



**HİZMET SEKTÖRÜNDE BEKLEME HATTI SİSTEMLERİNİN
İYİLEŞTİRİLMESİNE YÖNELİK SİMÜLASYON UYGULAMASI:
BİR BANKA ŞUBESİ ÖRNEĞİ**

BURCU BİRSEN

Nisan 2022

DENİZLİ

**HİZMET SEKTÖRÜNDE BEKLEME HATTI SİSTEMLERİNİN
İYİLEŞTİRİLMESİNE YÖNELİK SİMÜLASYON UYGULAMASI:
BİR BANKA ŞUBESİ ÖRNEĞİ**

**Pamukkale Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Doktora Tezi
İşletme Ana Bilim Dalı
Genel İşletme Doktora Programı**

Burcu BİRSEN

Danışman: Doç. Dr. Ayşegül TUŞ

**Nisan 2022
DENİZLİ**

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atıfta bulunulduğunu beyan ederim.

İmza

Burcu BİRSEN

ÖN SÖZ

Bu tezin hazırlanmasında bilgisini ve tecrübesini aktararak bana her aşamada destek olan değerli danışman hocam Doç. Dr. Ayşegül TUŞ başta olmak üzere, tez savunma jüri üyeleri değerli hocalarım Prof. Dr. Ali ÖZDEMİR, Doç Dr. Esra AYTAÇ ADALI, Prof. Dr. Hakan SARITAŞ ve Prof. Dr. Muhsin ÖZDEMİR hocalarıma en içten teşekkürlerimi sunarım. Uygulama bölümünde sorularına her zaman sabırla ve içtenlikle cevap vererek bana yardımcı olan Doç. Dr. Olcay POLAT hocama da ayrıca teşekkür ederim.

Süreç ne kadar zorsa başarının verdiği keyif de bir o kadar anlamlı oluyor. Eğitim ve öğretim hayatımın bu en zorlu ve bir o kadar da keyifli doktora eğitimi sürecinde bana olan güvenini hiçbir zaman kaybetmeyen sevgili eşim Doç. Dr. Onur BİRSEN'e, okul ve iş hayatımdaki başarılarımda katkıları çok büyük olan, hayatımın her aşamasında arkamda durarak beni her zaman destekleyen, sevgili annem Serin DAĞTEKİN ve babam Mehmet Ali DAĞTEKİN'e sevgi ve teşekkürlerimi sunarım. Azmini ve çalışkanlığını örnek aldığım canım kardeşim Ebru DAĞTEKİN KAYALAR, varlıkları ve enerjilerinden her zaman güç aldığım sevgili oğullarım Efe ve Poyraz BİRSEN, iyi ki varsınız.

ÖZET

HİZMET SEKTÖRÜNDE BEKLEME HATTI SİSTEMLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİNE YÖNELİK SİMÜLASYON UYGULAMASI: BİR BANKA ŞUBESİ ÖRNEĞİ

BİRSEN, Burcu
Doktora Tezi
İşletme ABD
Genel İşletme Doktora Programı
Danışman: Doç. Dr. Ayşegül TUŞ

Nisan 2022, X+113 sayfa

İşletmelerin küresel rekabette yer alabilmeleri için etkin bir hizmet yönetimi oluşturmaları gerekmektedir. Hizmet sektörü içinde önemli bir yeri olan bankaların rekabet edebilmeleri için en önemli görevlerinden biri, bekleme hattı sistemlerini iyileştirmeleridir. Bekleme hattı sistemlerinin iyileştirilmesi ise kaynakların verimli şekilde kullanılarak bekleme sürelerinin mümkün olduğunca azaltılmasına bağlıdır. Bu şekilde hızlı ve müşteri odaklı etkin bir hizmet sunularak müşteri memnuniyetinde artış ve müşterilerin ilgili banka ile çalışmaya devamlılığı sağlanır.

Bu tezin amacı, Denizli’de faaliyet gösteren bir banka şubesine ait bekleme hattı sisteminin, müşteri verilerinin girdi olarak kullanıldığı simülasyona dayalı modeller geliştirerek iyileştirilmesini sağlamaktır. Bunun için öncelikle mevcut durumu yansıtan sadece tek kriter (çalışma büyüklüğü) öncelikli hizmet kuyruk disiplini ile bir model oluşturulmuştur. Daha sonra beş kriter (çalışma büyüklüğü, sadakat, yaş, çalışma durumu ve işlem süresi) öncelikli hizmet kuyruk disiplini ile bir senaryo ve belirli bir kuyruk sınırına ulaşıldığında dördüncü bankonun açıldığı bir senaryo için iki farklı model oluşturulmuştur. Arena 14.00 paket programı ile bu modeller simüle edilip müşterilerin kuyrukta bekleme süreleri ile hizmet kapsamındaki kaynakların faydalı kullanım oranları hesaplanmış; müşteri memnuniyetini arttıran en uygun ve en etkili model tespit edilmiştir. Ayrıca günümüzün en büyük problemi COVID 19 pandemi döneminin etkisini görebilmek amacı ile yeni bir model kurularak teze dahil edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bekleme Hattı Sistemi, Simülasyon, Bankacılık Sektörü

