeti

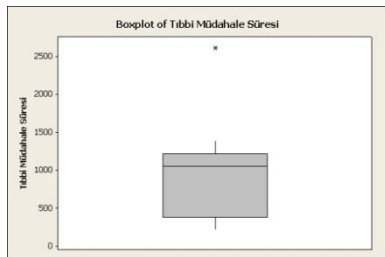
Ortalama	214,65
Medyan	190,00
Mod	280,00
Standart Sapma	184,97
Basıklık (Kurtosis)	2,96
Çarpıklık (Skewness)	1,46
En Küçük Değer	2,00
En Büyük Değer	1054,00

Çizelge 4.14. Donörün dinlenme süresi verisine uygun dağılım tablosu

Dağılım		Beta
Parametre		2 + 1.05e+003 * BETA(0.852, 3.36)
Kolmogorov-Smirnov Testi	Test İstatistiği	0.08
	p-Değeri	> 0.15

Tıbbi Müdahale Süresi’nin Olasılık Dağılımının Belirlenmesi

Kan merkezi kan bağış sistemindeki süreçlerden birisi de tıbbi müdahale sürecidir. Yapılan gözlemlerde, donörlerin yaklaşık %5’ine tıbbi müdahale yapılmaktadır. Gözlem yapılan günler boyunca toplam 10 donöre tıbbi müdahale yapılmıştır. Gözlemlenen veriler incelendiğinde 1 adet aykırı değer olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.23). Aykırı değer uygun dağılım belirleme aşamasında kullanılmadığı tıbbi müdahale verileri için ARENA Input Analyser programının bulduğu olasılık dağılımı Çizelge 4.15’de sunulmuştur.



Şekil 4.23. Tıbbi müdahale süresinin box plot grafiği

Çizelge 4.15. Tıbbi müdahale süresi verisine uygun dağılım tablosu

Dağılım		Exponential
Parametre		214 + EXPO(767)
Kolmogorov-Smirnov Testi	Test İstatistiği	0.261
	p-Değeri	> 0.15

Benzetim modelinde kullanılmak üzere uygun bulunan olasılık dağılımları Çizelge 4.16’da özetlenmiştir.

Çizelge 4.16. Süreçlere uygun dağılımlar ve özet verileri tablosu

Süreç	Dağılım	En Küçük	En Büyük	Ortalama
Donör form doldurma süresi	Erlang	139,00	1007,00	500,90
Sekreterin formu bilgisayara giriş süresi	Weibull	37,00	720,00	254,90
Donörün Muayene Süresi	Weibull	39,00	425,00	240,05
Donörün muayene odasına geçme süresi	Sabit Değer	1,00	22,00	4,70
Donörün kan alma salonuna geçme süresi	Sabit Değer	3,00	13,00	6,17
Donörü hazırlama süresi	Beta	51,00	152,00	88,30
Donörün kan verme süresi	Erlang	216,00	686,00	402,21
Donörün yataktan kalkma süresi	Gamma	10,00	817,00	210,60
Donörün dinlenme süresi	Beta	2,00	1054,00	214,65
Donöre yapılan tıbbi müdahale süresi	Exponential	214,00	2613,00	980,60

4.3. Sistemin ARENA Benzetim Programında Modellenmesi

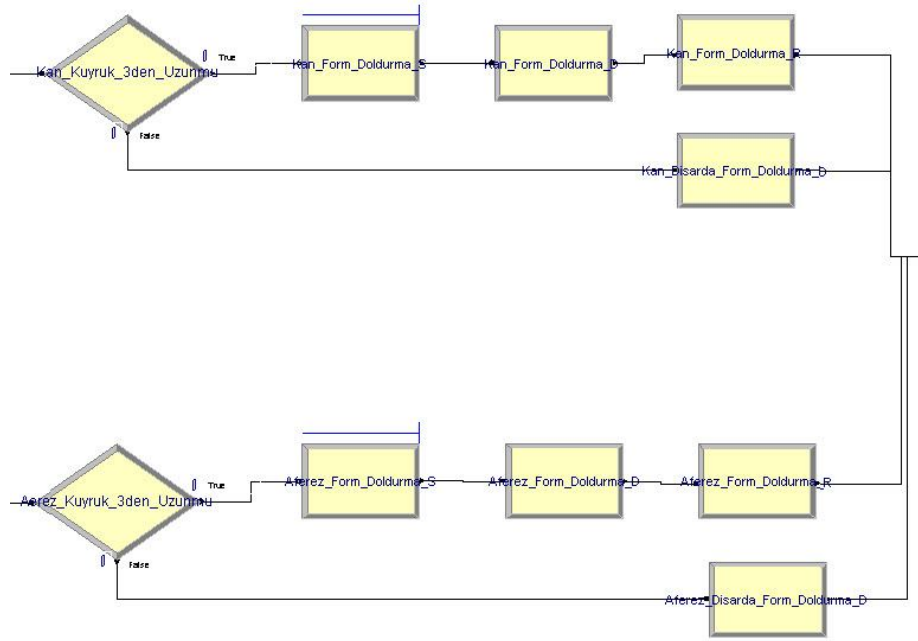
4.3.1. Sistemin benzetim modeli

Çalışmanın benzetim modelini kurma aşamasında, gözlemler ve uzmanlar yardımıyla oluşturulan iş akış diyagramından ve verilerden elde edilen sonuçlardan yararlanılmıştır.

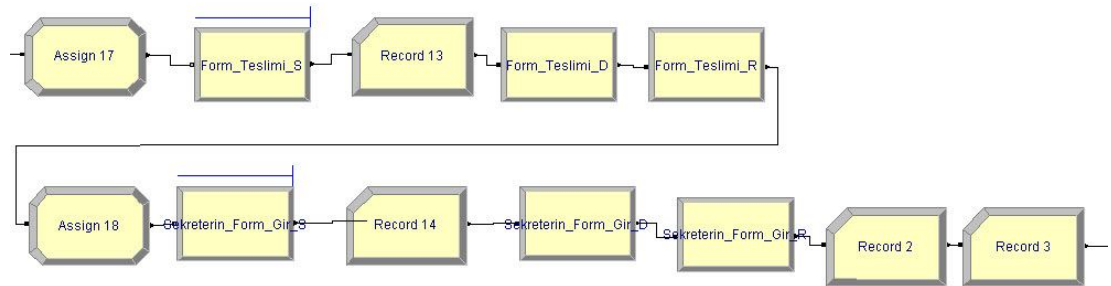
Donör Geliş ve Kayıt Süreci

Sisteme gelen donörler (Şekil 4.24) öncelikle, yapacakları bağış türüne göre (kan bağışı, aferez trombosit bağışı) farklı kollara ayrılmakta ve her iki tür bağış yapacak olan donörler dolduracakları formları almaktadır (Şekil 4.25).

Formlarını içerde veya dışarıda dolduran bütün donörler, doldurdıkları formlarını kimlikleri ile birlikte sekretere teslim etmektedir. Formları alan sekreter bu formları bilgisayara girmektedir (Şekil 4.27). Sekreterin formu girmesinden sonra, aferez trombosit bağıışı için gelen donörler çalışma için seçilen sistemden ayrılmaktadır. Bu aşamada kan bağıışı için gelen donörlere sekreter yaş kontrolü yapmakta, eğer donörün yaşı 18 ile 65 arasında değil ise sekreter yaşı uygun olmayan donörün kan bağıışını bu aşamada erteleyebilmektedir (Şekil 4.28).



Şekil 4.26. Donörlerin form doldurma işlemleri

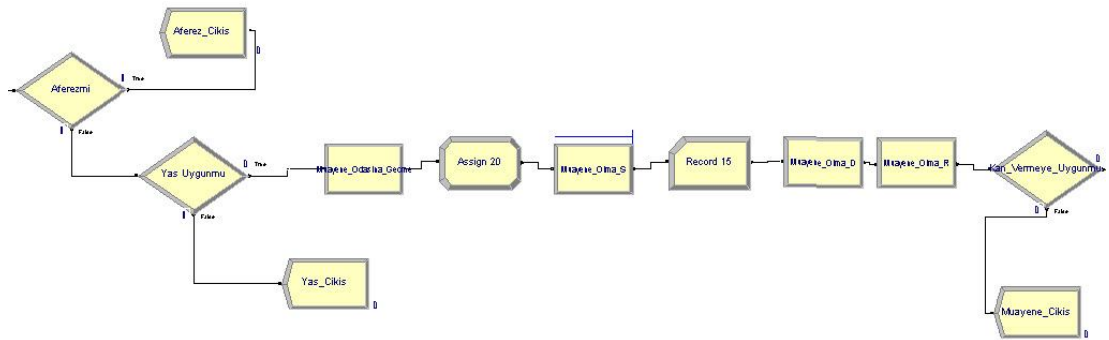


Şekil 4.27. Donörlerin form teslimi ve sekreterin form girme işlemleri

Donör Muayene Süreci

Kan vermeye uygun olan donörler, muayene odasına geçmektedir. Muayene sırasında ölçülen fiziksel değerleri kabul sınırları içinde olmayan ve doldurdıkları formlarda verdikleri cevaplara göre kan vermeye uygun olmayan donörlerin bu aşamada, muayene eden hemşirelerce, kan vermesi uygun olmama nedenine göre belirli bir süre (1 gün, 3 ay, ömür boyu vb) ertelenmektedir. Kan vermesi uygun olmayan donörler çalışma için seçilen sistemden ayrılmaktadır (Şekil 4.28).

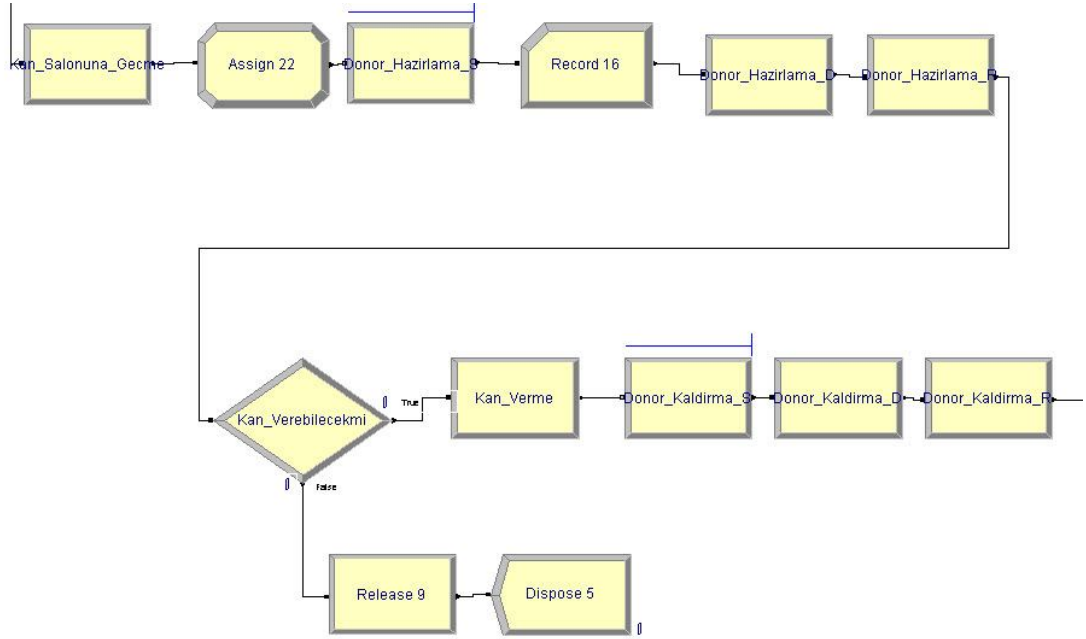
Muayene odasındaki hemşireden kan vermeye uygundur onayını alan donörler, kan alma salonuna geçmektedir (Şekil 4.29).



Şekil 4.28. Donörün muayene işlemi

Kan Verme Süreci

Kan alma salonuna geçen donörleri, uygun bir yatağa yatıran hemşire, donörü kan vermeye hazırlamaktadır. Kan verme işlemi sırasında donör sadece yatağı işgal edecektir. Bazı durumlarda, hemşire donörü kan vermeye hazırlarken donör, heyecanlanma, kan vermekten vazgeçme veya bayılma gibi nedenlerle kan veremeyebilmektedir, bu durum da modelde “donör kan verebilecek mi?” karar bloğu ile gösterilmiştir (Şekil 4.29).

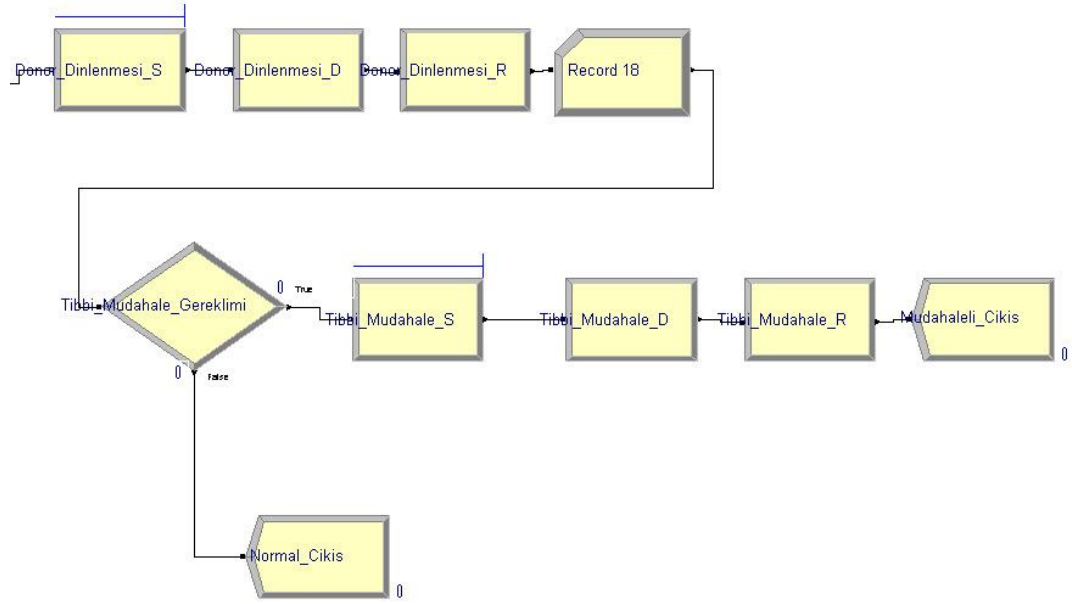


Şekil 4.29. Donörün kan verme işlemi

Donörün damar yapısına, nabzına vb nedenlere bağlı olarak değişen bu süre sonunda, bir hemşire donörden iğneyi çıkartıp aparatları hazırlayana kadar donör her iki kaynağı (yatak ve hemşire) da işgal etmektedir (Şekil 4.29).

Dinlenme ve Sistemden Ayrılma Süreci

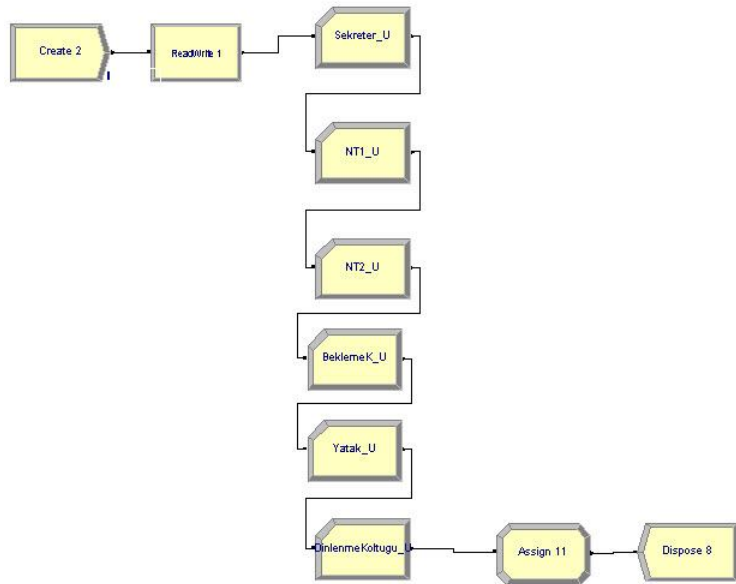
Kan verme işlemi sona eren ve yataktan kalkan donörler, kan alma salonunda bulunan koltuklarda dinlendirilmektedir. Bu süre içinde, tıbbi müdahale gereken donörlere hemşireler müdahale etmekte, müdahale gerekmeyen donörler ise dinlenmeleri bittiğinde kan alma salonundan ve seçilen sistemden ayrılmaktadırlar (Şekil 4.30).



Şekil 4.30. Donörün sistemden ayrılma işlemi

4.3.2. İstatistiklerin tutulma süreci

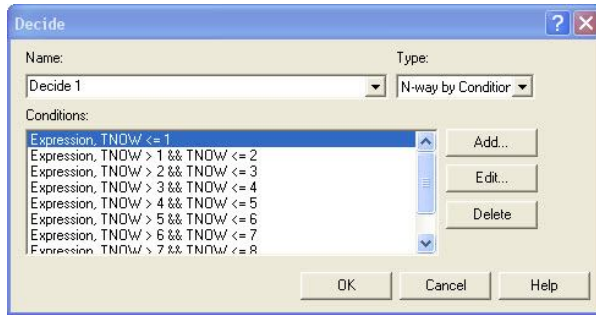
Modelin saatlik istatistiklerinin tutulabilmesi amacıyla oluşturulan yardımcı algoritmanın yapısı ise Şekil 4.31’de sunulmuştur.



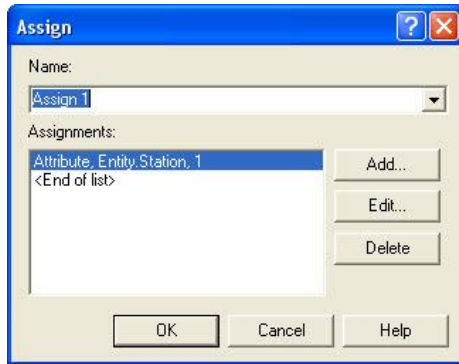
Şekil 4.31. İstatistiklerin tutulması işlemleri

4.3.3. Benzetim modelinin bloklarının açıklaması

Benzetim modelinde, sisteme gelen donörler, ilk önce bir karar bloğuna girmektedir, bu *karar bloğu* ve karar bloğundan sonraki *atama blokları* modelde istatistiklerin tutulması amacıyla oluşturulmuştur. Buna göre, karar bloğu, donörleri, sisteme geldiği saate göre ayırmakta (Şekil 4.32), karar bloğundan sonraki atama blokları ise, her saat aralığında gelen donörlere özel bir sayı vermektedir (Şekil 4.33).

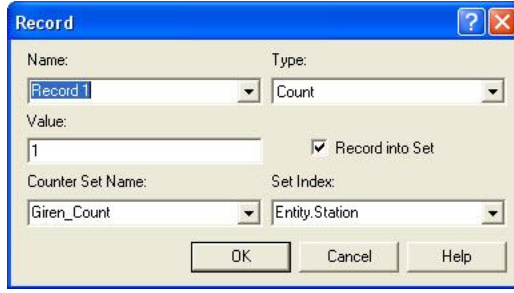


Şekil 4.32. Donörlerin saat aralıklarına göre ayrılması



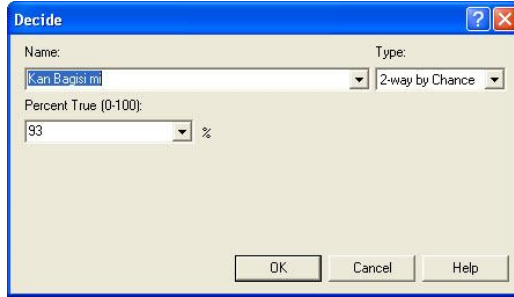
Şekil 4.33. Donörlere özel numara atanması

Atama bloklarından sonraki kayıt bloğu ise, her saat aralığında gelen donörleri saymaktadır (Şekil 4.34).