ABSTRACT

SIMULATION APPLICATION TO IMPROVE WAITING LINE SYSTEMS IN THE SERVICE SECTOR: THE BANK BRANCH SAMPLE

BİRSEN, Burcu

Ph. D. Thesis

Business Administration Department

Ph.D. in Business Administration

Adviser of Thesis: Assoc. Prof. Dr. Ayşegül TUŞ

April 2022, X+113 pages

Businesses have to create effective service management in order to take part in global competition. One of the most important tasks of banks, which have an important place in the service sector, is to improve their waiting line systems in order to compete. The improvement of waiting line systems depends on reducing waiting times as much as possible by using resources efficiently. In this way, an increase in customer satisfaction and the continuity of the customers to work with the relevant bank are ensured by providing a fast and customer-oriented effective service.

The aim of this thesis is to improve waiting line system of a bank branch operating in Denizli by developing simulation-based models in which customer data of the branch is used as input. For this aim, firstly the model with only one criterion (working size) priority queue discipline that reflects the current situation has been developed. Then, the two different models have been developed for the scenario with five criteria (working size, loyalty, age, working status and processing time) priority queue discipline and the scenario in which the fourth counter is opened when a certain queue limit is reached. These models have been simulated with the Arena 14.00 package program and customers' waiting times in the queue and useful usage rates of the resources within the scope of the service have been calculated. Then, the most suitable and effective model that increases customer satisfaction has been determined. In addition, a new model has been established and included in the thesis in order to see the impact of the COVID 19 pandemic period, which is the biggest problem of today.

Keywords: Waiting Line System, Simulation, Banking Sector

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
TABLolar DİZİNİ	viii
EKLER DİZİNİ.....	ix
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM BEKLEME HATTI TEORİSİ

1.1. Bekleme Hattı Teorisinin Tarihsel Gelişimi ve Literatür Taraması	6
1.2. Bekleme Hattı Sisteminde Temel Kavramlar ve Parametreler	18
1.3. Bekleme Hattı Sisteminin Genel Yapısı	19
1.3.1. Geliş Süreci.....	21
1.3.2. Hizmet Süreci	22
1.3.3. Kuyruk Disiplini	26
1.3.4. Sistemden Ayrılış.....	27
1.4. Bekleme Hattı Sistemlerinde Maliyet	28
1.5. Bekleme Hattı Modelleri.....	30
1.5.1. Sonsuz Kuyruk Kapasiteli Tek Kanallı Bekleme Hattı Modelleri	31
1.5.2. Sonsuz Kuyruk Kapasiteli Çok Kanallı Bekleme Hattı Modelleri	32
1.5.3. Sonlu Kuyruk Kapasiteli Tek Kanallı Bekleme Hattı Modelleri.....	34
1.5.4. Sonlu Kuyruk Kapasiteli Çok Kanallı Bekleme Hattı Modelleri	34
1.6. Bekleme Hattı Sistemlerinde Kullanılan Olasılık Dağılımları	34
1.6.1. Poisson Dağılımı.....	35
1.6.2. Üstel Dağılım	36
1.6.3. Weibull Dağılım	38

İKİNCİ BÖLÜM

BEKLEME HATTI MODELLERİNDE SİMÜLASYON

2.1. Simülasyon Kavramı.....	39
2.2. Simülasyonun Kullanıldığı Alanlar	43
2.3. Simülasyonun Tarihsel Gelişimi	44
2.4. Simülasyon Türleri.....	45
2.4.1. Monte Carlo Simülasyonu	45
2.4.2. Sürekli Sistem Simülasyonu	45
2.4.3. Kesikli Sistem Simülasyonu	46
2.4.4 Karma Simülasyon.....	46
2.5. Simülasyon Süreci.....	46
2.5.1. Problemin Tanımlanması.....	49
2.5.2. Verilerin Elde Edilmesi	49
2.5.3. Modelin Kurulması	49
2.5.4. Modelin Test Edilerek Doğrulanması.....	51
2.5.5. Modelin Çalıştırılması	51
2.5.6. Sonuçların Analizi ve Raporlama	51

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

SİMÜLASYON UYGULAMASI: BİR BANKA ŞUBESİ ÖRNEĞİ

3.1. Banka Şubesi ve Bekleme Hattı Sistemi Hakkında Genel Bilgiler	53
3.2. Problemin Tanımlanması	57
3.3. Verilerin Toplanması	57
3.4. Önceliklendirme Kriterleri	60
3.4.1 Müşterinin Çalışma Büyüklüğü	61
3.4.2 Müşterinin Sadakat Durumu	62
3.4.3 Müşterinin Yaşı.....	70
3.4.4. Müşterinin Çalışma Durumu	71
3.4.5. Bankacılık İşlem Süreleri.....	71
3.5. Modelin Kurulması	72
3.6. Modelin Doğrulanması	73
3.7. Modelin Çalıştırılması.....	73
3.8. Analizler.....	74

3.8.1. Mevcut Durum: Tek Kriter Öncelikli Hizmet Modeli.....	76
3.8.2. Senaryo 1: Beş Kriter Öncelikli Hizmet Modeli	78
3.8.3. Senaryo 2: Dördüncü Bankonun Belli Bir Kuyruk Sınırında Açıldığı Beş Kriter Öncelikli Hizmet Modeli	80
3.8.4. Covid 19 Pandemi Dönemi için Oluşturulan Model	82
SONUÇ	86
KAYNAKLAR	89
EKLER.....	104
ÖZ GEÇMİŞ	113

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Bekleme Hattı Sisteminin Genel Yapısı	20
Şekil 2. Kuyrukla Karşılaşan Müşterilerin Üç Farklı Durumu	22
Şekil 3. Tek Kuyruklu Tek Kanallı Hizmet Mekanizması.....	23
Şekil 4. Tek Kuyruklu Paralel Kanallı Hizmet Mekanizması.....	24
Şekil 5. Çok Kuyruklu Paralel Kanallı Hizmet Mekanizması	25
Şekil 6. Seri Kanallı Hizmet Mekanizması	26
Şekil 7. Sistemden Ayrılış.....	28
Şekil 8. Bekleme Hattı Sisteminde Optimal Hizmet Düzeyi	30
Şekil 9. Bir Bankadaki Müşteri Gelişlerinin Poisson Dağılım Grafiği.....	36
Şekil 10. Bir Bankadaki Hizmet Süresinin Üstel Dağılım Grafiği	37
Şekil 11. Simülasyon Çalışma Şeması.....	40
Şekil 12. Simülasyon Sürecindeki Aşamalara Ait Akış Diyagramı.....	48
Şekil 13. Banka Şubesinin Mevcut Sistem Yapısı.....	54
Şekil 14. Sıra Çağrı Sistemi Tanımlama Ekranı	55
Şekil 15. Bilet Makinesi (Kiosk) Görünümü	56
Şekil 16. Şube Sıra Çağrı Sistemi Yapısı.....	56
Şekil 17. Müşteri Gelişleri ve Hizmet Süreleri ile İlgili Verilerin Alındığı Ekran Görüntüsü.....	58
Şekil 18. Müşteri Bilgilerinin Yer Aldığı Ekran Görüntüsü	59
Şekil 19. Müşterilerin Kullandığı Ürünlerin Yer Aldığı Ekran Görüntüsü	59
Şekil 20. Karar Probleminin Hiyerarşik Yapısı	65
Şekil 21. Replikasyon Parametrelerinin Tanımlanması.....	74
Şekil 22. Mevcut Durum Arena Simülasyon Modeli.....	77
Şekil 23. Senaryo 1 Arena Simülasyon Modeli	79
Şekil 24. Senaryo 2 Arena Simülasyon Modeli	81
Şekil 25. Pandemi Dönemi Arena Simülasyon Modeli	83

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Bankacılık Sektöründe Bekleme Hattı Teorisi ile İlgili Yapılan Çalışmalar....	14
Tablo 2. Portföylere Atanma Kuralları	61
Tablo 3. Müşteri Segmentleri.....	62
Tablo 4. Kriterlerin İkili Karşılaştırma Matrisi.....	66
Tablo 5. Süreklilik Kriteri için İkili Karşılaştırma Matrisi	67
Tablo 6. Fayda Kriteri için İkili Karşılaştırma Matrisi	67
Tablo 7. Önem Kriteri için İkili Karşılaştırma Matrisi	68
Tablo 8. Alternatiflerin Bütünleşik Öncelik Değerleri ve Puanlar	69
Tablo 9. Müşterilerin Sadakat Durumu Hesaplamasına İlişkin Bir Örnek	70
Tablo 10. Bankacılık İşlemleri ve Ortalama İşlem Süreleri.....	72
Tablo 11. Sistem Performans Özeti	74
Tablo 12. Kuyrukta Bekleme Sürelerine İlişkin Sonuçlar (dakika).....	84
Tablo 13. Kaynak Kullanım Oranları (%)......	84
Tablo 14. Kuyrukta Bekleyen Müşteri Sayısına İlişkin Sonuçlar (adet)	84
Tablo 15. Kuyrukta Bekleme Sürelerine İlişkin İyileşme Sonuçları	85
Tablo 16. Kaynak Kullanım Oranlarına İlişkin İyileşme Sonuçları	85
Tablo 17. Kuyrukta Bekleyen Müşteri Sayısına İlişkin İyileşme Sonuçları	85