Şekil 4.34. Saat aralıklarında gelen donörlerin sayılması

Benzetim modelinde, sisteme gelen donörler, daha sonra bir karar bloğuna girmektedir (Şekil 4.35).



Şekil 4.35. Donörlerin modelde bağış türüne göre ayrılması

“*Kan bağışı mı*” karar bloğu, benzetim modelinde, gelen donörlerin %93’ünün kan bağışı için geldiğini belirtmek için kullanılmaktadır (Şekil 4.35). Daha sonra, her iki bağış türü için de gelen donörlerin (entity), sequence özelliğine (attribute) kan bağışı donörleri için “1”, aferez bağışı donörleri için “2” değeri atanmaktadır (Şekil 4.36).



Şekil 4.36. Modelde bağış türü özelliğinin belirlenmesi

Özelliği belirlenen donörler, “*form alma*” işlem bloğuna girmektedir. Bu blok her iki tür bağış için gelen donörlere göre farklıdır.

(a)

(b)

Şekil 4.37. Kan bağış donörlerinin modeldeki form alma işlem blokları

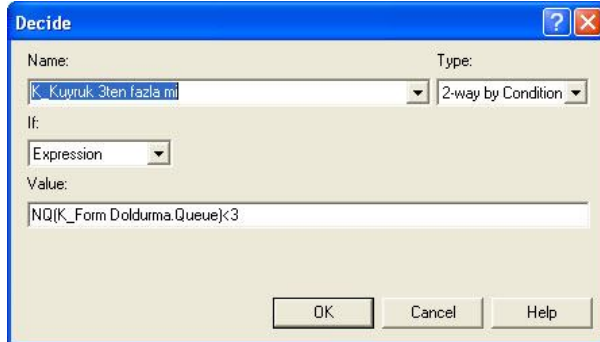
(a) Kaynağı kullanma

(b) Kaynağı meşgul etme

Kan bağışı için gelen donörler, formlarını sekreterden aldıkları için, bu süre boyunca sekreteri meşgul tutmakta (seize-delay), bu süre sonunda sekreter serbest (release) kalmaktadır (Şekil 4.37). Aferez trombosit bağışı için gelen donörler ise formu başka yerden aldıkları için, sekreteri meşgul etmemektedir (Şekil 4.38).

Şekil 4.38. Modeldeki aferez donörlerin form alma işlem bloğu

Sekreterden formlarını alan donörler, bunları doldurmak için sekreterlikte bulunan 10 kişilik alanı kontrol etmektedir ve eğer bu alanda ayakta bekleyenlerin sayısı 3’ten fazlaysa (Şekil 4.39) donörler boş koltuk beklemeyip formlarını dışarıda doldurup gelmektedirler.



Şekil 4.39. Modelde donörün kuyruğu kontrol etme bloğu

Boş koltuğa geçen veya dışarıda uygun bir yer bulan donörler form doldurmaktadır. Formunu koltukta dolduran donörler bu süre içinde 1 koltuk işgal etmektedir (Şekil 4.40).



Şekil 4.40. Modelde donörün form doldurma işlem bloğu

Formlarını bekleme koltuklarında dolduran tüm donörler, doldurdukları formları, kimlikleri ile birlikte sekretere teslim ederler. Donörler, formlarını teslim etme sırasında yine sekreteri meşgul edeceklerdir. Bu durum da form teslim işlemi için 1 adet sekreter kaynağının gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır (Şekil 4.41).

Şekil 4.41. Donörün form teslim etme bloğu

Sekreter daha sonra, teslim aldığı formları bilgisayara girmektedir. Formları bilgisayara girilirken aferez donörlerinin formlarına öncelik verilmektedir. Bu özellik, ARENA programının kuyruklar özelliği bölümünde kodlanmıştır (Şekil 4.42)

	Name	Type	Attribute Name
1	Kan_Form_Alma.Queue	First In First Out	Attribute 1
2	Kan_Form_Doldurma_S.Queue	First In First Out	Attribute 1
3	Aferez_Form_Doldurma_S.Queue	First In First Out	Attribute 1
4	Form_Teslimi_S.Queue	First In First Out	Attribute 1
5	Sekreterin_Form_Gir_S.Queue	Highest Attribute Value	Entity.Sequence
6	Muayene_Olma_S.Queue	First In First Out	Attribute 1
7	Donor_Hazirlama_S.Queue	First In First Out	Attribute 1
8	Donor_Kaldirma_S.Queue	First In First Out	Attribute 1

Şekil 4.42. Modeldeki kuyruk tipleri

Modelin diğer blokları, zaman tutma çalışmasından ve bilgi sisteminden elde edilen verilere uygun olarak benzer bir şekilde kodlanmıştır. Oluşturulan modelin kodu ekte sunulmuştur. (EK-2)

Benzetim modelinde, blokların oluşturulmasının haricinde personel ve diğer kaynakların oluşturulması Şekil 4.43'teki gibidir.

	Name	Type	Schedule Name
1	Sekreter	Based on Schedule	Sekreter_Sch
2	NT1	Based on Schedule	NT1_Sch
3	NT2	Based on Schedule	NT2_Sch
4	BeklemeKoltugu	Based on Schedule	BeklemeKoltugu_Sch
5	DinlenmeKoltugu	Based on Schedule	DinlenmeKoltugu_Sch
6	Yatak	Based on Schedule	Yatak_Sch

Şekil 4.43. Modelde kullanılan kaynaklar

4.4. Donörlerin Sisteme Varışlarının Modellenmesi

Hacettepe Üniversitesi Hastaneleri Kan Merkezi'nin kan bağış sistemi gönüllü olan veya hastanede yatan yakınlarına kan vermeye gelen donörlerden oluşmaktadır. Kan vermeye gelen donörler merkeze randevulu bir sisteme göre değil rastsal bir şekilde gelmektedir. Hasta yakınına kan vermeye gelen donörler teker teker gelebilecekleri gibi grup halinde de gelebilmektedir. Kan merkezi'nin kullandığı bilgi sisteminin veritabanının "Kan_Kabul" tablosunda, kan vermeye gelen donörlerin donör numaraları ile birlikte hangi hastaya kan verecekleri bilgisi ve sisteme kayıt tarihi gibi bilgileri de bulunmaktadır.

Saat Aralıklarında Gelen Donörlerin Ortalama ve Varyansları

Çalışmanın bu bölümünde, her günün saat aralıklarında gelen donör sayılarının örneklem ortalamaları ve varyansları incelenmiştir. Teorik bir model olarak Poisson dağılımı her ne kadar makul olacak görülsede, bunun incelenmesi önem arz eder. Analizde farklı günler için her saat aralıklarında gelen donör sayıları incelenmiş bu sayıların oluşturduğu verilerin ortalama ve varyansları hesaplanmıştır (Çizelge 4.17). Hesaplanan saat aralıklarına ilişkin ortalama ve varyans değerlerinin birbirine yakın olması, Poisson varsayımını destekleyecektir.

Çizelge 4.17. Saat aralıklarında gelen donör sayılarının ortalama ve varyansları

	Pazartesi		Salı		Çarşamba		Perşembe		Cuma	
	Ort	Var	Ort	Var	Ort	Var	Ort	Var	Ort	Vars
08:00-09:00	2,44	2,76	2,34	2,92	2,51	3,76	2,77	3,77	2,58	3,02
09:00-10:00	4,94	11,12	5,97	12,99	5,30	12,24	5,82	13,49	6,21	18,79
10:00-11:00	7,24	24,74	8,56	27,87	8,65	27,14	8,99	26,78	7,64	19,74
11:00-12:00	8,14	25,51	7,57	21,14	8,40	58,28	8,58	25,93	6,71	16,02
12:00-13:00	6,79	13,28	6,38	11,29	6,97	19,47	7,08	17,64	5,03	11,93
13:00-14:00	9,44	24,58	9,21	26,03	9,77	27,38	9,55	22,30	6,72	17,96
14:00-15:00	10,90	28,18	11,19	32,69	11,65	38,70	11,44	40,75	10,51	35,97
15:00-16:00	10,56	41,79	10,10	32,05	10,52	26,86	10,22	42,88	8,14	24,59

Ort: Ortalama

Var: Varyans

Elde edilen tablo incelendiğinde, haftanın yedi gününün saat aralıklarında gelen donör sayılarının ortalama ve varyans değerlerinin birbirinden oldukça farklı olduğu görülmüştür. Dolayısıyla sisteme gelen donörlerin Poisson dağılım ile modellenmesinin uygun olmadığı anlaşılmıştır. Bunun yanı sıra Kolmogorov-Simirnov testi de bu hipotezi reddetmiştir.

Sistem gözlemlenip, çalışanlarla konuşulduğunda ve bilgi sisteminin tablolarında tutulan kayıtlar incelendiğinde, donörlerin sisteme genelde teker teker gelmediği, çoğu durumda hasta yakınlarının gruplar halinde geldiği anlaşılmıştır. Bu durumda ise ilk önce grupların sisteme varışlarının Poisson olarak dağılıp dağılmadığı incelenmiştir.

Kullanılan “Kan_Kabul” tablosunda, gelen donörlerin bir grupla birlikte mi geldiği ya da bireysel mi geldiği bilgisinin kaydı tutulmadığı için, tablodaki kayıtların gruplandırılmasında bazı varsayımlar kullanılmıştır. Sisteme gelen donörlerin kayıtlarının sekreterlikte sırayla yapıldığı sistemin gözlemlenmesi sırasında belirlenmişti. Bu gözlem ışığında, aynı hastaya kan vermek için gelen donörlerin kayıt tarihleri arasında belirli bir miktar zaman olacaktır. Örneğin, bir hasta için kan vermeye gelen 15 kişilik bir donör grubunu le alalım. Bu gruptan sekreterliğe ilk kayıt yaptıran donör ile ikinci donör arasında ortalama 4 dakikalık bir zaman aralığı bulunmaktadır. Çalışmada bir hastaya kan vermek için gelen ilk donör ile oluşan bu zaman aralığı için 5, 10, 20 ve 30 dakikalık periyotlar denenmiş ve yapılan gözlemler ve analizler sonucunda bu periyot 30 dakika olarak belirlenmiştir. Bu varsayım

altında, eğer aynı hasta için kan vermeye gelen donörlerin kayıt tarihleri arasında 30 dakika varsa bu donörler aynı gruba atanmıştır. Eğer hastanede yatan bir hasta için kan vermeye gelen donörün kayıt tarihi, aynı hasta için kan vermeye gelmiş olan bir önceki donöründen 30 dakika fazlaysa bu donörler farklı bir grupla birlikte gelmiş olarak kabul edilmiştir. Aynı şekilde, eğer gelen donörler farklı hasta için kan vermeye gelmişler ise, kayıt tarihleri arasında 30 dakikadan daha az zaman olsa dahi farklı hasta için gelmiş olduklarından dolayı yine farklı gruba atanmaktadırlar.

Bu gruplandırma işlemi için ilk önce “Kan_Kabul” tablosundan yeni bir alt tablo oluşturulmuştur. Çünkü “Kan_Kabul” tablosunda, gruplandırma işleminde kullanılmayacak birçok alan bulunmakta ve kullanılmayacak bu alanlar, yapılacak işlemi yavaşlatacağından dolayı, sadece gerekli alanların bulunduğu bir “Kan_Kabul alt tablosu” oluşturulmuştur.

“Kan_Kabul alt tablosunda” sadece, gelen donörlerin donör numaralarıyla birlikte hangi hasta için geldiği ve ne zaman sekreterlikte kayıt olduğu bilgileri bulunmaktadır (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18. Kan kabul alt tablosu

Tarih	Donor No	Hasta No	Geçici Gr No	Zaman Aralığı	Grup No	Kayıt Zamanı	Sonuncu Zamanı	Hasta No	Büyüklik
09:22	52941	3178061	1	00:00:00	1	09:22:25	09:22:25	3178061	1
09:59	52944	3178061	1	00:37:11	2	09:59:36	09:59:36	3178061	1
10:01	52942	2679833	3		3	10:01:00	10:01:00	2679833	1
10:09	52948	2497958	4		4	10:09:52	10:09:52	2497958	1
10:32	52949	3132821	5		5	10:32:48	10:32:48	3132821	1
11:05	52950	403804	6		6	11:05:26	11:05:26	403804	1
11:06	52951	403804	6	00:00:42	6		11:06:08	403804	2
11:16	17751	2759564	7		7	11:16:45	11:16:45	2759564	1
11:55	52952	2625603	8		8	11:55:51	11:55:51	2625603	1
12:22	52953	3178976	9		9	12:22:34	12:22:34	3178976	1
12:25	52954	3178976	9	00:02:35	9		12:25:09	3178976	2
13:41	52966	3178188	10		10	13:41:12	13:41:12	3178188	1
13:44	52968	3178188	10	00:03:40	10		13:44:52	3178188	2
13:47	52967	3178188	10	00:02:31	10		13:47:23	3178188	3
13:50	52957	2425305	11		11	13:50:10	13:50:10	2425305	1
13:53	52958	2425305	11	00:03:32	11		13:53:42	2425305	2
13:56	52960	2425305	11	00:02:32	11		13:56:14	2425305	3
13:58	52961	2425305	11	00:01:54	11		13:58:08	2425305	4
14:01	52962	2425305	11	00:03:25	11		14:01:33	2425305	5

Bu veriler, bir Excel tablosuna aktarılıp daha sonra analizi kolaylaştırmak için gün bazında sıralanmıştır. Bu işlemi takiben kan merkezine kan vermek için gelmiş olan donör gruplarının, grup büyüklüğünü belirlemek için Visual BASIC bilgisayar dili yardımıyla bir yardımcı kod yazılıp gruplandırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Bu gruplandırma işlemi ile birlikte, her donör grubunun sisteme giriş yaptığı tarih ve saat bilgileri ile birlikte grup büyüklükleri bilgileri elde edilmiştir.

Yazılan makro yardımıyla donör gruplarının varış zamanları hafta içi her gün için belirlenen saatlere göre gruplandırılmış ve her saat aralığında gelen donör gruplarının Poisson olarak dağılıp dağılmadığının analizi yapılmıştır (Çizelge 4.19). Yapılan bu analizlerden sonra, donör gruplarının sisteme varışlarının, hafta içi her gün mesai saatlerinde her saat aralığı için, varış oranlarının farklı olduğu ve Poisson olarak dağıldığı belirlenmiştir. Bu analizde P-değeri için kritik değer olarak 0,01 belirlenmiştir.

Çizelge 4.19. Grupların Poisson analiz P-değerleri tablosu

	08:00 09:00	09:00 10:00	10:00 11:00	11:00 12:00	12:00 13:00	13:00 14:00	14:00 15:00	15:00 16:00
Pazartesi	0,01	0,36	0,04	0,86	0,43	0,02	0,18	0,37
Salı	0,76	0,29	0,56	0,56	0,69	0,47	0,09	0,84
Çarşamba	0,10	0,11	0,04	0,05	0,06	0,01	0,58	0,22
Perşembe	0,05	0,48	0,01	0,32	0,28	0,83	0,03	0,02
Cuma	0,05	0,30	0,51	0,91	0,31	0,11	0,16	0,76

Birleşik (Compound) Poisson olarak adlandırılan bu süreç, grupların belirli bir zaman diliminde sayılarının Poisson dağıldığı ve grup büyüklüklerinin de bir olasılık dağılımına göre belirlendiği esasına dayanmaktadır.

Grup Büyüklüklerinin Olasılık Dağılımının Belirlenmesi

Kan merkezine gelen donör gruplarının sisteme varışlarının Poisson olarak dağılmasının anlaşılmasından sonra, gelen donörlerin grup büyüklükleri için bir olasılık dağılımı belirlenmeye çalışılmıştır. “Kan_Kabul” tablosundan oluşturulan alt

tablo yardımıyla grupların sisteme varış zamanları ile birlikte aynı zamanda bu grup büyüklükleri de hesaplanmıştır.

Her saat aralığında donör gruplarının Poisson varış oranları değiştiğinden dolayı (Çizelge 4.20), çalışmada, grupların varışları için günün her saatinde değişen Poisson oranları kullanılmış fakat gelen grupların büyüklüklerinin bulunmasında, çalışma günlerinin mesai saatleri için farklı dağılımlar kullanılmamıştır. Bunun temel sebebi gelen donör gruplarının büyüklük oranlarının dağılımlarının, günler arasında ve mesai saatleri arasında farklılık göstermediğinin analiz sonucunda anlaşılmış olmasıdır.

Çizelge 4.20. Donör gruplarının varış hızları

	08:00 09:00	09:00 10:00	10:00 11:00	11:00 12:00	12:00 13:00	13:00 14:00	14:00 15:00	15:00 16:00
Pazartesi	0,59	2,33	3,15	3,84	3,38	4,14	5,47	5,02
Salı	0,72	2,86	3,92	3,79	3,16	4,22	5,35	4,92
Çarşamba	0,65	2,54	3,92	4,09	3,17	4,63	5,55	5,31
Perşembe	0,72	2,95	4,16	4,25	3,32	4,50	5,33	4,89
Cuma	0,59	2,91	3,61	3,42	2,21	2,92	4,31	3,85

Bu aşamada, bir haftada gelen donörlerin grup büyüklüklerinin dağılımı ile çalışma günlerinin mesai saatlerinde gelen donör gruplarının grup büyüklüklerinin dağılımları test edilmiştir. Bu testin amacı, karşılaştırılan verilerin aynı dağılımdan gelip gelmediğinin anlaşılmasıdır. Matlab 2007 programının KSTEST2 fonksiyonu yardımıyla karşılaştırılan bu verilerin özeti Çizelge 4.21’de sunulmuştur. Bu tablolardan da anlaşılacağı üzere, çalışma günlerinin mesai saatlerinde gelen donör gruplarının büyüklükleri ile bir hafta da gelen donör gruplarının büyüklükleri aynı dağılımdan gelmektedir. Dolayısıyla, çalışmada donör grup büyüklükleri belirlenirken tek bir olasılık dağılımı kullanılmıştır.

Çizelge 4.21. Grup büyüklükleri karşılaştırılmasının P-değerleri

	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma
P-Değerleri	0,6241	0,8425	1,0000	0,9849	0,9987

Donör gruplarının grup büyüklükleri belirlenirken kullanılan veriler için ilk önce yine ARENA programının dağılım belirleme özelliği kullanılmıştır, ancak verilerin büyüklüğünün yeterince büyük olmasından dolayı, grup büyüklükleri için ampirik (gözlemsel) dağılım kullanılmıştır (Çizelge 4.22) . Sonuç olarak, donör gruplarının sisteme varış süreci için, her saat aralığında değişen ortalamalı poisson dağılımı, donör gruplarının büyüklükleri için de ampirik dağılım kullanılmıştır.