EKLER DİZİNİ

Ek 1. Örnek Müşteri Veri Sayfası	105
Ek 2. Müşterilerinin Şubeye Gelişler Arası Sürelerinin Dağılımı	106
EK 3. Bankoların Hizmet Sürelerinin Dağılımı	107
Ek 4. Mevcut Durum Arena Rapor Görüntüleri.....	109
Ek 5. Senaryo 1 Arena Rapor Görüntüleri	110
Ek 6. Senaryo 2 Arena Rapor Görüntüleri	111
Ek 7. Pandemi Dönemi Arena Rapor Görüntüleri	112



SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

VZA	Veri Zarflama Analizi
AHS	Analitik Hiyerarşi Süreci
FIFO	İlk Gelen İlk Hizmet Alır Kuyruk Disiplini (First In First Out)
LIFO	Son Gelen İlk Hizmet Alır Kuyruk Disiplini (Last In First Out)
PRI	Öncelikli Hizmet Kuyruk Disiplini (Priority Queue Discipline)
SIRO	Rastgele Hizmet Kuyruk Disiplini (Service In Random Order)
MİY	Müşteri İlişkileri Yetkilisi
MİA	Müşteri İlişkileri Asistanı
P	Portföy Müşterisi
M	Kitle Müşterisi
H	Havuz Müşterisi
S	Sadık Müşteri
\bar{S}	Sadık Olmayan Müşteri
Y	Yaşlı Müşteri
G	Genç Müşteri
C	Çalışan Müşteri
\bar{C}	Çalışmayan Müşteri
U	Uzun İş
K	Kısa İş

GİRİŞ

Bireyler, hayatlarını devam ettirebilmek için farklı mallara ve hizmetlere ihtiyaç duymaktadır. İhtiyaçlar çeşitlenerek arttıkça, teknolojinin, hizmet zincirlerinin ve uluslararası ticaretin de gelişmesiyle işletmeler, bireylerin ihtiyaç duyduğu ürünleri üretmek için büyümekte ve gelişmektedir (Sarioğlu, 2017: 1). Rekabetin arttığı günümüz toplumunda hızlı ve esnek davranabilen işletmeler, başarıyı yakalayabilmektedir. Hizmet kalitesini arttıran işletmeler, rakiplerine karşı önemli avantajlara sahip olurken hizmet kalitesini arttıramayan işletmeler ise müşteri kayıpları ile yüz yüze kalmaktadır. Bekleme hattı, hizmet kalitesini etkileyen en önemli unsurlardan biridir (Çiftçi, 2006: 4; Dayı ve Yıldız, 2020: 2).

Hizmet almak için gelen müşterilerin taleplerinin, hizmet sistemlerinin yetersizliği nedeniyle zamanında karşılanamaması sonucu meydana gelen yığılma olayı, bir bekleme problemi oluşturur. Meydana gelen yığılma olayına “bekleme hattı” veya “kuyruk”, probleme ise “bekleme hattı problemi” veya “kuyruk problemi” denir. Bu yöndeki çalışmalara da “bekleme hattı teorisi” veya “kuyruk teorisi” adı verilir (Çevik ve Yazgan, 2008: 120). Bekleme hattı teorisi, bekleme hattı problemine çözüm üretir. Bekleme hattı teorisinde amaç, talebi karşılamak için hizmet birimlerinin etkinliğini arttırmaktır (Alagöz, 2013: 5).

Bekleme hattı problemi, birbiriyle ters orantılı olarak iki şekilde meydana gelmektedir. Talebin artması sonucu müşteriler, hizmet almak için beklerken kuyruklar oluşabilmekte ya da talep azaldığında hizmet birimleri âtil kalabilmektedir. Dolayısıyla talebin yüksek olduğu durumlarda, bekleme maliyeti artarken talebin düşük olduğu durumlarda ise işletmenin hizmet maliyeti artmaktadır. Talepteki belirsizlik nedeniyle kaçınılmaz olarak “optimal hizmet düzeyi” belirleme problemi ortaya çıkmaktadır. Optimal hizmet düzeyi; müşterilerin kuyrukta beklemesi ile hizmet birimlerinin âtil kalması arasındaki denge noktasını sağlayan hizmet düzeyidir (Nafees, 2007: 4; Priyangika ve Cooray, 2015: 42).

Müşterilerin ihtiyaçlarına ve beklentilerine optimal hizmet düzeyi ile cevap verilebilmesi; kalite, maliyet ve zaman bileşenlerinin etkin bir biçimde yönetilmesi ile mümkün olabilmektedir. Bu nedenle işletmeler, bu amaca yönelik olarak bazı matematiksel yöntemleri kullanmaya yönelmişlerdir. Yöneylem araştırması; işletmelerin elindeki kaynakların optimal düzeyde kullanılmasında, verimliliğin artırılmasında,

maliyetlerin en aza indirilmesinde, müşteri memnuniyetinin ve sadakatının sağlanmasında yöneticilere yardımcı olabilmektedir. Yöneylem araştırması yöntemlerinden bekleme hattı teorisi, bu nedenle literatürde geniş bir uygulama alanına sahiptir (Hillier ve Lieberman, 2001: 810).

Bankalar, bekleme hattı teorisinin önemli uygulama alanlarından bir tanesidir. Özellikle nüfusun yoğun olduğu ülkelerde, hizmet almak için banka şubelerinde bekleme durumu, uzun yıllardır süregelen bir problemdir. Banka şube sayısını ya da çalışan personel sayısını arttırmak çok kolay olamayacağı için bilimsel yöntemler kullanılmadan bu problemin kısa sürede bir çözümü de mümkün görülmemektedir (Hao ve Yifei, 2011: 640). Bekleme hattı teorisi yardımı ile yapılan analizler, bir hizmet sektörü olan bankaların şubelerinde uygulandığında bekleme süreleri iyileştirilerek müşteri memnuniyeti sağlanabilecektir.

Bu tez çalışmasında, öncelikli hizmet kuyruk disiplini ile hizmet veren bir banka şubesine ait müşterilerin bekleme sürelerini ve hizmet sunan personelin âtıl sürelerini minimuma indirecek kapasite düzeyini belirleme problemi, bilimsel bir yöntem olan bekleme hattı teorisi ile ele alınmış ve bu banka şubesinde bekleme hattı sistemlerinin iyileştirilmesine yönelik bekleme hattı modelleri ile simülasyon analizleri yapılmıştır.

Çalışma giriş ve sonuç bölümleri hariç üç bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde, bekleme hattı teorisi, bekleme hattı sisteminin genel yapısı ve özellikleri incelenerek bekleme hattı modeli, modelin bileşenleri, maliyetler ve kullanılan dağılımlar ele alınmıştır.

İkinci bölümde, bekleme hattı sistemlerinde simülasyon analizi ile ilgili bilgilere yer verilmiştir. Simülasyon kavramı, simülasyonun özellikleri, kullanım alanları, tarihsel gelişimi, simülasyon türleri ve sürecinden bahsedilmiştir.

Üçüncü bölüm olan uygulama bölümünde, Denizli ilinde faaliyet gösteren bir kamu bankasının bir şubesine ait toplanan veriler incelenmiştir. İlgili şubenin bekleme sürelerinin etkinliği, bekleme hattı teorisi ile analiz edilerek simülasyon uygulaması yapılmıştır. Bekleme hattı sisteminin iyileştirilmesi amacı ile mevcut durum ve alternatif senaryolar için oluşturulan bekleme hattı modellerinin bekleme süreleri ve kaynak kullanım oranları açısından simülasyonu yapılarak en uygun bekleme hattı modeli belirlenmiş, iyileştirilen bekleme hattı sistemi ve sonuçları analiz edilmiştir. Ayrıca

günümüzün en büyük problemi olan COVID 19 pandemi döneminin etkisini görebilmek amacı ile yeni bir model kurularak çalışmaya dahil edilmiştir.

Sonuç bölümünde, yapılan çalışma özetlenerek elde edilen bulgular tartışılmış ve konu ile ilgili yapılacak sonraki çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.



BİRİNCİ BÖLÜM

BEKLEME HATTI TEORİSİ

İşletmelerin karşılaştığı problemlerin çözümünde karar vermeyi etkileyen tüm koşulların dikkate alınması ve elverişli karar alternatiflerinin beklenen sonuçlarının tespit edilmesi kolay değildir. Bu durumda en iyi karar alternatifine ulaşabilmek için öncelikle belirlenen problemin sağlıklı analizi yapılmalı ve sonra da bilimsel yöntemlerden faydalanılmalıdır. Karmaşık problemlerin çözümü ve analizi için yöneylem araştırması; bilimsel yöntemleri, araçları ve teknikleri kullanmaktadır. Bu durum, yöneylem araştırmasının önemini ortaya koymakta ve karar vermede yararlanılacak bir yönetim bilimi olduğunu göstermektedir (Öztürk, 2012: 5-6).

Yöneylem araştırması, belirli kısıtlar altında amaca yönelik en uygun çözümün bulunması için geliştirilmiş yöntemler bütünü olup karar vericinin yaratıcı ve sağduyulu olmasına, daha iyi kontrol ve eşgüdüm sağlamasına, problemi anlamasına, analiz etmesine ve daha iyi kararlar vermesine katkı sağlar (Öztürk, 2013: 9; Eroğlu 2019: 6). Ayrıca analitik yöntemleri kullanarak tespit edilen probleme çözüm yolları ararken problemi tamamen ortadan kaldırıp mevcut durumun iyileştirilmesini sağlamak yerine genel bir bakış açısı sağlayarak en uygun kararın verilmesine yani optimal çözümün bulunmasına yardımcı olur (Winston ve Goldberg, 2004: 12; Ittmann, 2009: 90-91). Bekleme hattı teorisi, yöneylem araştırmasında kullanılan yöntemlerden bir tanesidir.