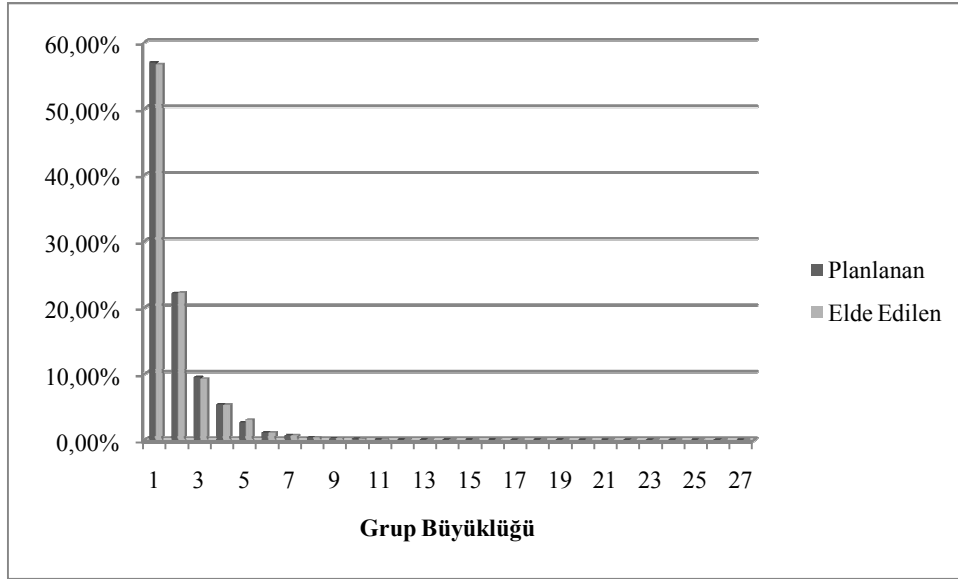
Çizelge 4.22. Grup büyüklükleri dağılımı

Olasılık Değeri	Grup Büyüklüğü		Olasılık Değeri	Grup Büyüklüğü		Olasılık Değeri	Grup Büyüklüğü
56,951%	1		0,196%	10		0,023%	19
22,164%	2		0,130%	11		0,006%	20
9,525%	3		0,075%	12		0,010%	21
5,435%	4		0,066%	13		0,006%	22
2,641%	5		0,035%	14		0,007%	23
1,169%	6		0,056%	15		0,003%	24
0,731%	7		0,026%	16		0,003%	25
0,428%	8		0,010%	17		0,004%	28
0,274%	9		0,023%	18		0,003%	32

4.5. Benzetim Modelinin Doğrulanması

Sistemin benzetim modelinin kurulmasından sonraki aşama, bu modelin adım adım çalıştırılarak gerçek sistemi ne kadar temsil ettiğinin test edilmesidir, başka bir ifadeyle doğrulanması ve geçerliliğinin yapılmasıdır. Yapılan bu tez çalışmasında gerçek sistemin modelinin kurulmasından sonra benzetim modeli çalıştırılmış, modelin günlük sonuçları, bilgi sisteminden elde edilen ve yapılan zaman tutma çalışmalarının sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Benzetim modelinin doğrulanması için yapılan ilk testte sisteme varışlar için üretilen donör gruplarının sayısı kontrol edilmiştir. Modelde kan merkezine gelen donör gruplarının büyüklükleri, bilgi sisteminden elde edilen, gerçek sisteme gelen donör grup büyüklükleri ile karşılaştırılmış ve yapılan karşılaştırma sonunda bu değerlerin birbirinden farklı olmadığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.44).



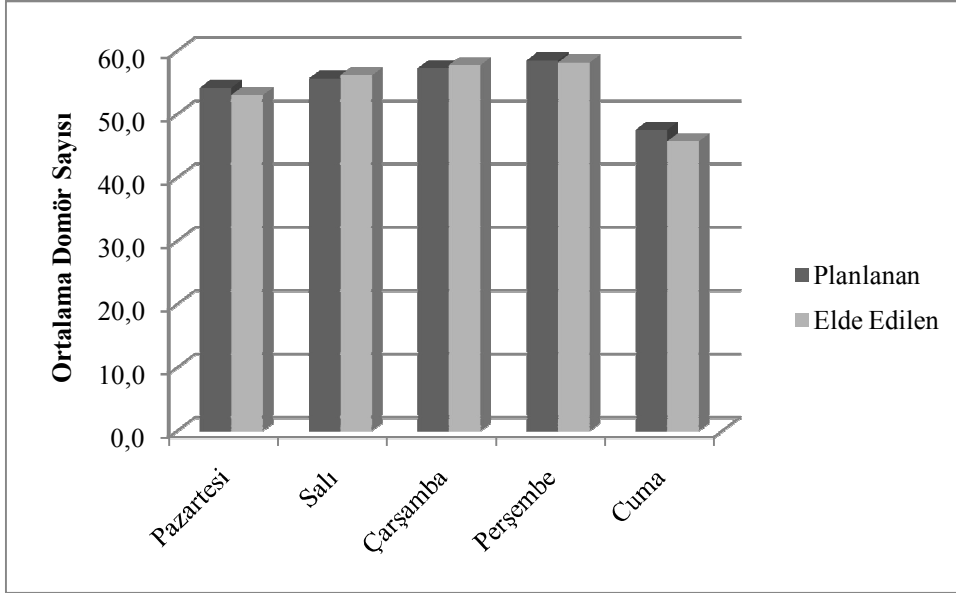
Şekil 4.44. Grup büyüklüklerinin karşılaştırılması

Grafikten de görüldüğü üzere, benzetim modeli planlandığı gibi donör gruplarını üretmekte ve sisteme göndermektedir.

Yapılan ikinci testte ise benzetim modelinin geçerliliği test edilmiştir. Bu test ile amaç oluşturulan benzetim modelinin gerçek sistemi ifade edip etmediğinin araştırılmasıdır. Bunun için öncelikle modelin kurulma aşamasında, kabul edilen varsayımlar ele alınmış ve modeldeki etkileri incelenmiştir. Modelin ve varsayımların incelenmesi aşamasında kan merkezi çalışanları ile görüşülmüştür.

Benzetim modelinin geçerliliğinin testi aşamasında modelin ürettiği sonuçlar ile gerçek sistemden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu aşamada, benzetim modelinin donörlerin oluşturulduğu aşamasından sonraki bölümüne bir kayıt bloğu eklenmiş ve bu kayıt boğu yardımıyla günlük donör sayıları hesaplanmıştır.

Mevcut sistemin benzetim modelinin çalıştırılması sonunda raporlanan her gün için gelen donörlerin sayıları ile gerçek sistemdeki günlük donör sayıları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada da benzetim modelinin sonuçlarıyla gerçek sistemden elde edilen sonuçların farklı olmadığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.45).



Şekil 4.45. Üretilen donör sayısı grafiği

Mevcut sistemin benzetim modeli için yapılan doğrulama ve geçerliliğin sağlanması işlemlerinden sonra, beşinci bölümde gerçek sistem için alternatiflerin belirlenmesi ve bu alternatiflerin nasıl karşılaştırılacağı anlatılmıştır.

5. ALTERNATİF SİSTEMLERİN BELİRLENMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI

Önerilecek alternatiflerin sonuçlarını gerçek sistem üzerinde uygulayarak gözlemlemek çok maliyetlidir ya da mümkün değildir. Gerçek sistemlerin üzerinde denemelerin yapılamayacağı durumlarda değerlendirme, benzetim modelleri yoluyla yapılabilir. Bu çalışmada kullanılan benzetim modeli ile oluşturulan kan bağış sisteminin alternatiflerinin performanslarını bilgisayar ortamında analiz etme imkânı elde edilmiştir.

Tezin bu aşamasına kadar, ele alınan kan bağış sistemi ayrıntılarıyla incelenmiş ve bu sistemin benzetim modelinin kurulabilmesi için gerekli veriler belirlenmiştir. Bu verilerin elde edilmesinin ardından gerçek sistemin benzetim modeli kurulmuş ve doğrulanması yapılmıştır.

Çalışmanın bu bölümünde ise, mevcut kan bağış sisteminin iyileştirilebilmesi amacıyla alternatiflerin oluşturulması, bu oluşturulan alternatiflerin karşılaştırılabilmesi için performans ölçütlerinin belirlenmesinin ardından, alternatif modellerin birbirleri ve mevcut sistem ile karşılaştırılması ve son olarak performans ölçütlerini en iyi şekilde sağlayan alternatif modelin, öneri olarak seçilmesi anlatılmıştır.

5.1. Alternatif Sistemlerin Belirlenmesi

Mevcut sisteme alternatif olan sistemler, personel sayıları ve bu merkezde uygulanan iş atama kuralları değiştirilerek belirlenmiştir. Hacettepe Üniversitesi Hastaneleri Kan Merkezi'nde, donörlerin kayıt işlemlerinde görevli 1 sekreter, donör muayenesinde görevli 2 hemşire ve kan alma salonunda görevli 3 hemşire bulunmaktadır. Ayrıca, personel harici kan alma salonunda 7 adet yatak ile 4 adet dinlenme koltuğu ve sekreterlik bölümünde de 10 adet bekleme koltuğu bulunmaktadır.

Mevcut sistemin benzetim modelinin çalıştırılması sonucunda, kan merkezine gelen donörlerin, sekreterlikte yapılan işlemlerde çok beklediği, dolayısıyla sekreterin yaptığı işlerde darboğazların olduğu belirlenmiştir. Bu bilgi dâhilinde sekreterlikteki işlemlerde kullanılan personel sayısında bir problem olduğu ve dolayısıyla bu işlemlerin iyileştirilmesi için bir çalışma yapmak gerektiği düşünölmüştür.

Ayrıca bu bulguya ek olarak, kan merkezi çalışanları ile yapılan görüşmeler sonucunda, sekreterin diğer personellere göre daha çok çalıştığı, dengesiz olan iş yükleri sonucunda çalışanların motivasyonlarının bozulduğu anlaşılmıştır. Belirlenen bu durumlardan dolayı tez çalışması için ilk alternatif, sekreterlik bölümüne bir adet sekreterin daha alınması şeklinde oluşturulmuştur.

Özetle, bu çalışmada belirlenen *birinci alternatifte* göre, kan merkezi'nde, donörlerin kayıt işlemlerinde görevli 2 sekreter, donör muayenesinde görevli 2 hemşire ve kan alma salonunda görevli 3 hemşire bulunmaktadır. Bu alternatifte personel harici kaynaklarda bir değişiklik yapılmamıştır.

Karşılaştırılmak üzere belirlenen *ikinci alternatifte* ise, sekreterlikte görevli 2 sekreterin bulunmasıyla beraber muayene odasındaki hemşireler ile kan alma salonundaki hemşirelerin aynı kaynak olarak tanımlanması ancak bu birleştirilmiş kaynağın sayısının mevcut sistemdeki toplam rakam olan 5 (2+3) yerine, 4 olması şeklinde oluşturulmuştur. Bu alternatifte göre, muayene odasındaki hemşireler meşgul olmadığında, kan alma salonundaki işler için kullanılabilecek, aynı şekilde, kan alma salonundaki hemşireler meşgul olmadığında, donörün muayene edilmesi işleminde kullanılabileceklerdir.

Mevcut sistemin analizinde iş akışının oluşturulması aşamasında, kan merkezindeki çalışanlar ile yapılan görüşmelerde, kan merkezinde bir çalışanın izine ayrılması durumunda ya da birkaç çalışanın aynı anda bir etkinliğe (konferans gibi) katılmaları durumunda muayene odasındaki ve kan alma salonundaki işlerin, kaynakların azalması yüzünden yoğunlaştığı bilgisi elde edilmiştir. Oluşturulan ikinci alternatif,

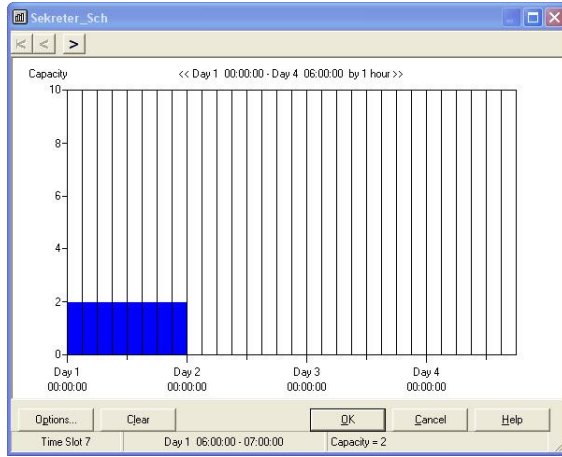
bu gibi durumlarda iş yükünün nasıl etkileneceğinin belirlenmesi amacıyla oluşturulmuştur.

Bundan sonraki aşamalarda, belirlenen alternatif sistemlerin benzetim modelleri oluşturulacak, ardından bu modeller ile mevcut sistemin modeli karşılaştırılacaktır.

5.2. Alternatif Sistemlerin Benzetim Modellerinin Oluşturulması

Alternatif sistemlerin benzetim modellerinin oluşturulması aşamasında geliştirilen mevcut sistemin benzetim modeli kullanılmıştır.

Birinci alternatifin benzetim modeli oluşturulurken, mevcut sistemin benzetim modelindeki kaynak sayısının belirlenmesi aşamasında, sekreter kaynağının sayısı 1 yerine 2 olarak kodlanmıştır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Birinci alternatifin kodlanması

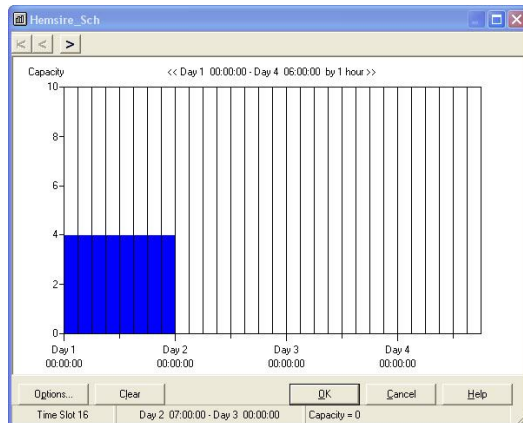
Bu durumda, oluşturulan birinci alternatifte, kan merkezinde aynı anda çalışan 2 sekreter olacaktır. Dolayısıyla sisteme gelen donörler form alırken uygun olan sekreterden form alacaklardır. İki sekreterin de meşgul olması durumunda ise, tek bir kuyruğa girecek olan donörler ancak herhangi bir sekreterin uygun olması durumunda formlarını alabileceklerdir. Aynı durum, donörlerin formlarını teslim etmeleri ve donörlerin formlarının bilgisayara girilmesi aşamalarında da olacaktır.

İkinci alternatif, mevcut sistemin iş atamalarının değiştirilmesiyle oluşturulduğundan dolayı, ikinci alternatifin benzetim modelinin kurulması birinci alternatife göre biraz daha karmaşıktır. Mevcut sistemin benzetim modelinde muayene odasında çalışan hemşireler için NT1 adında bir kaynak tanımlanmış ve bu kaynağın sayısı 2 olarak kodlanmıştır. Mevcut sistemin benzetim modelinde kan alma salonunda çalışan hemşireler için ise NT2 adında başka bir kaynak oluşturulmuş ve kan alma salonundaki işlerden sorumlu NT2 kaynağının sayısı 3 olarak kodlanmıştır.

İkinci alternatifin benzetim modelinin geliştirilmesinde, sistemdeki anlatılan bu iki kaynak yerine *hemşire* adıyla tek bir kaynak oluşturulmuş (Şekil 5.2) ve bu kaynağın sayısı 4 olarak kodlanmıştır (Şekil 5.3). Bu yeni kaynağın (hemşire) oluşturulmasının ve sayısının kodlanmasının ardından, modeldeki bütün NT1 ve NT2'lerin kullanıldığı yerlerdeki kaynak, hemşire olarak değiştirilmiştir.

	Name	Type	Schedule Name
1	Sekreter	Based on Schedule	Sekreter_Sch
2	NT1	Based on Schedule	NT1_Sch
3	NT2	Based on Schedule	NT2_Sch
4	BeklemeKoltugu	Based on Schedule	BeklemeKoltugu_Sch
5	DinlenmeKoltugu	Based on Schedule	DinlenmeKoltugu_Sch
6	Yatak	Based on Schedule	Yatak_Sch
7	hemşire	Based on Schedule	hemşire_Sch

Şekil 5.2. İkinci alternatifteki yeni kaynağın tanımlanması



Şekil 5.3. İkinci alternatifteki yeni kaynağın sayısının belirlenmesi

Bu durumda, oluşturulan ikinci alternatifte, kan merkezinde, muayene odasında çalışan ayrı hemşireler ve kan alma salonunda çalışan ayrı hemşireler bulunmayacaktır. Bunun yerine muayene odasından ve kan alma salonundan sorumlu 4 kişilik bir hemşire takımı olacaktır.

5.3. Performans Ölçütleri

Alternatif sistemlerin benzetim modellerinin oluşturulmasından sonra, bu sistemlerin birbirleriyle ve mevcut sistemle karşılaştırılabilmesi amacıyla kıstasların, başka bir ifade ile performans ölçütlerinin, belirlenmesi gerekmektedir.

Benzer çalışmalarda, sağlık kurumlarının değerlendirilmeleri aşamalarında kullanılan performans ölçütlerine örnek olarak, hizmet edilebilen hasta sayısı, hastaların sağlık kurumunu tekrar tercih etme oranı, belirli bir süreden fazla bekleyen hasta sayısı ve hastaların bir kuyruktaki ortalama bekleme zamanları verilebilir.

Bir sağlık kurumunda donörlerin fazla bekleme süreleri, o kurumun kaynaklarının yetersiz olduğu ya da kaynakların yanlış kullanıldığı şeklinde yorumlanabilmektedir. Sağlık kurumuna gelen donörlerin alacağı hizmet az bir sürede tamamlanmaktayken, bekleme süreleri veya gereksiz iş akışları dolayısıyla sistemde geçirdiği toplam sürenin artması, donörlerin bu sistemden memnun olarak ayrılmamaları, bir dahaki sefer için bu sağlık kurumunu tercih etmemeleri ile sonuçlanabilir.

Hizmet edilen donör sayısı ve tekrar kan bağışlayacak donörlerin aynı kurumu tercih etme oranı yüksek olan kurumların kaynaklarının yeterli olduğu, bu göstergelerin düşük olduğu sağlık kurumlarına göre daha iyi bir performans sergilediği açıktır.

Sağlık kurumlarında çalışanlar açısından performans ölçütü ise dengeli iş yükü dağılımıdır. Sistemde çalışanlar arasında dengeli bir iş yükü olduğunda hem personelin motivasyonu daha yüksek olacak hem de yoğun çalışma sonucu performansı düşük çalışan sayısı daha az olacaktır.

Ele alınan sistemdeki problemler, belirlenen gün ve saatlerde, gelen donörlere hizmet eden kaynakların kullanım oranlarının düzensiz oluşu ve donörlerin kan merkezinde kaynakların yetersiz olduğu yerlerdeki beklemeeleridir. Dolayısıyla, bu tez çalışmasında performans ölçütleri olarak, kan bankası sistemindeki süreçlerin önünde oluşan kuyruklardaki bekleme süreleri, kaynakların kullanım oranları, iş yükü dengesi ve donörlerin toplam akış zamanı ele alınmıştır. Bu performans ölçütleri aşağıda sıralanmaktadır;

- Donörlerin Ortalama Toplam Bekleme Zamanı
- Donörlerin Sistemde Geçirdiği Ortalama Toplam Zaman
- Sisteme Gelen Donör Sayısı
- Hizmet Verilen Toplam Donör Sayısı
- Donör Hazırlama Sürecindeki Ortalama Bekleme Zamanı
- Sekretere Form Teslim Etme Sürecindeki Ortalama Bekleme Zamanı
- Form Alma Sürecindeki Ortalama Bekleme Zamanı
- Sekreterin Formu Girme Sürecindeki Ortalama Bekleme Zamanı
- Muayene Odasına Girmeden Önceki Ortalama Bekleme Zamanı
- Bekleme Koltuklarının Kullanım Oranı
- Dinlenme Koltuklarının Kullanım Oranı
- NT1'lerin Kullanım Oranı
- NT2'lerin Kullanım Oranı
- Sekreterin Kullanım Oranı
- Yatakların Kullanım Oranı

5.4. Alternatif Sistemlerin Sonuçlarının Karşılaştırılması

Tez çalışması kapsamında oluşturulan bütün benzetim modellerinin birbirleriyle karşılaştırılması amacıyla performans ölçütleri belirlenmiştir. Bu bölümde ise, benzetim modellerinin çalıştırılması ve birbirleriyle kıyaslanmaları anlatılmıştır.