Yöneylem araştırmasında bekleme hattı, “kuyruk” olarak da adlandırılmaktadır. Kuyruklar, hizmet talep eden müşteri sayılarının mevcut hizmet sağlayıcı sayısını aşması ya da işletmenin verimli çalışmaması nedeniyle verilen hizmetin öngörülen süreden daha uzun sürmesi sonucu oluşur (Bakari vd., 2014: 14). Banka şubelerinde, market gişelerinde, hastane ve restoranlarda oluşan kuyruklara sık sık rastlanmaktadır (Wagner, 1975: 12). Aynı şekilde bir üretim işletmesinde montaj için sırada bekleyen parçalar, bakım için bekleyen makineler, tamir için bekleyen araçlar da kuyruk oluşturmaktadır. Bu örneklerden de anlaşılacağı üzere bekleme, sadece bireylerin günlük hayatında değil işletme faaliyetlerinde de karşılaşılan bir durumdur (Hwang ve Concato, 2004:1098).

Time dergisinin yazarı Morrow (1984); bekleme durumunu, “Bekleme bir çeşit hapsoluştür. Bir kişi, başkasının etkin olmamasından dolayı bu kişi tarafından beklemeye zorlanmakta ve haksız yere cezalandırılmaktadır. Sıkılma ve fiziksel rahatsızlık dışında bekleme durumunda bir kişinin en değerli kaynağı, hayatının çok önemli bir parçası olan

zamanı çalınmaktadır.” şeklinde ifade etmektedir (Çiçek ve Atılgan, 2012: 85). Dolayısıyla beklemenin hem süresi hem de nedeni, makul ve kabul edilebilir düzeyde olmalıdır (Norman, 2008: 6).

Teknolojik gelişmelerin hızlandığı günümüzde “beklemek”, en büyük maliyeti oluşturabilmektedir (Aksaraylı vd., 2009: 4). Bekleme olayı, ekonomik bir maliyettir. Çünkü bekleme süreci boyunca tüketiciler, kıt olan “zaman” kaynağını kullanmaktadır. Ayrıca bekleme durumunda tüketicinin ne kadar süre bekleyeceği konusundaki belirsizlik, beklemenin adil olmadığı algısı, sıkılma ve stres gibi durumlardan dolayı beklemenin psikolojik bir maliyetinin de olduğundan bahsedilebilir (Kumar ve Suresh, 2009: 297).

Birçok çalışma, makale ve ders kitabı, beklemek ile müşteri memnuniyeti ve tüketici davranışı arasındaki ilişkiyi inceleyerek şu ortak sonuca ulaşmıştır: “Bekleme hattında bulunan müşterilerin % 70’i beklemekten dolayı sızlanmakta, aynı hizmeti almak için beklemek yerine daha fazla ücret ödemeyi de kabul etmektedir.” (Nosek ve Wilson, 2001: 277).

Talepteki belirsizlik, beklemede birbirine zıt iki olumsuz durumu ortaya çıkartmaktadır. Bunlardan ilki, bekleme nedeniyle müşteri kaybının yaşanması ve nihayetinde işletme gelirinin azalması, diğeri ise hizmet kanalının âtil olarak beklemesidir (Samson vd., 2020: 35). Literatürde birbirine zıt olarak gerçekleşen bu iki bekleme durumu arasında optimal bir bekleme süresine ulaşmak için kullanılan sisteme, “bekleme hattı sistemi” denilmektedir (Çevik ve Yazgan, 2008: 120). Bu sistemlerin analiz edilmesinde amaçlanan; bekleme hattı sisteminin işleyişi ile ilgili oluşan toplam maliyeti ve talep miktarı doğrultusunda minimuma indirilebilecek hizmet kapasitesini belirleyebilmektir (Sarıaslan, 1986: 120).

Bekleme hattı teorisi, rastgele ortaya çıkan talepler için hizmet sağlamaya çalışan sistemlerin davranışını tahmin etmek ve bekleme sürelerini iyileştirmek amacı ile modeller geliştirerek bu modeller çerçevesinde işletmelere kullanabilecekleri performans ölçütleri sunar (Ehsanifar vd., 2017: 35).

Bekleme hattı teorisi, yöneticilere birçok fayda sağlamaktadır. Bu faydalardan bazıları şunlardır (Arslan, 2011: 52):

- Sistemde çalışma kurallarının belirlenmesi,
- Sistemde karakteristik parametrelerin belirlenmesi,
- Zaman kayıpları ile gecikmelerin sebeplerinin tespit edilmesi,
- Değişik süreçler sonucu ortaya çıkan maliyet ve gelir arasında optimal bir dengenin oluşturulması.