Modellerin birbirleriyle eşit şartlarda karşılaştırılabilmesi amacıyla Law ve Kelton birçok yöntem önermişlerdir [Law ve Kelton, 2000]. Benzetim modellerinin birbirleriyle karşılaştırılması için bu çalışmada, *ortak rastsal değişkenler tekniği* kullanılmıştır. Bu yönetime göre, mevcut sistemin benzetim modeli için üretilecek rastsal değişkenler, bu mevcut sistemin alternatiflerinin modelleri için de kullanılacaktır, bunun sonunda modelle aynı değerlerle çalıştırılmış olacaktır. Dolayısıyla, mevcut sistem ile alternatif sistemler eşit şartlarda çalıştırılmış olacak dolayısıyla kıyaslamalar daha anlamlı olacaktır.

Modellerin karşılaştırılması aşamasında, karar verilmesi gereken diğer bir parametre ise, benzetim modellerinde kaç tekrar yapılması gerekliliğidir. Bu çalışmadaki modellerin tekrar sayılarını belirleme aşamasında, birçok tekrar sayısı denenmiş ve belirli bir sayıdan sonra sistemin tepkisinin değişmediği gözlemlenmiştir (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1. Modelin tekrar sayılarına verdiği tepki

	Scenario Properties				Control	Responses	
	S	Name	Program File	Reps	Num Reps	Entity 1 Number In	Sekreterin Formu eduledUtilizati
1		Scenario 1	28 : Model1.p	50	50	63.400	0.123
2		Scenario 2	28 : Model1.p	100	100	62.110	0.133
3		Scenario 3	28 : Model1.p	150	150	62.873	0.145
4		Scenario 4	28 : Model1.p	200	200	61.880	0.140
5		Scenario 5	28 : Model1.p	250	250	61.852	0.150
6		Scenario 6	28 : Model1.p	300	300	61.567	0.148
7		Scenario 7	28 : Model1.p	350	350	61.820	0.150
8		Scenario 8	28 : Model1.p	400	400	62.095	0.149
9		Scenario 10	28 : Model1.p	500	500	62.020	0.149
10		Scenario 12	28 : Model1.p	600	600	62.128	0.148

Tablodan da görüldüğü gibi, çalışmadaki bütün modeller 600 tekrarla çalıştırılmış ve elde edilen sonuçlar bu 600 değerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

Tez çalışmasında, mevcut sistemin ve alternatiflerin benzetim modelleri haftanın iş günleri için ayrı ayrı çalıştırılmış ve hesaplanan performans ölçütleri çizelgelerde sırayla sunulmuştur (Çizelge 5.2 - Çizelge 5.6).

Çizelge 5.2. Pazartesi günü için mevcut sistemin ve alternatiflerin sonuçları

Pazartesi			
Performans Ölçütleri	Mevcut Sistem	Alternatif 1	Alternatif 2
Donörlerin Ortalama Toplam Bekleme Zamanı	12,09	4,26	3,6
Donörlerin Sistemde Geçirdiği Ortalama Toplam Zaman	40,788	33	32,4
Sisteme Gelen Donör Sayısı	53	54	53
Hizmet Verilen Toplam Donör Sayısı	45	48	48
Donör Hazırlama Ortalama Bekleme Zamanı	0,3	0,3	0,18
Form Teslim Etmede Ortalama Bekleme Zamanı	1,938	0,684	0,66
Form Almadaki Ortalama Bekleme Zamanı	4,344	0,99	0,96
Sekreterin Formu Girmedeki Ortalama Bekleme Zamanı	6,66	1,824	1,74
Muayene Odası Ortalama Bekleme Zamanı	0,186	0,42	0,138
Bekleme Koltuklarının Kullanım Oranı	13,00%	14,00%	13,50%
Dinlenme Koltuklarının Kullanım Oranı	6,00%	7,00%	7,00%
NT1'lerin Kullanım Oranı	20,40%	22,00%	23,00%
NT2'lerin Kullanım Oranı	17,30%	18,00%	23,00%
Sekreterin Kullanım Oranı	46,00%	28,00%	27,10%
Yatakların Kullanım Oranı	13,00%	14,00%	14,00%

Çizelge 5.3. Salı günü için mevcut sistemin ve alternatiflerin sonuçları

Salı			
Performans Ölçütleri	Mevcut Sistem	Alternatif 1	Alternatif 2
Donörlerin Ortalama Toplam Bekleme Zamanı	13,32	4,8	4,2
Donörlerin Sistemde Geçirdiği Ortalama Toplam Zaman	42,6	33,6	33
Sisteme Gelen Donör Sayısı	56	56	55
Hizmet Verilen Toplam Donör Sayısı	47	51	50
Donör Hazırlama Ortalama Bekleme Zamanı	0,438	0,6	0,36
Form Teslim Etmede Ortalama Bekleme Zamanı	1,98	0,66	0,66
Form Almadaki Ortalama Bekleme Zamanı	4,68	0,96	0,96
Sekreterin Formu Girmedeki Ortalama Bekleme Zamanı	7,434	1,8	1,86
Muayene Odası Ortalama Bekleme Zamanı	0,192	0,396	0,168
Bekleme Koltuklarının Kullanım Oranı	14%	14%	14%
Dinlenme Koltuklarının Kullanım Oranı	7%	7%	7%
NT1'lerin Kullanım Oranı	21%	22%	25%
NT2'lerin Kullanım Oranı	20%	22%	25%
Sekreterin Kullanım Oranı	49%	29%	28%
Yatakların Kullanım Oranı	20%	22%	21%

Çizelge 5.4. Çarşamba günü için mevcut sistemin ve alternatiflerin sonuçları

Çarşamba			
Performans Ölçütleri	Mevcut Sistem	Alternatif 1	Alternatif 2
Donörlerin Ortalama Toplam Bekleme Zamanı	14,4	4,8	4,2
Donörlerin Sistemde Geçirdiği Ortalama Toplam Zaman	43,38	33,6	33,6
Sisteme Gelen Donör Sayısı	58	57	57
Hizmet Verilen Toplam Donör Sayısı	48	51	51
Donör Hazırlama Ortalama Bekleme Zamanı	0,48	0,6	0,42
Form Teslim Etmede Ortalama Bekleme Zamanı	1,98	0,72	0,66
Form Almadaki Ortalama Bekleme Zamanı	5,1	0,96	1,02
Sekreterin Formu Girmedeki Ortalama Bekleme Zamanı	7,818	1,8	1,92
Muayene Odası Ortalama Bekleme Zamanı	0,21	0,396	0,216
Bekleme Koltuklarının Kullanım Oranı	14%	14%	15%
Dinlenme Koltuklarının Kullanım Oranı	7%	7%	7%
NT1'lerin Kullanım Oranı	22%	23%	26%
NT2'lerin Kullanım Oranı	21%	21%	26%
Sekreterin Kullanım Oranı	50%	29%	29%
Yatakların Kullanım Oranı	21%	22%	22%

Çizelge 5.5. Perşembe günü için mevcut sistemin ve alternatiflerin sonuçları

Perşembe			
Performans Ölçütleri	Mevcut Sistem	Alternatif 1	Alternatif 2
Donörlerin Ortalama Toplam Bekleme Zamanı	14,4	4,86	4,5
Donörlerin Sistemde Geçirdiği Ortalama Toplam Zaman	43,2	34,2	33,6
Sisteme Gelen Donör Sayısı	58	58	58
Hizmet Verilen Toplam Donör Sayısı	50	53	53
Donör Hazırlama Ortalama Bekleme Zamanı	0,48	0,6	0,45
Form Teslim Etmede Ortalama Bekleme Zamanı	2,004	0,72	0,72
Form Almadaki Ortalama Bekleme Zamanı	4,98	1,08	1,14
Sekreterin Formu Girmedeki Ortalama Bekleme Zamanı	7,692	1,92	2,1
Muayene Odası Ortalama Bekleme Zamanı	0,216	0,408	0,216
Bekleme Koltuklarının Kullanım Oranı	14%	15%	15%
Dinlenme Koltuklarının Kullanım Oranı	7%	7%	7%
NT1'lerin Kullanım Oranı	22%	23%	27%
NT2'lerin Kullanım Oranı	21%	22%	27%
Sekreterin Kullanım Oranı	51%	30%	30%
Yatakların Kullanım Oranı	21%	23%	22%

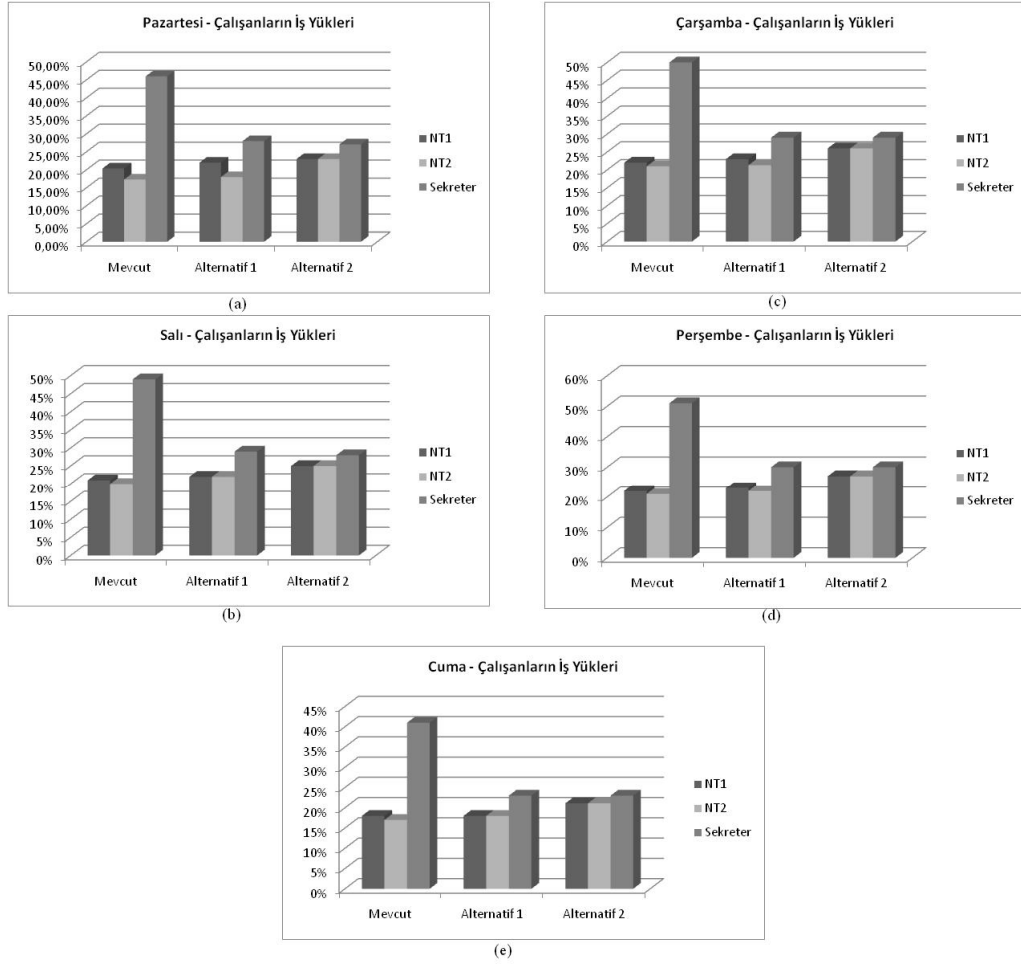
Çizelge 5.6. Cuma günü için mevcut sistemin ve alternatiflerin sonuçları

Cuma			
Performans Ölçütleri	Mevcut Sistem	Alternatif 1	Alternatif 2
Donörlerin Ortalama Toplam Bekleme Zamanı	10,8	3	3
Donörlerin Sistemde Geçirdiği Ortalama Toplam Zaman	39,6	32,4	32,4
Sisteme Gelen Donör Sayısı	46	45	45
Hizmet Verilen Toplam Donör Sayısı	40	41	41
Donör Hazırlama Ortalama Bekleme Zamanı	0,396	0,42	0,24
Form Teslim Etmede Ortalama Bekleme Zamanı	1,8	0,558	0,576
Form Almadaki Ortalama Bekleme Zamanı	3,3	0,582	0,6
Sekreterin Formu Girmedeki Ortalama Bekleme Zamanı	5,4	1,29	1,278
Muayene Odası Ortalama Bekleme Zamanı	0,18	0,342	0,1164
Bekleme Koltuklarının Kullanım Oranı	11%	12%	12%
Dinlenme Koltuklarının Kullanım Oranı	6%	6%	6%
NT1'lerin Kullanım Oranı	18%	18%	21%
NT2'lerin Kullanım Oranı	17%	18%	21%
Sekreterin Kullanım Oranı	41%	23%	23%
Yatakların Kullanım Oranı	17%	18%	18%

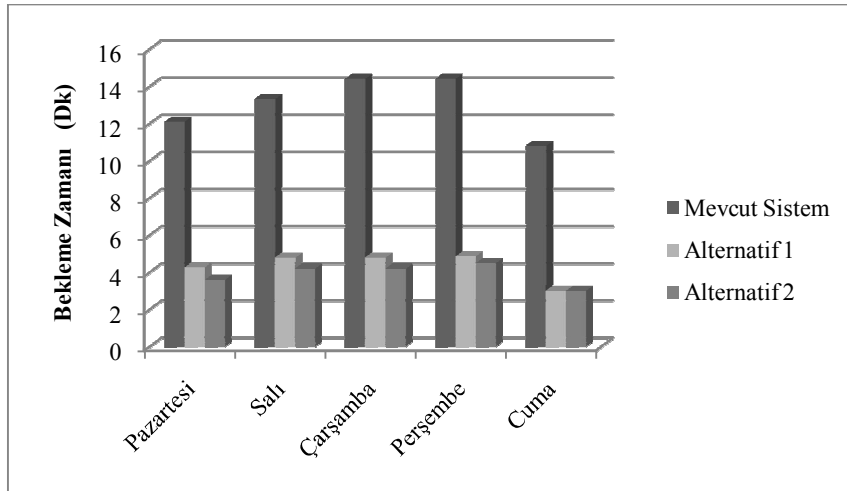
Mevcut sistemin ve alternatiflerinin benzetim modellerinin çalıştırılmasından sonra, belirlenen performans ölçütleri hesaplanmıştır. Biraz sonra açıklanacak karşılaştırmaların neticesinde, Alternatif 2'nin Hacettepe Üniversitesi Hastaneleri Kan Merkezinde haftanın çalışma günleri için en iyi seçenek olduğu anlaşılmıştır.

5.5. Seçilen Alternatif Sistemler ile Sağlanan Katkıları

Belirlenen alternatiflerin çalışanların iş yükleri yönünden karşılaştırılması Şekil 5.4'te gösterilmiştir. Alternatif 2'de donörlerin bekleme zamanının daha az olmasının yanında, çalışanların iş yüklerinin dengelendiği görülmüştür (Şekil 5.4-Şekil 5.5).



Şekil 5.4. Günler için çalışanların iş yükleri a) Pazartesi günü için b) Salı günü için c) Çarşamba günü için d) Perşembe günü için e) Cuma günü için



Şekil 5.5. Alternatif sistemde donörlerin bekleme zamanları

Şekillerden de görüldüğü gibi, bütün günler için dengeli iş yükünün sağlandığı ve donörlerin bekleme zamanlarının düşük olduğu Alternatif 2 bütün günler için uygun alternatif olarak önerilmiştir.

Alternatif 2'nin önerilmesiyle hem donörlerin bekleme zamanları azaltılmış hem de çalışanların iş yükleri dengelenmiştir.

Haftanın çalışma günleri için uygun alternatifi seçilmesiyle, ortalama 13,00 dakika olan bekleme zamanı, 3,90 dakikaya düşürülmüştür ve bekleme zamanlarından %70'lik bir kazanç sağlanmıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Hacettepe Üniversitesi Hastaneleri Kan Merkezi'nin hizmet kalitesinin artırılması amacıyla kaynak planlaması ve çalışanların iş yüklerinin dengelenmesi problemleri ile ilgilenilmiştir. Bu amaçla, kan merkezinin iş akışı tanımlanmış, sürecin benzetim modelinin oluşturulması için veri gereksinimleri belirlenerek veri analizleri yapılmıştır. Daha sonraki aşamalarda, kan merkezi kan bağış alt sisteminin benzetim modeli ARENA programı kullanılarak oluşturulmuştur. Bu model sayesinde, mevcut sistem belirli varsayımlar ve amaçlar doğrultusunda incelenmiş ve alternatif sistemler geliştirilmiş ve öneriler sunulmuştur.

Kan merkezindeki mevcut sistemin benzetim modelinin sonuçları donörlerin sistemdeki ortalama toplam bekleme zamanının 13,0 dakika olduğunu göstermektedir. Mevcut sistemin iyileştirilmesi amacıyla oluşturulan alternatif modellerin çalıştırılıp karşılaştırılmasından sonra, performans ölçütlerini en iyi sağlayan ikinci alternatif (sekreterin 1 artırılması ve hemşirelerin ortak kullanılması) uygun sistem olarak önerilmiştir. Önerilen alternatifin çalıştırılmasıyla donörlerin bekleme sürelerinin 3,9 dakikaya düştüğü görülmüştür. Önerilen alternatif modelin uygulanması ile sisteme gelen donörlerin daha az zamanda sistemden ayrılacağı anlaşılmıştır.

Ayrıca, oluşturulan alternatif model çalışanlar arasındaki iş yükünü düzgünleştirmiştir. Dengelenen bu iş yükü dolayısıyla çalışanların motivasyonlarının yükselmesi ve sistemin performansının artması beklenmektedir. Çalışanların iş yüklerinin dengelendiği bir ortamda, çalışanlar daha istekli, motivasyonları daha yüksek olacaktır. Böylece, çalışanların işlerini aksatmadan ve daha hızlı bir şekilde yapmaları, dolayısıyla donörlerin işlem zamanlarının kısalması ve donörlerin sistemde daha az zaman harcaması sonuç olarak sistemin performansının artması beklenmektedir.

Donörlerin bekleme zamanlarının azaldığı ve çalışanların iş yüklerinin dengelendiği alternatifin seçildiği bu tez çalışmasında, belirlenen amaçların sağlanmasıyla

donörler sistemden memnun ayrılacakları, tekrar kan vermeleri durumunda daha istekli olacakları öngörülmektedir. Böylece, yapay yollardan elde edilemeyen kan ve kan ürünlerinin sağlanmasında ve taleplerin karşılanmasında kan bankaları daha verimli çalışabilecektir.

6.1. Gelecekte Yapılabilecek Çalışmalar

Sağlık sistemlerinde yapılmış olan benzetim çalışmaları genellikle hastane bölümlerinde uygulanmıştır. Bunun nedeni olarak ise, sistemlerin karmaşıklığından ve veri elde etmenin zorluğundan bahsedilmektedir. Ancak hastanelerin bölümlerinin birbirlerinden ayrı olarak düşünülmemeyeceği bir gerçektir. Benzetim yazılımlarının daha karmaşık sistemleri kolaylıkla modelleyecek şekilde gelişmesinden dolayı, ileride yapılabilecek benzetim çalışmaları hastanelerin bütün bölümlerini kapsayacak şekilde modelleme çalışmaları içerebilir.

Yapılabilecek benzetim çalışmalarında, aynı zamanda insan faktörünün de hesaba katılabileceği çalışmalar yapılmaya başlanmıştır [Brailsford ve Schmidt, 2003]. Sağlık sektörünün emek yoğun yapısından dolayı, insan faktörünün benzetim modellerinde ele alındığı çalışmaların sağlık sektöründe de uygulanması gerekliliği doğmuştur.

Dünyada sağlık sistemleri ve dolayısıyla sağlık kurumları yeni bir yapılanma sürecindedir. Yeniden yapılanan sağlık sistemleri bu aşamada, üretim sistemlerinde kullanılan bazı tekniklerden faydalanmalıdır. Yapılan bir çalışmada, yalın düşünce, kısıtlar teorisi, 6 sigma ve tam zamanında üretim gibi felsefelerden de yararlanılabileceği belirtilmiştir [Young, 2005].

Kan bankalarında yapılan çalışmalar, sadece kan bağış alt sistemlerini içermeyip kan bankalarının tamamının benzetim modeli ileriki çalışmalarda geliştirilebilir. Buna ek olarak, kan bankalarında yapılan bazı işlemler sürekli sistemlerin benzetimini de gerektirebileceğinden, sürekli sistemlerin benzetim tekniği de bu çalışmalarda uygulanabilir.

Literatürde kan bankaları ile ilgili olarak yürütölmüş olan çalışmaların önemli bir kısmının, talepleri zamanında karşılayabilmek için yeterli stok bulundurma ile fazla stoktan dolayı bozulmaları dengeleyecek stok politikaları belirleme üzerine odaklandığı görölmektedir. Kan bankalarının iyi yönetilmesi ihtiyacının temel sebepleri kan bankalarında depolanan ve hayati önem taşıyan kan ürünlerinin raf ömürlerinin sınırlı ve bağış miktarlarının belirsiz olmasıdır. İleride, kan bankalarının stok yönetimi belirleme çalışmalarında, benzetim çalışmaları ile bütünleşik çalışmalar yapılabilir.

Yukarıda belirtilen öneriler ile sağlık sistemlerinin en önemli birimlerinden olan kan bankalarının en iyi şekilde yönetilmesi, kan vermeye gelen donörlerin daha sık kan bağışlaması ve hiç kan bağışlamamış donörlerin kan vermeleri sağlanabilir. Böylece insanların tedavilerinde kritik değere sahip olan kan ve kan ürünlerinin bulunabilirliği sağlanmış olacaktır.

KAYNAKLAR

Aggarwal, S.C. ve Stafford, E.F., “A simulation study to identify important design parameters of a typical outpatient health system and to analyze measures of its performance”, *Proceedings of the 1976 summer computer simulation conference. Simulation Council*, Washington, DC, USA, 544-553 (1976).

Alessandra, A.J., Grazman, T.E., Parameswaran, R. ve Yavas, U., “Using simulation in hospital planning”, *Simulation* 30: 62- 67 (1978).

Altinel, I.K. ve Ulas, E., “Simulation modeling for emergency bed requirement planning”, *Annals of Opns. Res.*, 67: 183-210 (1996).

Amladi, P., “Outpatient health care facility planning and sizing via computer simulation”, *Proceedings of the 1984 Winter Simulation Conference. Institute of Electrical and Electronics Engineers*, Dallas, Texas, USA, 705-711 (1984).

Angelis, V. D., Ricciardi, N. ve Storchi, G., “Optimizing Blood Assignment in a Donation- Transfusion System”, *Interactional Transactions in Operations Research*, 8: 183-192 (2001).

Badri, M. ve Hollingsworth, J., “A simulation model for scheduling in the emergency room”, *Int. J. Opns. and Prod. Mgmt.*,13: 13-24 (1993).

Bailey, N.T., “A study of queues and appointment systems in hospital outpatient departments, with special reference to waiting times”, *J. Roy. Stat. Soc.*, A14: 185-199 (1952).

Blake, J.T. ve Carter, M.W., “An analysis of emergency room wait time issues via computer simulation”. *INFOR*, 34: 263-272 (1996).

Bodily, S., “Determining the Pace of Frozen Blood in Future Banking Systems”, *Technical Report*, O. R. Center Massachusetts Institute of Technology 20-32 (1979).

Bodtker, K., Wilson, L. ve Godolphin, W., “Simulation as an aid to clinical chemistry laboratory planning”, *Proceedings of the 1992 Conference on Simulation in Health Care and Social Services*. Newport Beach, California, USA, 15-18 (1992).

Bosnes, V., Aldrin, M. ve Heier, H. E., “Predicting blood donor arrival”, *Transfusion*, 45(2): 162-170 (2005).

Brahimi, M, ve Worthington, D.J., “Queueing models for out-patient appointment systems- case study”, *Journal of the Operational Research Society*, 42: 733-746 (1991).

Brailsford, S. C. ve Harper, P. R., "Editorial of Special Issue: Operational Research in Health", *Journal of the Operational Research*, 58: 141-144 (2007).

Brailsford, S. C. ve Schmidt, B., "Towards incorporating human behavior in models of health care systems" *J. of Operational Research*, 150: 19-31 (2003).

Brennan, J. E., Golden, B. L. ve Rappoport, H. K., "Go with the Flow: Improving Red Cross Bloodmobiles Using Simulation Analysis", *Interfaces*, 22: 1-13 (1992).

Bretthauer, K.M. ve Côté, M.J., "A model for planning resource requirements in health care organizations", *Decision Science* 29 (1): 243-270 (1998).

Brodheim, E. ve Prastacos, G. P., "The Long Island Blood Distribution System as a Prototype for Regional Blood Management," *Interfaces*, 9 (5): 3-20 (1979).

Brodheim, E., Hirsch, R. ve Prastacos, G. P., "Setting Inventory Levels for Hospital Blood Banks", *Transfusion*, 16: 63-70 (1976).

Butler, T.W., Karwan, K.R. ve Sweigart, J.R., "Multi-level strategic evaluation of hospital plans and decisions", *J. Opl. Res. Soc.*, 43: 665-675 (1992).

Butler, T.W., Karwan, K.R., Sweigart, J.R. ve Reeves, G.R., "An integrative model-based approach to hospital layout" *IIE Trans.*, 24: 144-152 (1992).

Butler, T.W., Reeves, G., Karwan, K. ve Sweigart, J.R., "Assessing the impact of patient care policies using simulation analysis", *J. Soc. Health Sys.*, 3: 38-53 (1992).

Carlson, R.C., Hershey, J.C. ve Kropp, D.H., "Use of optimization and simulation models to analyze outpatient health care settings", *Decis. Sci.*, 10: 412-433 (1979).

Chapman, J. F. ve Hick, R. "The benefits of data collection for effective blood inventory management", *ISBT Science Series*, 1(1): 73-78 (2006).

Clague, J.E, Reed, P.G, Barlow, J, Rada, R, Clarke, M, Edwards R.H.T., "Improving outpatient clinic efficiency using computer simulation", *International Journal of Health Care Quality Assurance*, 10: 197-201 (1997).

Coffin, M.A., Lassiter, G., Killingsworth, B. ve Kieckley, J.W., "A simulation model of an X-ray facility", *1993 SCS Western Multiconference on Simulation: Simulation in the Health Sciences and Services. Society for Computer Simulation*, La Jolla, California, USA, 3-7 (1993).

Cohen, M. A. ve Pierskalla, W. P., "Target Inventory Levels for a Hospital Blood Bank or a Decentralized Regional Blood Banking Systems", *Transfusion*, 19 (4): 444-454 (1979).

Cohen, M.A., Hershey, J.C. ve Weiss, E.N., "Analysis of capacity decisions for progressive patient care hospital facilities", *Health Services Res.*, 15: 145-160 (1980).

Cote, M.J., "Patient flow and resource utilization in an outpatient clinic", *Socio-Economic Planning Sciences*, 33: 231-245 (1999).

Cote, M.J., "Understanding Patient Flow", *Decision Line*, 8-10 (2000).

Cox, T.F, Birchall, J.R, Wong, H., "Optimising the queuing system for an ear, nose, and throat outpatient clinic", *Journal of Applied Statistics*, 12: 113-126 (1985).

Cumming, P. D., Kendall, K. E., Pegels, C. C. ve Seagle, J. P., "Cost Effectiveness of Use of Frozen Blood to Alleviate Blood Shortages" , *Transfusion*, 17: 602-606. (1976).

Currie, K., Iskander, W., Michael, L. ve Coberly, C., "Simulation modeling in health care facilities", *Proceedings of the 1984 Winter Simulation Conference. Institute of Electrical and Electronics Engineers*, Dallas, USA, 713-717 (1984).

Davies, R. ve Davies, H., "Modelling patient flows and resource provision in health systems", *Omega*, 22: 123-131 (1994).

Draeger, M.A., "An emergency department simulation model used to evaluate alternative nurse staffing and patient population scenarios", *Proceedings of the 1992 Winter Simulation Conference. Institute of Electrical and Electronics Engineers*, Virginia, USA, 1057-1064 (1992).

Dumas, M. B. ve Rabonowitz, M., "Policies For Reducing Blood Wastage In Hospital Blood Banks", *Management Science*, 23 (10): 1124-1132 (1977).

Dumas, M.B., "Hospital bed utilization: An implemented simulation approach to adjusting and maintaining appropriate levels", *Health Services Res.*, 20: 43-61 (1985).

Dumas, M.B., "Simulation modeling for hospital bed planning", *Simulation*, 43: 69-78 (1984).

Edwards, R., Clague J. E, Barlow J, Clarke M, Reed P. G, Rada R. "Operations research survey and computer simulation of waiting times in two medical outpatient clinic structures", *Health Care Anal*, 2: 164-169 (1994).

Eldabi, T., Paul, R. J. ve Young, T., "Simulation modeling in healthcare: reviewing legacies and investigating futures", *Journal of the Operational Research Society*, 58: 262-270 (2007).

Elston, R. C. ve Pickrel, J.C., "A Statistical Approach to Ordering and Usage policies for a Hospital Blood Bank", *Transfusion*, 3: 41-47 (1963).

Elston, R. C. ve Pickrel, J.C., "Guide To Inventory Levels for a Hospital Blood Bank Determined By Electronic Computer Simulation", *Transfusion*, 5 (5): 465-470 (1965).

Evans, G.W., Gor, T.B. ve Unger, E., "A simulation model for evaluating personnel schedules in a hospital emergency department", *Proceedings of the 1996 Winter Simulation Conference. Institute of Electrical and Electronics Engineers*, California, USA, 1205-1209 (1996).

Fetter, R.B, ve Thompson, J.D., "Patients' waiting time and doctors' idle time in the outpatient setting", *Health Services Research*, 1: 66-90, (1966).

Fetter, R.B. ve Thompson, J.D., "The simulation of hospital systems", *Opns. Res.*, 13: 689-711 (1965).

Fitzpatrick, K.E., Baker, J.R. ve Dave, D.S., "An application of computer simulation to improve scheduling of hospital operating room facilities in the United States", *Int. J. Comp. Applic. Technol.* 6: 2 15-224 (1993).

Flory, J., "Ambulatory care: a management briefing", *American Hospital Publishing*, 84-85 (1990).

Fone, D., Hollinghurst, S., Temple, M., Round, A., Lester, N., Weightman, A., Roberts, K., Coyle, E., Bevan, G. ve Palmer, S., "Systematic review of the use and value of computer simulation modelling in population health and health care delivery". *J. Public Health Medicine*, 25 (4): 325-335 (2003).

Freedman, R.W., "Reduction of average length of stay in the emergency room using discrete simulation", *Proceedings of Simulation in the Health Sciences. Society for Computer Simulation*, Tempe, Arizona, USA, 6-8 (1994).

Gabaeff, S.C. ve Lennon, J., "New computerized technology for the design and planning of emergency departments", *Proceedings of the American Hospital Association. American Hospital Association*, USA, 1-15 (1991).

Garcia, M.L., Centeno, M.A., Rivera, C. ve DeCario, N., "Reducing time in an emergency room via a fast-track", *Proceedings of the 1995 Winter Simulation Conference. Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 1048-1053 (1995).

Godolphin, W., Bodtker, K. ve Wilson, L., "Simulation modeling: A tool to help predict the impact of automation in clinical laboratories", *Lab. Robot and Autom.* 4: 249-255 (1992).

Gonzalez, L-V. B.G. ve Perez, P.B., "Evaluation of alternative functional designs in an emergency department by means of simulation", *Simulation*, 63: 20-28 (1994).

Gunal, M.M. ve Pidd, M., "Simulation modeling for performance measurement in healthcare", *Proceedings of the 37th conference on Winter simulation*, 4-7 (2005).

Haijema, R., Wal, J. ve Dijk, N. M., "Blood Platelet Production: Optimization by Dynamic Programming and Simulation", *Computers & Operations Research*, 34: 760-779 (2007).

Hancock, W. ve Walter, P., "The use of admissions simulation to stabilize ancillary workloads", *Simulation*, 43: 88-94 (1984).

Hancock, W. ve Walter, P., "The use of computer simulation to develop hospital systems", *Simuletter* 10: 28-32 (1979).

Hashimoto, F. ve Bell, S., "Improving outpatient clinic staffing and scheduling with computer simulation", *J. General Internal Med.*, 11: 182-184 (1996).

Hesse, S.M., Coullard, C.R., Daskin, M.S. ve Hurter, A.P., "A Case Study in Platelet Inventory Management", *Proceedings of the 6th Industrial Engineering Research Conference* 801-806 (1997).

Ishimoto, K., Ishimitsu, T., Koshiro, A. ve Hirose, S., "Computer simulation of optimum personnel assignment in hospital pharmacy using a work-sampling method", *Med. Inform.*, 15, 343-354 (1990)

Iskander, W.H. ve Carter, "A simulation model for a same day care facility at a university hospital", *Proceedings of the 1991 Winter Simulation Conference. Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 846-853 (1991).

Jagannathan, R. ve Sen, T., "Storing Cross matched Blood: A Perishable Inventory Prior Allocation", *Management Science*, 37 (3): 251-266., (1991).

Jennings, J. B., "An Analysis of Hospital Blood Bank Whole Blood Inventory Control Policies", *Transfusion* 8: 335-342 (1968).

Jennings, J. B., "Blood Bank Inventory Control", *Management Science*, 19: 637-645 (1973).

Jensen, B.B., "A case of two paradigms within health education", *Health Education Research, Theory and Practice*, 12(4): 419-428 (1997).

Jun, J. B., Jacobson, S. H. ve Swisher, J. R., "Application of discrete-event Simulation in health care and clinics: A survey", *Journal of the Operational Research Society*, 50: 109-123 (1999).

Kachhal, S.K., Klutke, G.A. ve Daniels, E.B., Two simulation applications to outpatient clinics. *Proceedings of the 1981 Winter Simulation Conference. Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 657-665 (1981).

Kalton, A.G, Singh, M.R, August, D.A, Parin, C.M, Othman, E.J., “Using simulation to improve the operational efficiency of a multi-disciplinary clinic”, *Journal of the Society for Health Systems*, 5: 43-62 (1997).

Katsaliaki, K. ve Brailsford, S. C., “Using simulation to improve the blood supply chain”, *Journal of the Operational Research Society*, 1–9 (2006).

Kavuncubaşı, Ş., ve Kısa, A., “Sağlık Kurumları Yönetimi”, *Anadolu Üniversitesi Yayınları*, 1-30 (2007).

Keller, T.F, ve Laughhunn, D.J, “An application of queuing theory to a congestion problem in an outpatient clinic”, *Decision Sciences*, 4: 379-394 (1973).

Kendall, K. E. ve Lee, S. M.,. “Formulating Blood Rotation Policies with Multiple Objectives”, *Management Science*, 26 (11): 1145-1157 (1980).

Kho, J.W. ve Johnson, G.M., “Computer simulation of a hospital health-care delivery system”, *Proceedings of the 1976 Bicentennial Winter Simulation Conference. Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 349-360 (1976).

Kirtland, A., Lockwood, J, Poisker, K , Stamp, L, ve Wolfe, P., “Simulating an emergency department is as much fun as..” , *Proceedings of the 1995 Winter Simulation Conference, Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 1039-1042 (1995).

Klafehn, K. A. ve Connolly, M., “The simulation/animation of a new outpatient hematology laboratory”, *1993 SCS Western Multiconference on Simulation: Simulation in the Health Sciences and Services. Society for Computer Simulation*, 12-15 (1993).

Klafehn, K. A., Deborah L., Owens, Robert A., Felter, Nancy, Vonneman, ve Carla J., “Evaluating the linkage between emergency medical services and the provision of scarce resources through simulation”, *Proceedings of the 13th Annual Symposium on Computer Applications in Medical Care institute of Electrical and Electronics Engineers*, 335-339 (1989).

Klafehn, K.A., “Impact points in patient flows through a radiology department provided through simulation”, *Proceedings of the 1987 Winter Simulation Conference. Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 914-918 (1987).

Klafehn, K.A. ve Owens, D., "A simulation model designed to investigate resource utilization in a hospital emergency room", *Proceedings of the Eleventh Annual Symposium on Computer Applications in Medical Care. Institute of Electrical, and Electronics Engineers*, Washington DC, USA, 676-679 (1987).

Klassen, K.J. ve Rohleder, T.R., "Scheduling outpatient appointments in a dynamic environment", *J. Opns. Mgmt.*, 14: 83-101 (1996).

Kletke, M.G. ve Dooley, T.E., "A simulation model of a maternity ward: A key planning tool for hospital administrators", *Proceedings of the Conference on Simulation in Health Care Delivery Systems*. 35-39 (1984).

Kraitsik, M.J. ve Bossmeyer, A., "Simulation applied to planning an emergency department expansion", *1993 SCS Western Multiconference on Simulation: Simulation in the Health Sciences and Services. Society for Computer Simulation*, California, USA, 1048-1053 (1993).

Kropp, D. ve Hershey, J., "Recursive optimization- simulation modeling for the analysis of ambulatory health care facilities" *Simuletter* 10: 43-46 (1979).

Kropp, D., Carlson, R.C. And Jucker, J.V., "Use of both optimization and simulation models to analyze complex systems", *Proceedings of the 1978 Winter Simulation Conference. Institute of Electrical and Electronics Engineers*, Miami Beach, Florida, USA, 195-201 (1978).

Kros, J. F. ve Pang, R. Y., "A Decision Support System for Quantitative Measurement of Operational Efficiency in A Blood Collection Facility", *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 74: 77-89 (2004).

Kumar, A.P. ve Kapur, R., "Discrete simulation application-scheduling staff for the emergency room", *Proceedings of the 1989 Winter Simulation Conference. Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 1112-1120 (1989).

Kwak, N., Kuzdrall P ve Schmitz H., "Simulating the use of space in a hospital surgical suite", *Simulation*, 24: 147-152 (1975).

Law, A.M., ve Kelton, W.D., "Simulation Modeling and Analysis", *McGrawHill, 3rd edition* 1-60 (2000).

Lennon, J., "Simulation in the design and planning of emergency departments", *1992 SCS Western Multiconference: Simulation in education for business, management, and MIS. Society for Computer Simulation*, 93-97 (1992).

Liyanage, L. ve Gale, M. "Quality improvement for the Campbelltown hospital emergency service", *1995 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics. Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 13: 1997-2002 (1995).

Lowery, J.C. ve Martin, J.B., "Design and validation of a critical care simulation model", *J. Soc. Health Syst.* 3: 15-36 (1992).

Lowery, J.C., "Getting started in simulation in healthcare", *Proceedings of the 30th conference on Winter simulation*, Washington, D.C., United States, 31-36, (1998).

Lowery, J.C., "Introduction to simulation in health care", *Proceedings of the 1996 Winter Simulation conference. Institute of Electrical and Electronics Engineers*, Coronado, California. USA. 78-84 (1996).

Lowery, J.C., "Multi-hospital validation of critical care simulation model", *Proceedings of the 1993 Winter Simulation Conference. Institute of Electrical and Electronics Engineers*, Los Angeles, California, USA, 1207-1215 (1993).

Lowery, J.C., "Simulation of a hospital's surgical suite and critical care area", *Proceedings of the 1992 Winter Simulation Conference. Institute of Electrical and Electronics Engineers*, Arlington, Virginia, USA, 1071-1078 (1992).

Mahachek, A.R., "An introduction to patient flow simulation for health-care managers", *J. Soc. Health Sys.* 3: 73-81 (1992).

Mahachek. A.R. ve Knabe, T.L., "Computer simulation of patient flow in obstetrical/gynecology clinics", *Simulation*, 30: 95-101 (1984).