1.1. Bekleme Hattı Teorisinin Tarihsel Gelişimi ve Literatür Taraması

Bekleme hattı teorisine ait ilk çalışma, Johannsen (1907)'in "Bekleme Zamanları ve Telefonla Görüşme Sayısı (Number of Calls and Waiting Times)" başlıklı makalesidir. Daha sonra bir telefon şirketinde mühendislik yapan Danimarkalı bilim adamı Erlang (1909) tarafından "Olasılık Teorisi ve Telefon Konuşmaları (The Theory of Probabilities and Telephone Conversation)" başlıklı makale yayınlanmıştır (Bhat, 2015: 4-5). Molina (1927)'nin ve Fry (1928)'in eserleri de bu alanda görülen önemli çalışmalardır. Fakat bu dönemdeki çalışmalar, Erlang'ın telefon sistemlerindeki kuyruk bekleme problemini inceleyen araştırmalarının bir değerlendirmesi niteliğindedir. 1930 ve 1950 yılları arasındaki dönemde pek çok bilim adamı, bekleme hattı teorisinin gelişimine önemli katkılarda bulunmuştur. Pollaczek ve Khintchine (1930); poisson gelişli, değişken ve tek kanallı bekleme hattı sistemleri için Pollaczek-Khintchine formülünü geliştirmiştir. Crommelin (1938), telefon sistemlerinde bekleme ile ilgili olarak olasılık formülleri geliştirmiştir. Palm (1947), değişen trafik yoğunluklarının etkilerini ve bekleme sürelerinin momentlerini incelemiştir. Telefon sistemlerinde bekleme hattı problemini inceleyen 1930'lardan önceki çalışmalara karşılık adı geçen ve genellikle teorisyen olan bilim adamları, birçok karmaşık stokastik faaliyetleri kapsayacak genel modeller geliştirmeyi amaçlamıştır (Sarıaslan,1986: 6-7).

Günümüzde bekleme hattı teorisi, yöneylem araştırmasının ve olasılık teorisinin geniş bir alt kümesi olarak kabul edilmekte olup bekleme hattı sistemleri ile ilgili faaliyetleri analitik olarak araştırma ve inceleme eğilimi, gerek ülkemizde gerekse yurtdışında konu ile ilgili çalışmalarda her geçen gün artış sağlamıştır (Gunther, 2011: 18-19). Bu konuda literatürün hızla zenginleşmesi, bekleme hattı probleminin genelde işletmelerin, özelde ise bireylerin günlük yaşamının pek çok kesiminde sıkça

görülmesinden kaynaklanmaktadır (Antonides vd., 2002: 3; Ramachandran ve Chidambaram, 2012: 72).

Son yıllarda hizmet sektöründe bekleme hattına ilişkin mevcut literatür incelendiğinde; banka şubelerinin yanı sıra çağrı merkezleri, hastane acil servisleri, restoranlar, yemekhaneler, havalimanları, mağazalar gibi pek çok yerde oluşan bekleme hatları, sıklıkla çalışmalara konu olmuştur. Ayrıca üretim işletmeleri ve stok sistemlerinde iş akışını oluşturan işlemler de üretim süreleri bakımından analiz edilerek müşteri bekleme süreleri iyileştirilmiştir. Bu çalışmalardan bazıları, şu şekilde özetlenebilir:

Özdağoğlu vd. (2009), bir araştırma ve uygulama hastanesinde bekleme problemlerine simülasyon modelini uygulayarak çözüm bulmuştur. Bu çalışma ile hastaların acil servislerinde bekleme problemlerine çözüm üretilmiş, hastaların acil servise başvurma nedenleri dikkate alınarak doktor ve hemşire görev planları ile ilgili işletmeye tavsiyelerde bulunulmuştur.

Özkan (2010), bir çağrı merkezine ait altı aylık verileri dikkate alarak yaptığı çalışma sonucunda kuyruk bekleme sürelerini azaltmayı amaçlamıştır. WinQSB paket programı ile müşteri temsilcisi sayıları değiştirilerek yapılan analiz sonucunda atıl süreler azaltılmış ve bekleme süreleri iyileştirilmiştir.

Weng vd. (2011), simülasyon ve VZA (Veri Zarflama Analizi) modelleri ile Tayvan'daki bir hastanenin acil servisi için optimal çalışan sayılarını bulmaya çalışmıştır. Çalışmanın amacı; potansiyel dar boğazları belirlemek, akışları hızlandırmak ve bekleme sürelerini azaltmaktır. Bu nedenle öncelikle mevcut durum için simülasyon modeli oluşturulmuştur. Daha sonra mevcut durumu iyileştirmeye yönelik kaynak kullanımına bağlı alternatif 32 adet iyileştirme senaryosu oluşturulmuştur. Her biri VZA modeli için birer karar verme birimi olan senaryolarda doktor, hemşire ve yatak sayıları girdi olarak; doktor ve hemşire kullanım yüzdeleri ile ortalama sistemde bekleme süresi çıktı olarak belirlenmiştir.