McGuire, F., "Using simulation to reduce length of stay in emergency departments", *Proceedings of the 1994 Winter Simulation Conference, Institute of Electrical and Electronics Engineers*, Lake Buena Vista, Florida, USA, 861-867 (1994).

Meier, L., Sigal, E. ve Vitale, F.R., "The use of simulation model for planning ambulatory surgery", *Proceedings of the 1985 Winter Simulation Conference. Institute of Electrical and Electronics Engineers*, San Francisco, California, USA, 558-563 (1985).

Moscovice, I., "A method for analyzing resource use in ambulatory care settings", *Medical Care*, 15: 1024-1044 (1977).

Mukherjee. A. K., "A simulation model for management of operations in the pharmacy of a hospital", *Simulation* 56: 91-103 (1991).

O'Kane, P.C., "A simulation model of a diagnostic radiology department", *Eur . J. Opl. Res.*, 6: 38-45 (1981).

Olson, E. ve Dux, L.E., "Computer model targets best route for expanding hospital surgicenter", *Indust. Engng.*, 26: 24-26 (1994).

Pegels, C. C., Seagle, J. P., Cumming, D. ve Shubsda, J. F., “An Analysis of Selected Blood Service Policy Changes”, *Medical Care*, 15 (1): 147-157 (1977).

Pereira, A., “Performance of time-series methods in forecasting the demand for red blood cell transfusion”, *Transfusion*, 44: 739-746 (2004).

Pierskalla, W. P., ve Roach, C., “Optimal Issuing Policies for Perishable Inventory”, *Management Science*, 8 (3): 603-614 (1981).

Pierskalla, W. P.. “Regionalization of Blood Banking Services”, Technical Report, *National Health Care Management Center*, University of Pennsylvania 1-20 (1979).

Pitocco, C. ve Sexton, T. R., “Alleviating Blood Shortages in a Resource-Constrained Environment”, *Transfusion*, 45: 1118-1126 (2005).

Prastacos, G. P., “Blood Inventory Management: An Overview of Theory and Practice”, *Management Science*, 30 (7): 777-799 (1984).

Pratt, M.L., Grindon, A.J., “Computer simulation analysis of blood donor queuing problems”, *Transfusion* 22 (3): 234–237 (1982).

Rabinowitz, M. ve Valinsky, D., “Hospital Blood Banking- An Evaluation of Inventory Control Policies”, *Mt Sinai School of Medicine*, City University of New York 38-42 (1970).

Rising, E.J, Baron, R, Averill, B., “A systems analysis of a university-health-service outpatient clinic”, *Operations Research*, 21:1030-1047 (1973).

Rising, E.J., “In: Ambulatory care systems: design for improved patient flow, *vol. 1. Lexington*, Lexington 1-20 (1977).

Ritondo, M. ve Freedman, R.W., “The effects of procedure scheduling on emergency room throughput: A simulation study”, *1993 SCS Western Multiconference on Simulation Simulation in the Health Sciences and Services. Society for Computer Simulation*, La Jolla, California, USA, 8-11 (1993).

Romanin-Jacur, G. ve Facchin, P., “Optimal planning of a pediatric semi-intensive care unit via simulation”, *Eur. J. Opl. Res.* 29: 192-198 (1987).

Rytilä, J. ve Spens, K., “Using simulation to increase efficiency in blood supply chains”, *Management Research News*, 29 (12): 801-819 (2006).

Sapountzis, C., “Improving the operation of an outpatient department”, *Journal of Information & Optimization Sciences*, 12: 165-176 (1991).

Smith, E.A. ve Warner, H.R., “Simulation of a multiphasic screening procedure for hospital admissions”, *Simulation*, 17: 57-64 (1971).

Smith, S.R., Schroer, B.J. ve Shannon, R.E., “Scheduling of patients and resources for ambulatory health care”, *Proceedings of the 1979 Winter Simulation Conference*. San Diego, California, USA, 553-562 (1979).

Stafford, E.F. ve Aggarwal, S.C., “Managerial analysis and decision-making in outpatient health clinics” *Journal of the Operational Research Society*, 30: 905-915 (1979).

Swisher, J.R., Jun, J.B., Jacobson, S.H., ve Balci, O., “Simulation of the Queston physician network”. *Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference*, USA, December, 1146-1154, (1997).

Türk Kızılayı, Kan Hizmetlerinin 2007 Faaliyet Durumu, (2007).

Vassilacopoulos, G., “A simulation model for bed allocation to hospital inpatient departments”, *Simulation*, 45: 233-241 (1985).

Vemuri, S., “Simulated analysis of patient waiting time in an outpatient pharmacy”, *J Hospital Pharmacy*, 41: 1127-1130, (1984).

Weng, M.L. ve Houshmand, A.A., “Healthcare simulation: a case study at a local clinic”, *Winter Simulation Conference Proceedings*, USA, 2: 1577-1584 (1999).

Williams, S.V., “How many intensive care beds are enough?”, *Crit. Care Med.*, 11: 412-416 (1983).

Williams, W.J., Covert, R.P. And Steele J.D., “Simulation modeling of a teaching hospital clinic”, *Hospitals*, 41: 71-75 (1967).

Wilt, A. ve Goddin, D., “Health care case study: Simulating staffing needs and work flow in an outpatient diagnostic center”, *Indust. Engng.* 21: 22-26 (1989).

Xu P., “Solving a Joint Inventory-Location Problem by a Substitution Algorithm” *Operations Research*, 12: 450-459 (1999).

Yen H., , “Inventory Management of a Perishable Product Multi-Echelon System”, *Ph.D. Thesis*, Department of IE/MS, Northwestern University 23-40 (1975).

Ying, S. ve Zhanming, J., “Modeling Health Service Centers with Simulation and System Dynamics”, *Computer Modeling and Simulation, UKSIM 2008 Tenth International Conference*, 1(3): 649-654 (2008).

Young, T. P., “An agenda for healthcare and information simulation”, *Health Care Management Science*, 8: 189-196 (2005).

Young, T., Brailsford, S., Connell, C., Davies, R., Harper, P. ve Klein, J. H., “Using Industrial Processes to Improve Patient Care”, *British Medical Journal*, 328: 162-164 (2004).

Zilm, F., Arch, D. ve Hollis, R.B., “An application of simulation modeling to surgical intensive care bed need analysis in a university hospital”, *Hospital & Health Services Admin.*, 28: 82-101 (1983).

EKLER

EK-1 Bilgi sisteminde kaydı olan veriler

HASTA_NO	ISTENEN_MIKTAR
ISLEM_TARIHI	KARSILANA_MIKTAR
PERSONEL_KODU	YIKAMA_ISTEGI
KONTROL_TARIHI	HAZIRLAMA_SIRA_NO
ANTI KOR_KODU	ISTEK_DETAY_NO
ANTI KOR_ADI	URUN_SIRA_NO
ORNEK_NO	HAZIRLAYAN
TEST	HAZIRLAMA_TARIHI
FIRMA	DURUM
ISTEK_NO	VEREN
ISTEK_SIRA_NO	VERILIS_TARIHI
DURUM	CCODE
DONOR_NO	PAKET_KODU
ADI	MODIFIER
SOYADI	ETIKET_NO
CINSIYET	DONOR_NO
BABA_ADI	KAYIT_TARIHI
ANNE_ADI	IGNE_GECIREN
DOGUM_TARIHI	IGNE_CIKARAN
DOGDUGU_IL	SON_BAGIS_TARIHI
DOGDUGU_ILCE	HASTA_NO
ADRES	AGIRLIK
GELDIGI_IL	NABIZ
GELDIGI_ILCE	VUCUT_ISISI
EV_TEL	KAN_BASINCI
IS_TEL	HB
FAX	HTC
POSTA_KODU	DURUM
KAN_GRUBU	ALINAN_MIKTAR
KAN_VEREMEZ	NEDENI
KONTROL_TARIHI	TORBA_TURU
KAYIT_TARIHI	IMHA_EDEN
KAYDEDEN_PERSNEL	IMHA_TARIHI
KIMLIK_TIPI	GELIS_NEDENI
KIMLIK_NO	AFEREZ_MAKINE_BAGLAYAN
MESLEK_KODU	AFEREZ_TARIHI
OGRETIM_KODU	AFEREZ_CIKARAN
TC_VATANDSLIK_NO	SON_KULLM_TARIHI
KAYIT_YERI	TORBA_KODU
ISTEK_DETAY_NO	KAN_BASNCI_KUCUK
ISTEK_NO	GONULLU
HARCAMA_NO	DIS_MERKEZ
SIRA_NO	KABUL_NO
ISINLAMA_ISTEGI	SIRA_NO
DURUM	DAMR_UYGUNDEGIL

EK-1 (Devam) Bilgi sisteminde kaydı olan veriler

MUAYENE_TARIHI	URUN_SIRA_NO
CBC_ORNEKNO	ETIKET_NO
CBC_TARİH	URUN_KODU
ELİZA_ORNEKNO	MIKTAR
ELİZA_TARİH	DURUM
KABUL_NO	KAN_GRUBU
BK	İMHA_EDEN
PLT	İMHA_TARİHİ
KAN_GRUBU	İSİNLANDI
HBV	TORBA_NO
HIV	DOLAP
HCV	GOZ
VDRL	AYRİSTİRMA_KODU
CBC_ACIKLAMA	SON_KULLANMA_TARİHİ
ELİZA_ACIKLAMA	YIKANDI
HİZMET_KODU	İMHA_NEDENİ
TİP	ACIKLAMA
KAN_GRUBU_GEREK	KOMPONENT_HACİM
CROSSMATCH_GEREK	BAGLI_URUN_SIRA
RAF_OMRU	KABUL_NO
DIS_ALIM_ETIKET	ASD_MIKTARI
DISARDAN_ALINAN_URUN	

EK-2 Benzetim modelinin geliştirilen kodu

```

; Model statements for module: Create 1
96$      CREATE,
DISC(0.56951,1,0.79115,2,0.88640,3,0.94075,4,0.96716,5,0.97885,6,0.98616,7,0.99
044,8,0.99318,9,0.99514,10,0.99644,11,0.99719,12,0.99785,13,0.99820,14,0.99876,
15,0.99902,16,0.99912,17,0.99935,18,0.99958,19,0.99964,20,0.99974,21,0.99980,22
,0.99987,23,0.99990,24,0.99993,25,0.99997,28,1.00000,32),

NSEXPO(Pazartesi_Rates),Donor:NSEXPO(Pazartesi_Rates):NEXT(97$);

97$      ASSIGN:      Donor_Varisi.NumberOut=Donor_Varisi.NumberOut +
1:NEXT(0$);
; Model statements for module: Decide 1
0$      BRANCH,      1:
                If,TNOW <= 1,1$,Yes:
                If,TNOW > 1 && TNOW <= 2,2$,Yes:
                If,TNOW > 2 && TNOW <= 3,3$,Yes:
                If,TNOW > 3 && TNOW <= 4,4$,Yes:
                If,TNOW > 4 && TNOW <= 5,5$,Yes:
                If,TNOW > 5 && TNOW <= 6,6$,Yes:
                If,TNOW > 6 && TNOW <= 7,7$,Yes:
                If,TNOW > 7 && TNOW <= 8,8$,Yes:
                Else,9$,Yes;

; Model statements for module: Dispose 1
9$      ASSIGN:      Dispose 1.NumberOut=Dispose 1.NumberOut + 1;
102$     DISPOSE:      Yes;
; Model statements for module: Assign 1
1$      ASSIGN:      Entity.Station=1:NEXT(10$);
; Model statements for module: Record 1
10$     COUNT:      Giren_Count(Entity.Station),1:NEXT(11$);
; Model statements for module: Decide 2
11$     BRANCH,      1:
                With,93/100,103$,Yes:
                Else,104$,Yes;
103$     ASSIGN:      Kan_Bagisimi.NumberOut
True=Kan_Bagisimi.NumberOut True + 1:NEXT(12$);
104$     ASSIGN:      Kan_Bagisimi.NumberOut
False=Kan_Bagisimi.NumberOut False + 1:NEXT(13$);
; Model statements for module: Assign 9
12$     ASSIGN:      Entity.Sequence=1:NEXT(89$);
; Model statements for module: Assign 24
89$     ASSIGN:      FormAlma=TNOW:NEXT(14$);
; Model statements for module: Seize 1
14$     QUEUE,      Kan_Form_Alma.Queue;

```

EK-2 (Devam) Benzetim modelinin geliştirilen kodu

```

        SEIZE,      2,Other:
            Sekreter,1:NEXT(106$);
106$    DELAY:      0.0,,VA:NEXT(90$);
;    Model statements for module: Record 12
90$    TALLY:      FormAlma_WaitTpE(RepNo),TNOW -
FormAlma,1:NEXT(16$);
;    Model statements for module: Delay 1
16$    DELAY:      0.002777777777778,,VA:NEXT(17$);
;    Model statements for module: Release 1
;    Model statements for module: Decide 3
19$    BRANCH,     1:
            If,NQ(Kan_Form_Doldurma_S.Queue) < 3,107$,Yes:
            Else,108$,Yes;
107$    ASSIGN:     Kan_Kuyruk_3den_Uzunmu.NumberOut
True=Kan_Kuyruk_3den_Uzunmu.NumberOut True + 1:NEXT(21$);

108$    ASSIGN:     Kan_Kuyruk_3den_Uzunmu.NumberOut
False=Kan_Kuyruk_3den_Uzunmu.NumberOut False + 1:NEXT(25$);
;    Model statements for module: Seize 3
21$    QUEUE,      Kan_Form_Doldurma_S.Queue;
        SEIZE,      2,Other:
            BeklemeKoltugu,1:NEXT(110$);
110$    DELAY:      0.0,,VA:NEXT(23$);
;    Model statements for module: Delay 4
23$    DELAY:      MinutesToBaseTime(2 + ERLA(1.59,4)),VA:NEXT(24$);
;    Model statements for module: Release 3
24$    RELEASE:     BeklemeKoltugu,1:NEXT(85$);
;    Model statements for module: Assign 17
85$    ASSIGN:      FormTeslimi=TNOW:NEXT(31$);
;    Model statements for module: Seize 5
31$    QUEUE,      Form_Teslimi_S.Queue;
        SEIZE,      1,Other:
            Sekreter,1:NEXT(112$);
112$    DELAY:      0.0,,VA:NEXT(91$);
;    Model statements for module: Record 13
91$    TALLY:      FormTeslimi_WaitTpE(RepNo),TNOW-
FormTeslimi,1:NEXT(33$);
;    Model statements for module: Delay 8
33$    DELAY:      0.004166666666667,,VA:NEXT(34$);
;    Model statements for module: Release 5
34$    RELEASE:     Sekreter,1:NEXT(86$);
;    Model statements for module: Assign 18
86$    ASSIGN:      SekreterinFormGirmesi=TNOW:NEXT(35$);
;    Model statements for module: Seize 6
35$    QUEUE,      Sekreterin_Form_Gir_S.Queue;

```

EK-2 (Devam) Benzetim modelinin geliştirilen kodu

```

SEIZE,      2,Other:
    Sekreter,1:
    BeklemeKoltugu,1:NEXT(114$);

114$    DELAY:      0.0,,VA:NEXT(92$);
;    Model statements for module: Record 14
92$    TALLY:      Sekreter_FormGirme_WaitTpE(RepNo),TNOW -
SekreterinFormGirmesi,1:NEXT(37$);
;    Model statements for module: Delay 9
37$    DELAY:      MinutesToBaseTime(GAMM( 1.63, 2.6
)),VA:NEXT(38$);
;    Model statements for module: Release 6
38$    RELEASE:    Sekreter,1:
    BeklemeKoltugu,1:NEXT(39$);
;    Model statements for module: Record 2
39$    TALLY:      WaitT(Entity.Station),Entity.WaitTime,1:NEXT(40$);
;    Model statements for module: Record 3
40$    COUNT:      Cikan_Count(Entity.Station),1:NEXT(41$);
;    Model statements for module: Decide 5
41$    BRANCH,      1:
    If,Entity.Sequence==2,115$,Yes:
    Else,116$,Yes;
115$    ASSIGN:      Aferezmi.NumberOut True=Aferezmi.NumberOut True +
1:NEXT(42$);
116$    ASSIGN:      Aferezmi.NumberOut False=Aferezmi.NumberOut False +
1:NEXT(43$);
;    Model statements for module: Dispose 2
42$    ASSIGN:      Aferez_Cikis.NumberOut=Aferez_Cikis.NumberOut + 1;
117$    DISPOSE:    Yes;
;    Model statements for module: Decide 6
43$    BRANCH,      1:
    With,99/100,118$,Yes:
    Else,119$,Yes;
118$    ASSIGN:      Yas Uygunmu.NumberOut True=Yas
Uygunmu.NumberOut True + 1:NEXT(44$);
119$    ASSIGN:      Yas Uygunmu.NumberOut False=Yas
Uygunmu.NumberOut False + 1:NEXT(45$);
;    Model statements for module: Delay 10
44$    DELAY:      0.001388888888889,,Transfer:NEXT(87$);
;    Model statements for module: Assign 20
87$    ASSIGN:      MuayeneOlma=TNOW:NEXT(46$);
;    Model statements for module: Seize 7
46$    QUEUE,      Muayene_Olma_S.Queue;
SEIZE,      2,Other:
    NT1,1:NEXT(121$);

```

EK-2 (Devam) Benzetim modelinin geliştirilen kodu

```

121$    DELAY:    0.0,,VA:NEXT(93$);
;    Model statements for module: Record 15
93$    TALLY:    MuayeneOlma_WaitTpE(RepNo),TNOW-
MuayeneOlma,1:NEXT(48$);
;    Model statements for module: Delay 11
48$    DELAY:    MinutesToBaseTime(ERLA( 0.445, 9 )),VA:NEXT(49$);
;    Model statements for module: Release 7
49$    RELEASE:  NT1,1:NEXT(50$);
;    Model statements for module: Decide 7
50$    BRANCH,   1:
                With,83/100,122$,Yes:
                Else,123$,Yes;
122$    ASSIGN:   Kan_Vermeye_Uygunmu.NumberOut
True=Kan_Vermeye_Uygunmu.NumberOut True + 1:NEXT(51$);
123$    ASSIGN:   Kan_Vermeye_Uygunmu.NumberOut
False=Kan_Vermeye_Uygunmu.NumberOut False + 1:NEXT(52$);
;    Model statements for module: Delay 12
51$    DELAY:    0.001722222222222,,Transfer:NEXT(88$);
;    Model statements for module: Assign 22
88$    ASSIGN:   DonorHazirlama=TNOW:NEXT(53$);
;    Model statements for module: Seize 8
53$    QUEUE,    Donor_Hazirlama_S.Queue;
        SEIZE,   2,Other:
                NT2,1:
                Yatak,1:NEXT(125$);

125$    DELAY:    0.0,,VA:NEXT(94$);
;    Model statements for module: Record 16
94$    TALLY:    DonorHazirlama_WaitTpE(RepNo),TNOW -
DonorHazirlama,1:NEXT(55$);
;    Model statements for module: Delay 13
55$    DELAY:    MinutesToBaseTime(0.68 +
GAMM(0.147,5.37)),VA:NEXT(56$);
;    Model statements for module: Release 8
56$    RELEASE:  NT2,1:NEXT(57$);
;    Model statements for module: Decide 8
57$    BRANCH,   1:
                With,98/100,126$,Yes:
                Else,127$,Yes;
126$    ASSIGN:   Kan_Verebilecekmi.NumberOut
True=Kan_Verebilecekmi.NumberOut True + 1:NEXT(58$);
127$    ASSIGN:   Kan_Verebilecekmi.NumberOut
False=Kan_Verebilecekmi.NumberOut False + 1:NEXT(59$);
;    Model statements for module: Delay 15

```

EK-2 (Devam) Benzetim modelinin geliştirilen kodu

```

58$      DELAY:      MinutesToBaseTime(3 +
LOGN(3.72,1.65)),,VA:NEXT(61$);
; Model statements for module: Seize 9
61$      QUEUE,      Donor_Kaldirma_S.Queue;
          SEIZE,      2,Other:
                      NT2,1:NEXT(129$);
129$     DELAY:      0.0,,VA:NEXT(63$);
; Model statements for module: Delay 16
63$     DELAY:      MinutesToBaseTime(ERLA( 1.17, 3 )),,VA:NEXT(64$);
; Model statements for module: Release 10
64$     RELEASE:     NT2,1:
                      Yatak,1:NEXT(65$);
; Model statements for module: Seize 10
65$     QUEUE,      Donor_Dinlenmesi_S.Queue;
          SEIZE,      2,Other:
                      DinlenmeKoltugu,1:NEXT(131$);
131$     DELAY:      0.0,,VA:NEXT(67$);
; Model statements for module: Delay 17
67$     DELAY:      MinutesToBaseTime(18 *
BETA(0.917,3.59)),,VA:NEXT(68$);
; Model statements for module: Release 11
68$     RELEASE:     DinlenmeKoltugu,1:NEXT(95$);
; Model statements for module: Record 18
95$     TALLY:      WaitT2(Entity.Station),Entity.WaitTime,1:NEXT(69$);
; Model statements for module: Decide 9
69$     BRANCH,      1:
                      With,5/100,132$,Yes:
                      Else,133$,Yes;
132$     ASSIGN:     Tibbi_Mudahale_Gereklimi.NumberOut
True=Tibbi_Mudahale_Gereklimi.NumberOut True + 1:NEXT(70$);

133$     ASSIGN:     Tibbi_Mudahale_Gereklimi.NumberOut
False=Tibbi_Mudahale_Gereklimi.NumberOut False + 1:NEXT(74$);
; Model statements for module: Seize 11
70$     QUEUE,      Tibbi_Mudahale_S.Queue;
          SEIZE,      2,Other:
                      Yatak,1:
                      NT2,1:NEXT(135$);
135$     DELAY:      0.0,,VA:NEXT(72$);
; Model statements for module: Delay 18
72$     DELAY:      MinutesToBaseTime(3 + WEIB( 13.9 , 1.13
)),,VA:NEXT(73$);
; Model statements for module: Release 12
73$     RELEASE:     Yatak,1:
                      NT2,1:NEXT(75$);

```

EK-2 (Devam) Benzetim modelinin geliştirilen kodu

```

; Model statements for module: Dispose 7
75$    ASSIGN:
Mudahaleli_Cikis.NumberOut=Mudahaleli_Cikis.NumberOut + 1;
136$    DISPOSE:    Yes;
; Model statements for module: Dispose 6
74$    ASSIGN:    Normal_Cikis.NumberOut=Normal_Cikis.NumberOut + 1;
137$    DISPOSE:    Yes;
; Model statements for module: Release 9
59$    RELEASE:    Yatak,1:NEXT(60$);
; Model statements for module: Dispose 5
60$    ASSIGN:    Dispose 5.NumberOut=Dispose 5.NumberOut + 1;
138$    DISPOSE:    Yes;
; Model statements for module: Dispose 4
52$    ASSIGN:    Muayene_Cikis.NumberOut=Muayene_Cikis.NumberOut +
1;
139$    DISPOSE:    Yes;
; Model statements for module: Dispose 3
45$    ASSIGN:    Yas_Cikis.NumberOut=Yas_Cikis.NumberOut + 1;
140$    DISPOSE:    Yes;
; Model statements for module: Delay 5
25$    DELAY:    MinutesToBaseTime(2 + ERLA(1.59,4)),VA:NEXT(85$);
; Model statements for module: Assign 10
13$    ASSIGN:    Entity.Sequence=2:NEXT(18$);
; Model statements for module: Delay 3
18$    DELAY:    0.0083333333333333,,VA:NEXT(20$);
; Model statements for module: Decide 4
20$    BRANCH,    1:
                If,NQ(Aferez_Form_Doldurma_S.Queue) < 3,141$,Yes:
                Else,142$,Yes;
141$    ASSIGN:    Aerez_Kuyruk_3den_Uzunmu.NumberOut
True=Aerez_Kuyruk_3den_Uzunmu.NumberOut True + 1:NEXT(26$);
142$    ASSIGN:    Aerez_Kuyruk_3den_Uzunmu.NumberOut
False=Aerez_Kuyruk_3den_Uzunmu.NumberOut False + 1:NEXT(30$);
; Model statements for module: Seize 4
26$    QUEUE,    Aferez_Form_Doldurma_S.Queue;
        SEIZE,    2,Other:
                BeklemeKoltugu,1:NEXT(144$);
144$    DELAY:    0.0,,VA:NEXT(28$);
; Model statements for module: Delay 6
28$    DELAY:    MinutesToBaseTime(3 + ERLA(1.59 ,
4)),VA:NEXT(29$);
; Model statements for module: Release 4
29$    RELEASE:    BeklemeKoltugu,1:NEXT(85$);
; Model statements for module: Delay 7
30$    DELAY:    MinutesToBaseTime(3 + ERLA(1.59,4)),VA:NEXT(85$);

```

EK-2 (Devam) Benzetim modelinin geliştirilen kodu

```

; Model statements for module: Assign 2
2$    ASSIGN:    Entity.Station=2:NEXT(10$);
; Model statements for module: Assign 3
3$    ASSIGN:    Entity.Station=3:NEXT(10$);
; Model statements for module: Assign 4
4$    ASSIGN:    Entity.Station=4:NEXT(10$);
; Model statements for module: Assign 5
5$    ASSIGN:    Entity.Station=5:NEXT(10$);
; Model statements for module: Assign 6
6$    ASSIGN:    Entity.Station=6:NEXT(10$);
; Model statements for module: Assign 7
7$    ASSIGN:    Entity.Station=7:NEXT(10$);
; Model statements for module: Assign 8
8$    ASSIGN:    Entity.Station=8:NEXT(10$);
; Model statements for module: Create 2
145$   CREATE,
1,HoursToBaseTime(1),Kontrol:HoursToBaseTime(1),9:NEXT(146$);
146$   ASSIGN:    Create 2.NumberOut=Create 2.NumberOut +
1:NEXT(76$);
; Model statements for module: ReadWrite 1
76$    WRITE,    File 1:
                davg(Sekreter_Util),
                davg(NT1_Util),
                davg(NT2_Util),
                davg(BeklemeKoltugu_Util),
                davg(DinlenmeKoltugu_Util),
                davg(Yatak_Util):NEXT(77$);
; Model statements for module: Record 4
77$    TALLY:
Sekreter_Utilization(RepNo),davg(Sekreter_Util),1:NEXT(78$);
; Model statements for module: Record 5
78$    TALLY:    NT1_Utilization(RepNo),davg(NT1_Util),1:NEXT(81$);
; Model statements for module: Record 7
81$    TALLY:    NT2_Utilization(RepNo),davg(NT2_Util),1:NEXT(82$);
; Model statements for module: Record 8
82$    TALLY:
BeklemeKoltugu_Utilization(RepNo),davg(BeklemeKoltugu_Util),1:NEXT(83$);
; Model statements for module: Record 9
83$    TALLY:    Yatak_Utilization(RepNo),davg(Yatak_Util),1:NEXT(84$);
; Model statements for module: Record 10
84$    TALLY:
DinlenmeKoltugu_Utilization(RepNo),davg(DinlenmeKoltugu_Util),1:NEXT(79$);
; Model statements for module: Assign 11
79$    ASSIGN:    RepNo=RepNo + 1:NEXT(80$);
; Model statements for module: Dispose 8

```


EK-2 (Devam) Benzetim modelinin geliştirilen kodu

```
80$      ASSIGN:      Dispose 8.NumberOut=Dispose 8.NumberOut + 1;
149$     DISPOSE:     Yes;
```

```
PROJECT,   "Unnamed Project", "vs",,,No,Yes,Yes,Yes,No,No,No,No,No;
ATTRIBUTES: DonorHazirlama:
```

```
FormTeslimi:
```

```
SekreterinFormGirmesi:
```

```
FormAlma:
```

```
MuayeneOlma;
```

```
FILES:     File 1,"c:\oran.txt",Sequential,Free Format,Dispose,,Hold;
```

```
SCHEDULES:
```

```
Pazartesi_Rates,TYPE(Arrival),FORMAT(Duration),FACTOR(1.0),UNITS(Hours),
DATA(0.59,1),DATA(2.33,1),DATA(3.15,1),
```

```
DATA(3.84,1),DATA(3.38,1),DATA(4.14,1),DATA(5.47,1),DATA(5.02,1):
```

```
Hemsire_Sch,TYPE(Capacity),FORMAT(Duration),FACTOR(1.0),UNITS(Hours):
```

```
Yatak_Sch,TYPE(Capacity),FORMAT(Duration),FACTOR(1.0),UNITS(hours),DA
TA(7,8):
```

```
NT2_Sch,TYPE(Capacity),FORMAT(Duration),FACTOR(1.0),UNITS(hours),DAT
A(3,4),DATA(1,1),DATA(3,3):
```

```
Sekreter_Sch,TYPE(Capacity),FORMAT(Duration),FACTOR(1.0),UNITS(hours),D
ATA(1,8):
```

```
DinlenmeKoltugu_Sch,TYPE(Capacity),FORMAT(Duration),FACTOR(1.0),UNITS
(hours),DATA(4,8):
```

```
NT1_Sch,TYPE(Capacity),FORMAT(Duration),FACTOR(1.0),UNITS(hours),DAT
A(2,4),DATA(1,1),DATA(2,3):
```

```
BeklemeKoltugu_Sch,TYPE(Capacity),FORMAT(Duration),FACTOR(1.0),UNITS(
hours),DATA(10,8);
```

```
VARIABLES: Kan_Verebilecekmi.NumberOut
```

```
True,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
```

```
Donor_Varisi.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
```

```
Tibbi_Mudahale_Gereklimi.NumberOut
```

```
False,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
```

```
Dispose 5.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
```

```
Dispose 8.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
```

```
MuayeneOlmaWT,CLEAR(System),CATEGORY("User Specified-User
Specified"):
```

```
Create 2.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
```

```
FormTeslimiWT,CLEAR(System),CATEGORY("User Specified-User
Specified"):
```

EK-2 (Devam) Benzetim modelinin geliştirilen kodu

```

        Kan_Bagisimi.NumberOut
True,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
        Yas_Cikis.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
        Tibbi_Mudahale_Gereklimi.NumberOut
True,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
        Kan_Vermeye_Uygunmu.NumberOut
True,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
        Kan_Vermeye_Uygunmu.NumberOut
False,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
        Yas_Uygunmu.NumberOut
True,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
        Dispose_1.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
        Aferezmi.NumberOut False,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
        Aferez_Cikis.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
        Kan_Bagisimi.NumberOut
False,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
        Aferezmi.NumberOut True,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
        FormAlmaWT,CLEAR(System),CATEGORY("User Specified-User
Specified"):
        SekreterinFormGWT,CLEAR(System),CATEGORY("User Specified-User
Specified"):
        Kan_Kuyruk_3den_Uzunmu.NumberOut
True,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
        DonorHazirlamaWT,CLEAR(System),CATEGORY("User Specified-User
Specified"):
        Normal_Cikis.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
        Aerez_Kuyruk_3den_Uzunmu.NumberOut
True,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
        Kan_Kuyruk_3den_Uzunmu.NumberOut
False,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
        Kan_Verebilecekmi.NumberOut
False,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
        Aerez_Kuyruk_3den_Uzunmu.NumberOut
False,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
        Yas_Uygunmu.NumberOut
False,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
        Mudahaleli_Cikis.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude"):
        RepNo,CLEAR(System),CATEGORY("User Specified-User Specified"),1:
        Muayene_Cikis.NumberOut,CLEAR(Statistics),CATEGORY("Exclude");
QUEUES: Aferez_Form_Doldurma_S.Queue,FIFO,,AUTOSTATS(Yes,,):
        Kan_Form_Alma.Queue,FIFO,,AUTOSTATS(Yes,,):
        Donor_Hazirlama_S.Queue,FIFO,,AUTOSTATS(Yes,,):
        Donor_Kaldirma_S.Queue,FIFO,,AUTOSTATS(Yes,,):
        Muayene_Olma_S.Queue,FIFO,,AUTOSTATS(Yes,,):
        Form_Teslimi_S.Queue,FIFO,,AUTOSTATS(Yes,,):

```

EK-2 (Devam) Benzetim modelinin geliştirilen kodu

Donor_Dinlenmesi_S.Queue,FIFO,,AUTOSTATS(Yes,,):

Sekreterin_Form_Gir_S.Queue,HVF(Entity.Sequence),,AUTOSTATS(Yes,,):

Tibbi_Mudahale_S.Queue,FIFO,,AUTOSTATS(Yes,,):

Kan_Form_Doldurma_S.Queue,FIFO,,AUTOSTATS(Yes,,);

FAILURES: Failure 1,Count(100,0.0);

RESOURCES:

Sekreter,Schedule(Sekreter_Sch,Wait),,COST(0.0,0.0,0.0),CATEGORY(Resources)
,FAILURE(Failure 1,Preempt),AUTOSTATS(Yes,,):

BeklemeKoltugu,Schedule(BeklemeKoltugu_Sch,Wait),,COST(0.0,0.0,0.0),CATEG
ORY(Resources),,AUTOSTATS(Yes,,):

DinlenmeKoltugu,Schedule(DinlenmeKoltugu_Sch,Wait),,COST(0.0,0.0,0.0),CAT
EGORY(Resources),,AUTOSTATS(Yes,,):

NT1,Schedule(NT1_Sch,Wait),,COST(0.0,0.0,0.0),CATEGORY(Resources),,AUT
OSTATS(Yes,,):

NT2,Schedule(NT2_Sch,Wait),,COST(0.0,0.0,0.0),CATEGORY(Resources),,AUT
OSTATS(Yes,,):

Yatak,Schedule(Yatak_Sch,Wait),,COST(0.0,0.0,0.0),CATEGORY(Resources),,AU
TOSTATS(Yes,,):

COUNTERS: Count_Cikan_8_9,,Replicate,"",DATABASE("Count","User
Specified","Count_Cikan_8_9"):

Count_Cikan_10_11,,Replicate,"",DATABASE("Count","User
Specified","Count_Cikan_10_11"):

Count_Cikan_11_12,,Replicate,"",DATABASE("Count","User
Specified","Count_Cikan_11_12"):

Count_Cikan_12_13,,Replicate,"",DATABASE("Count","User
Specified","Count_Cikan_12_13"):

Count_Cikan_13_14,,Replicate,"",DATABASE("Count","User
Specified","Count_Cikan_13_14"):

Count_Cikan_14_15,,Replicate,"",DATABASE("Count","User
Specified","Count_Cikan_14_15"):

Count_Cikan_15_16,,Replicate,"",DATABASE("Count","User
Specified","Count_Cikan_15_16"):

Count_Giren_9_10,,Replicate,"",DATABASE("Count","User
Specified","Count_Giren_9_10"):

Count_Cikan_9_10,,Replicate,"",DATABASE("Count","User
Specified","Count_Cikan_9_10"):

Count_Giren_8_9,,Replicate,"",DATABASE("Count","User
Specified","Count_Giren_8_9"):

EK-2 (Devam) Benzetim modelinin geliştirilen kodu

```

Count_Giren_10_11,,Replicate,"",DATABASE("Count","User
Specified","Count_Giren_10_11"):
Count_Giren_11_12,,Replicate,"",DATABASE("Count","User
Specified","Count_Giren_11_12"):
Count_Giren_12_13,,Replicate,"",DATABASE("Count","User
Specified","Count_Giren_12_13"):
Count_Giren_13_14,,Replicate,"",DATABASE("Count","User
Specified","Count_Giren_13_14"):
Count_Giren_14_15,,Replicate,"",DATABASE("Count","User
Specified","Count_Giren_14_15"):
Count_Giren_15_16,,Replicate,"",DATABASE("Count","User
Specified","Count_Giren_15_16");
TALLIES: DonorDinlenme_WaitT_12_13,"",DATABASE(,"User
Specified","DonorDinlenme_WaitT_12_13"):
DonorDinlenme_WaitT_13_14,"",DATABASE(,"User
Specified","DonorDinlenme_WaitT_13_14"):
DinlenmeK_Utilization_8_9,"",DATABASE(,"User
Specified","DinlenmeK_Utilization_8_9"):
DonorHazirlama_WaitT_9_10,"",DATABASE(,"User
Specified","DonorHazirlama_WaitT_9_10"):
Yatak_Utilization_9_10,"",DATABASE(,"User
Specified","Yatak_Utilization_9_10"):
DonorDinlenme_WaitT_14_15,"",DATABASE(,"User
Specified","DonorDinlenme_WaitT_14_15"):
DonorDinlenme_WaitT_15_16,"",DATABASE(,"User
Specified","DonorDinlenme_WaitT_15_16"):
FormTeslimi_WaitT_10_11,"",DATABASE(,"User
Specified","FormTeslimi_WaitT_10_11"):
FormTeslimi_WaitT_11_12,"",DATABASE(,"User
Specified","FormTeslimi_WaitT_11_12"):
BeklemeK_Utilization_10_11,"",DATABASE(,"User
Specified","BeklemeK_Utilization_10_11"):
FormTeslimi_WaitT_12_13,"",DATABASE(,"User
Specified","FormTeslimi_WaitT_12_13"):
BeklemeK_Utilization_11_12,"",DATABASE(,"User
Specified","BeklemeK_Utilization_11_12"):
FormTeslimi_WaitT_13_14,"",DATABASE(,"User
Specified","FormTeslimi_WaitT_13_14"):
BeklemeK_Utilization_12_13,"",DATABASE(,"User
Specified","BeklemeK_Utilization_12_13"):
FormTeslimi_WaitT_14_15,"",DATABASE(,"User
Specified","FormTeslimi_WaitT_14_15"):
BeklemeK_Utilization_13_14,"",DATABASE(,"User
Specified","BeklemeK_Utilization_13_14"):

```

EK-2 (Devam) Benzetim modelinin geliştirilen kodu

```

        Sekreter_Utilization_10_11,"",DATABASE(,"User
Specified","Sekreter_Utilization_10_11"):
        FormTeslimi_WaitT_15_16,"",DATABASE(,"User
Specified","FormTeslimi_WaitT_15_16"):
        WaitTime_8_9,"",DATABASE(,"User Specified","WaitTime_8_9"):
        WaitTime_13_14x,"",DATABASE(,"User
Specified","WaitTime_13_14x"):
        BeklemeK_Utilization_14_15,"",DATABASE(,"User
Specified","BeklemeK_Utilization_14_15"):
        Sekreter_Utilization_11_12,"",DATABASE(,"User
Specified","Sekreter_Utilization_11_12"):
        WaitTime_10_11x,"",DATABASE(,"User
Specified","WaitTime_10_11x"):
        BeklemeK_Utilization_15_16,"",DATABASE(,"User
Specified","BeklemeK_Utilization_15_16"):
        Sekreter_Utilization_12_13,"",DATABASE(,"User
Specified","Sekreter_Utilization_12_13"):
        NT1_Utilization_10_11,"",DATABASE(,"User
Specified","NT1_Utilization_10_11"):
        FormAlma_WaitT_10_11,"",DATABASE(,"User
Specified","FormAlma_WaitT_10_11"):
        Sek_FormGirme_WaitTimepE_9_10,"",DATABASE(,"User
Specified","Sek_FormGirme_WaitTimepE_9_10"):
        MuayeneOlma_WaitT_9_10,"",DATABASE(,"User
Specified","MuayeneOlma_WaitT_9_10"):
        Sekreter_Utilization_13_14,"",DATABASE(,"User
Specified","Sekreter_Utilization_13_14"):
        NT1_Utilization_11_12,"",DATABASE(,"User
Specified","NT1_Utilization_11_12"):
        FormAlma_WaitT_11_12,"",DATABASE(,"User
Specified","FormAlma_WaitT_11_12"):
        Sekreter_Utilization_14_15,"",DATABASE(,"User
Specified","Sekreter_Utilization_14_15"):
        MO,"",DATABASE(,"User Specified,"):
        NT1_Utilization_12_13,"",DATABASE(,"User
Specified","NT1_Utilization_12_13"):
        FormAlma_WaitT_12_13,"",DATABASE(,"User
Specified","FormAlma_WaitT_12_13"):
        NT2_Utilization_9_10,"",DATABASE(,"User
Specified","NT2_Utilization_9_10"):
        Sekreter_Utilization_15_16,"",DATABASE(,"User
Specified","Sekreter_Utilization_15_16"):
        NT1_Utilization_13_14,"",DATABASE(,"User
Specified","NT1_Utilization_13_14"):

```

EK-2 (Devam) Benzetim modelinin geliştirilen kodu

```

        Yatak_Utilization_8_9,"",DATABASE(,"User
Specified","Yatak_Utilization_8_9"):
        FormAlma_WaitT_13_14,"",DATABASE(,"User
Specified","FormAlma_WaitT_13_14"):
        WaitTime_8_9x,"",DATABASE(,"User Specified","WaitTime_8_9x"):
        NT1_Utilization_14_15,"",DATABASE(,"User
Specified","NT1_Utilization_14_15"):
        FormAlma_WaitT_14_15,"",DATABASE(,"User
Specified","FormAlma_WaitT_14_15"):
        NT1_Utilization_15_16,"",DATABASE(,"User
Specified","NT1_Utilization_15_16"):
        WaitTime_10_11,"",DATABASE(,"User Specified","WaitTime_10_11"):
        FormAlma_WaitT_15_16,"",DATABASE(,"User
Specified","FormAlma_WaitT_15_16"):
        WaitTime_11_12,"",DATABASE(,"User Specified","WaitTime_11_12"):
        WaitTime_12_13,"",DATABASE(,"User Specified","WaitTime_12_13"):
        WaitTime_13_14,"",DATABASE(,"User Specified","WaitTime_13_14"):
        Tally 134,"",DATABASE(,"User Specified","Tally 134"):
        FormAlma_WaitT_9_10,"",DATABASE(,"User
Specified","FormAlma_WaitT_9_10"):
        Tally 135,"",DATABASE(,"User Specified","Tally 135"):
        Tally 136,"",DATABASE(,"User Specified","Tally 136"):
        Tally 137,"",DATABASE(,"User Specified","Tally 137"):
        Tally 138,"",DATABASE(,"User Specified","Tally 138"):
        WaitTime_14_15,"",DATABASE(,"User Specified","WaitTime_14_15"):
        Tally 139,"",DATABASE(,"User Specified","Tally 139"):
        Sekreter_Utilization_8_9,"",DATABASE(,"User
Specified","Sekreter_Utilization_8_9"):
        WaitTime_15_16,"",DATABASE(,"User Specified","WaitTime_15_16"):
        Tally 140,"",DATABASE(,"User Specified","Tally 140"):
        Tally 141,"",DATABASE(,"User Specified",):
        Tally 142,"",DATABASE(,"User Specified",):
        Tally 143,"",DATABASE(,"User Specified",):
        Tally 144,"",DATABASE(,"User Specified",):
        Tally 145,"",DATABASE(,"User Specified",):
        Tally 146,"",DATABASE(,"User Specified",):
        Tally 147,"",DATABASE(,"User Specified",):
        Tally 148,"",DATABASE(,"User Specified",):
        Sekreter_Utilization_9_10,"",DATABASE(,"User
Specified","Sekreter_Utilization_9_10"):
        NT2_Utilization_10_11,"",DATABASE(,"User
Specified","NT2_Utilization_10_11"):
        WaitTime_15_16x,"",DATABASE(,"User
Specified","WaitTime_15_16x"):

```

EK-2 (Devam) Benzetim modelinin geliştirilen kodu

```

        MuayeneOlma_WaitT_10_11,"",DATABASE(,"User
Specified","MuayeneOlma_WaitT_10_11"):
        DinlenmeK_Utilization_9_10,"",DATABASE(,"User
Specified","DinlenmeK_Utilization_9_10"):
        NT2_Utilization_11_12,"",DATABASE(,"User
Specified","NT2_Utilization_11_12"):
        WaitTime_12_13x,"",DATABASE(,"User
Specified","WaitTime_12_13x"):
        MuayeneOlma_WaitT_11_12,"",DATABASE(,"User
Specified","MuayeneOlma_WaitT_11_12"):
        NT2_Utilization_12_13,"",DATABASE(,"User
Specified","NT2_Utilization_12_13"):
        Yatak_Utilization_10_11,"",DATABASE(,"User
Specified","Yatak_Utilization_10_11"):
        WaitTime_9_10x,"",DATABASE(,"User Specified","WaitTime_9_10x"):
        MuayeneOlma_WaitT_12_13,"",DATABASE(,"User
Specified","MuayeneOlma_WaitT_12_13"):
        NT1_Utilization_9_10,"",DATABASE(,"User
Specified","NT1_Utilization_9_10"):
        NT2_Utilization_13_14,"",DATABASE(,"User
Specified","NT2_Utilization_13_14"):
        Yatak_Utilization_11_12,"",DATABASE(,"User
Specified","Yatak_Utilization_11_12"):
        MuayeneOlma_WaitT_13_14,"",DATABASE(,"User
Specified","MuayeneOlma_WaitT_13_14"):
        NT2_Utilization_14_15,,DATABASE(,"User
Specified","NT2_Utilization_14_15"):
        Yatak_Utilization_12_13,"",DATABASE(,"User
Specified","Yatak_Utilization_12_13"):
        MuayeneOlma_WaitT_14_15,"",DATABASE(,"User
Specified","MuayeneOlma_WaitT_14_15"):
        NT2_Utilization_15_16,"",DATABASE(,"User
Specified","NT2_Utilization_15_16"):
        FormTeslimi_WaitT_9_10,"",DATABASE(,"User
Specified","FormTeslimi_WaitT_9_10"):
        Yatak_Utilization_13_14,"",DATABASE(,"User
Specified","Yatak_Utilization_13_14"):
        BeklemeK_Utilization_8_9,"",DATABASE(,"User
Specified","BeklemeK_Utilization_8_9"):
        MuayeneOlma_WaitT_15_16,"",DATABASE(,"User
Specified","MuayeneOlma_WaitT_15_16"):
        Yatak_Utilization_14_15,"",DATABASE(,"User
Specified","Yatak_Utilization_14_15"):
        Yatak_Utilization_15_16,"",DATABASE(,"User
Specified","Yatak_Utilization_15_16"):

```

EK-2 (Devam) Benzetim modelinin geliştirilen kodu

```

DH,"",DATABASE(,"User Specified");
NT1_Utilization_8_9,"",DATABASE(,"User
Specified","NT1_Utilization_8_9"):
WaitTime_9_10,"",DATABASE(,"User Specified","WaitTime_9_10"):
DonorHazirlama_WaitT_10_11,"",DATABASE(,"User
Specified","DonorHazirlama_WaitT_10_11"):
DonorHazirlama_WaitT_11_12,"",DATABASE(,"User
Specified","DonorHazirlama_WaitT_11_12"):
FormTeslimi_WaitT_8_9,"",DATABASE(,"User
Specified","FormTeslimi_WaitT_8_9"):
N2T_Utilization_14_15,"",DATABASE(,"User Specified");
MuayeneOlma_WaitT_8_9,"",DATABASE(,"User
Specified","MuayeneOlma_WaitT_8_9"):
DonorHazirlama_WaitT_12_13,"",DATABASE(,"User
Specified","DonorHazirlama_WaitT_12_13"):
Sek_FormGirme_WaitTimepE_10_11,"",DATABASE(,"User
Specified","Sek_FormGirme_WaitTimepE_10_11"):
DonorHazirlama_WaitT_13_14,"",DATABASE(,"User
Specified","DonorHazirlama_WaitT_13_14"):
FA,"",DATABASE(,"User Specified");
Sek_FormGirme_WaitTimepE_11_12,"",DATABASE(,"User
Specified","Sek_FormGirme_WaitTimepE_11_12"):
DonorHazirlama_WaitT_14_15,"",DATABASE(,"User
Specified","DonorHazirlama_WaitT_14_15"):
DonorDinlenme_WaitT_9_10,"",DATABASE(,"User
Specified","DonorDinlenme_WaitT_9_10"):
Sek_FormGirme_WaitTimepE_12_13,"",DATABASE(,"User
Specified","Sek_FormGirme_WaitTimepE_12_13"):
FormAlma_WaitT_8_9,"",DATABASE(,"User
Specified","FormAlma_WaitT_8_9"):
FT,"",DATABASE(,"User Specified");
DonorHazirlama_WaitT_15_16,"",DATABASE(,"User
Specified","DonorHazirlama_WaitT_15_16"):
Sek_FormGirme_WaitTimepE_13_14,"",DATABASE(,"User
Specified","Sek_FormGirme_WaitTimepE_13_14"):
BeklemeK_Utilization_9_10,"",DATABASE(,"User
Specified","BeklemeK_Utilization_9_10"):
DonorDinlenme_WaitT_8_9,"",DATABASE(,"User
Specified","DonorDinlenme_WaitT_8_9"):
Sek_FormGirme_WaitTimepE_14_15,"",DATABASE(,"User
Specified","Sek_FormGirme_WaitTimepE_14_15"):
WaitTime_14_15x,"",DATABASE(,"User
Specified","WaitTime_14_15x"):
Sek_FormGirme_WaitTimepE_15_16,"",DATABASE(,"User
Specified","Sek_FormGirme_WaitTimepE_15_16"):

```


EK-2 (Devam) Benzetim modelinin geliştirilen kodu

```

        Sek_FormGirme_WaitTimepE_8_9,"",DATABASE(,"User
Specified","Sek_FormGirme_WaitTimepE_8_9"):
        DinlenmeK_Utilization_10_11,"",DATABASE(,"User
Specified","DinlenmeK_Utilization_10_11"):
        WaitTime_11_12x,"",DATABASE(,"User
Specified","WaitTime_11_12x"):
        DinlenmeK_Utilization_11_12,"",DATABASE(,"User
Specified","DinlenmeK_Utilization_11_12"):
        DinlenmeK_Utilization_12_13,"",DATABASE(,"User
Specified","DinlenmeK_Utilization_12_13"):
        SFG,"",DATABASE(,"User Specified",):
        DinlenmeK_Utilization_13_14,"",DATABASE(,"User
Specified","DinlenmeK_Utilization_13_14"):
        NT2_Utilization_8_9,"",DATABASE(,"User
Specified","NT2_Utilization_8_9"):
        DinlenmeK_Utilization_14_15,"",DATABASE(,"User
Specified","DinlenmeK_Utilization_14_15"):
        DinlenmeK_Utilization_15_16,"",DATABASE(,"User
Specified","DinlenmeK_Utilization_15_16"):
        DonorHazirlama_WaitT_8_9,"",DATABASE(,"User
Specified","DonorHazirlama_WaitT_8_9"):
        DonorDinlenme_WaitT_10_11,"",DATABASE(,"User
Specified","DonorDinlenme_WaitT_10_11"):
        DonorDinlenme_WaitT_11_12,"",DATABASE(,"User
Specified","DonorDinlenme_WaitT_11_12");

DSTATS:    MuayeneOlmaWT,MuayeneOlmaWT
Value,,DATABASE(,"Variable","User Specified","MuayeneOlmaWT"):
        FormTeslimiWT,FormTeslimiWT Value,,DATABASE(,"Variable","User
Specified","FormTeslimiWT"):
        DAVG(Sekreterin_Form_Gir_S.Queue.NumberInQueue),Statistic
133,"",DATABASE(,"Time Persistent","User Specified",
        "Statistic 133"):
        NR(Sekreter)/MAX(MR(Sekreter),1),Sekreter_Util,"",DATABASE(,"Time
Persistent","User Specified","Sekreter_Util"):

NR(DinlenmeKoltugu)/MAX(MR(DinlenmeKoltugu),1),DinlenmeKoltugu_Util,"",
DATABASE(,"Time Persistent",
        "User Specified","DinlenmeKoltugu_Util"):
        NR(NT2)/MAX(MR(NT2),1),NT2_Util,"",DATABASE(,"Time
Persistent","User Specified","NT2_Util"):

NR(BeklemeKoltugu)/MAX(MR(BeklemeKoltugu),1),BeklemeKoltugu_Util,"",DA
TABASE(,"Time Persistent","User Specified",
        "BeklemeKoltugu_Util"):

```

EK-2 (Devam) Benzetim modelinin geliştirilen kodu

```

FormAlmaWT,FormAlmaWT Value,,DATABASE("Variable","User
Specified","FormAlmaWT"):
NR(Yatak)/MAX(MR(Yatak),1),Yatak_Util,"",DATABASE("Time
Persistent","User Specified","Yatak_Util"):
SekreterinFormGWT,SekreterinFormGWT
Value,,DATABASE("Variable","User Specified","SekreterinFormGWT"):
NR(NT1)/MAX(MR(NT1),1),NT1_Util,"",DATABASE("Time
Persistent","User Specified","NT1_Util"):
DonorHazirlamaWT,DonorHazirlamaWT
Value,,DATABASE("Variable","User Specified","DonorHazirlamaWT");
REPLICATE, 600,,DaysToBaseTime(1),Yes,Yes,,TNOW
>8,,8,Hours,No,No,,Yes;
ENTITIES: Donor,Picture.Report,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,AUTOSTATS(Yes,,);
Kontrol,Picture.Report,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,AUTOSTATS(No,,);
SETS:
Yatak_Utilization,Yatak_Utilization_8_9,Yatak_Utilization_9_10,Yatak_Utilization
_10_11,Yatak_Utilization_11_12,
Yatak_Utilization_12_13,Yatak_Utilization_13_14,Yatak_Utilization_14_15,Yatak_
Utilization_15_16:
Cikan_Count,Count_Cikan_8_9,Count_Cikan_9_10,Count_Cikan_10_11,Count_Cik
an_11_12,Count_Cikan_12_13,
Count_Cikan_13_14,Count_Cikan_14_15,Count_Cikan_15_16:
MuayeneOlma_WaitTpE,MuayeneOlma_WaitT_8_9,MuayeneOlma_WaitT_9_10,M
uayeneOlma_WaitT_10_11,MuayeneOlma_WaitT_11_12,
MuayeneOlma_WaitT_12_13,MuayeneOlma_WaitT_13_14,MuayeneOlma_WaitT_
14_15,MuayeneOlma_WaitT_15_16:
DonorHazirlama_WaitTpE,DonorHazirlama_WaitT_8_9,DonorHazirlama_WaitT_9
_10,DonorHazirlama_WaitT_10_11,
DonorHazirlama_WaitT_11_12,DonorHazirlama_WaitT_12_13,DonorHazirlama_W
aitT_13_14,DonorHazirlama_WaitT_14_15,
DonorHazirlama_WaitT_15_16:
SekreterinFormGirme_NumQue,Tally 134,Tally 135,Tally 136,Tally
136,Tally 137,Tally 138,Tally 139,Tally 140:
Sekreter_FormGirme_WaitTpE,Sek_FormGirme_WaitTimepE_8_9,Sek_FormGirm
e_WaitTimepE_9_10,
Sek_FormGirme_WaitTimepE_10_11,Sek_FormGirme_WaitTimepE_11_12,Sek_F
ormGirme_WaitTimepE_12_13,
Sek_FormGirme_WaitTimepE_13_14,Sek_FormGirme_WaitTimepE_14_15,Sek_F
ormGirme_WaitTimepE_15_16:
FormTeslimi_WaitTpE,FormTeslimi_WaitT_8_9,FormTeslimi_WaitT_9_10,FormT
eslimi_WaitT_10_11,FormTeslimi_WaitT_11_12,
FormTeslimi_WaitT_12_13,FormTeslimi_WaitT_13_14,FormTeslimi_WaitT_14_1
5,FormTeslimi_WaitT_15_16:

```

EK-2 (Devam) Benzetim modelinin geliştirilen kodu

```

Sekreter_Utilization,Sekreter_Utilization_8_9,Sekreter_Utilization_9_10,Sekreter_Utilization_10_11,
Sekreter_Utilization_11_12,Sekreter_Utilization_12_13,Sekreter_Utilization_13_14,
Sekreter_Utilization_14_15,
    Sekreter_Utilization_15_16:
DinlenmeKoltugu_Utilization,DinlenmeK_Utilization_8_9,DinlenmeK_Utilization_9_10,DinlenmeK_Utilization_10_11,
DinlenmeK_Utilization_11_12,DinlenmeK_Utilization_12_13,DinlenmeK_Utilization_13_14,DinlenmeK_Utilization_14_15,
    DinlenmeK_Utilization_15_16:
Giren_Count,Count_Giren_8_9,Count_Giren_9_10,Count_Giren_10_11,Count_Giren_11_12,Count_Giren_12_13,
    Count_Giren_13_14,Count_Giren_14_15,Count_Giren_15_16:
NT1_Utilization,NT1_Utilization_8_9,NT1_Utilization_9_10,NT1_Utilization_10_11,NT1_Utilization_11_12,

NT1_Utilization_12_13,NT1_Utilization_13_14,NT1_Utilization_14_15,NT1_Utilization_15_16:
NT2_Utilization,NT2_Utilization_8_9,NT2_Utilization_9_10,NT2_Utilization_10_11,NT2_Utilization_11_12,

NT2_Utilization_12_13,NT2_Utilization_13_14,NT2_Utilization_14_15,NT2_Utilization_15_16:
WaitT2,WaitTime_8_9x,WaitTime_9_10x,WaitTime_10_11x,WaitTime_11_12x,WaitTime_12_13x,WaitTime_13_14x,
    WaitTime_14_15x,WaitTime_15_16x:

BeklemeKoltugu_Utilization,BeklemeK_Utilization_8_9,BeklemeK_Utilization_9_10,BeklemeK_Utilization_10_11,
BeklemeK_Utilization_11_12,BeklemeK_Utilization_12_13,BeklemeK_Utilization_13_14,BeklemeK_Utilization_14_15,
    BeklemeK_Utilization_15_16:
DonorDinlenme_WaitTpE,DonorDinlenme_WaitT_8_9,DonorDinlenme_WaitT_9_10,DonorDinlenme_WaitT_10_11,
DonorDinlenme_WaitT_11_12,DonorDinlenme_WaitT_12_13,DonorDinlenme_WaitT_13_14,DonorDinlenme_WaitT_14_15,
    DonorDinlenme_WaitT_15_16:
FormAlma_WaitTpE,FormAlma_WaitT_8_9,FormAlma_WaitT_9_10,FormAlma_WaitT_10_11,FormAlma_WaitT_11_12,
FormAlma_WaitT_12_13,FormAlma_WaitT_13_14,FormAlma_WaitT_14_15,FormAlma_WaitT_15_16:
WaitT,WaitTime_8_9,WaitTime_9_10,WaitTime_10_11,WaitTime_11_12,WaitTime_12_13,WaitTime_13_14,WaitTime_14_15,
    WaitTime_15_16;

```

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : SÖNMEZ, Volkan
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 20.08.1984 Samsun
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (312) 363 54 38
 Faks : 0 (312) 297 89 53
 e-mail : volkansz@hacettepe.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Endüstri Müh. Böl.	2009
Lisans	Gazi Üniversitesi / Endüstri Müh. Böl.	2006
Lise	Nuh Mehmet. Baldöktü Anadolu Lisesi	2002

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görevi
2007 - ...	Hacettepe Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce, Almanca

Hobiler

İnternet ve bilgisayar teknolojisi, kitap okumak ve basketbol oynamak.