Al-Refaie vd. (2013), bir hastane acil servisinin performansını simülasyon ve VZA modelleri ile arttırmaya çalışmıştır. Mevcut durum için simülasyon modeli oluşturulduktan sonra hemşire kullanımına bağlı alternatif senaryolar belirlenmiştir. VZA modeli için girdiler, hemşire sayısı ve ortalama sistemde bekleme süresi iken çıktılar ise hizmet verilen hasta sayısı ve hemşirelerin kullanım yüzdesidir.

Jalali vd. (2014), bir telefon tamir ve üretim işletmesinin iş akışını oluşturan işlemleri, üretim süreleri bakımından analiz ederek müşteri bekleme sürelerini iyileştirmiştir. Çalışmada üretim süreçleri ile ilgili farklı bekleme hattı modellerinin performans analizi yapılarak müşteri memnuniyetini arttıracak ve rekabet avantajını sağlayabilecek üretim süreci ve üretim düzeyi hakkında önerilerde bulunulmuştur.

Karanfil Kostak (2016), uygulamanın yapıldığı çağrı merkezinde müşteri temsilcisine bağlanmak isteyen müşteri sayılarını azaltmayı amaçlamıştır. Bunun için çağrı merkezinde yapılan işlemler arasında ilk sırada yer alan sim kart bloke kaldırma işlemini, müşterilerin müşteri temsilcisine gitmeden kendi kendilerine tamamlamasını sağlamıştır. Böylece gelen çağrı sayısı ve bekleme süresi azalmıştır.

Güneş vd. (2020), sinyalize bir kavşakta oluşan trafik akışının performansını bekleme hattı teorisi ile incelemiştir. İstanbul Güngören’de bulunan bir kavşaktan elde edilen iki haftalık gerçek veriler kullanılarak yapılan çalışmada gün içinde en sık araç akışının olduğu üç farklı zaman dilimi incelenmiştir. Modelin sunmuş olduğu analitik yöntemler aracılığı ile akım yoğunlukları, kuyrukta kaybedilen zaman, araç bazlı kuyruk uzunluğu, sistemde geçirilen zaman gibi bir kavşağın analizi için gerekli olabilecek performans ölçütleri elde edilmiştir. Yapılan bu çalışma ile günün belli saat dilimlerinde sinyalize sistemlerin optimal çalışmadığı ve kuyruk uzunluklarını azaltmada yeterli olmadığı; dolayısıyla kavşak kollarına tanınan yeşil sürelerin ve kolların çalışma sıralarının iyileştirilmeye ihtiyaç duyduğu tespit edilmiştir. Bu sayede zaman, yakıt, enerji gibi tasarrufların elde edilebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Grozev vd. (2020), Bulgaristan’ın Rousse kentindeki özel bir otomotiv servis atölyesinde araç tamir için gelen taleplerin reddedilme oranının oldukça fazla (% 52) olduğunu tespit etmiştir. Araçların geliş sıklığı, bir aracın tamir edilmesi için gereken ortalama süre gibi girdilerin analiz edilmesi ile farklı performans göstergelerine ulaşılarak atölyenin bekleme hattında iyileşme sağlanmıştır.

Çalışkan (2020), hazır giyim sektöründe faaliyet gösteren bir firmada işgücü kapasite kullanım oranlarını maksimum düzeyde tutarak kapasitenin etkin kullanılması için dar boğazları ortadan kaldırmayı amaçlamıştır. Simülasyon modeli kullanılarak yapılan uygulama sonucunda, işgücü kaynakları etkin şekilde atanmış ve işletme kârlılık oranında mevcut duruma göre % 23 oranında bir artış gözlenmiştir.

Tosun (2020), hazır giyim yapan bir üretim tesisinde verimliliğin artırılmasını, maliyetin düşürülmesini, gerekli olan işgücü makine kaynaklarını tespit edip etkili şekilde kullanarak müşteri taleplerini eksiksiz ve zamanında karşılanmasını sağlayacak dengeli bir üretim hattının kurulmasını amaçlamıştır. Simülasyonun uygulandığı çalışmanın sonucunda bir ürünün üretiminde 1,33 dakika iyileşme sağlanmıştır. Mevcut durumda % 77 olan kaynak kullanım oranı, % 94'e; kişi başına düşen günlük paketlenmiş üretim miktarı, 23 adetten 34 adete; günlük ortalama paketlenmiş üretim miktarı ise 421 adetten 844 adete çıkarılmıştır.

Zandi vd. (2021); bekleme hattı teorisi, simülasyon ve istatistiksel yöntemler ile Hamedan elektronik şirketi olarak faaliyet gösteren bir hizmet işletmesinin davranışını analiz etmeyi ve yeni bir model önermeyi amaçlamıştır. Çalışmanın sonucunda, üç personelin yeni tasarlanan eğitim programlarına da katılmaları sonucunda bekleme sürelerinde önemli bir azalma kaydedildiği belirtilmiştir.

Akgün ve Kılıçarslan (2021), sağlık hizmetlerine ulaşımın kolaylaştırılması ve kuyrukların azaltılması amacıyla Sağlık Bakanlığı'nın 2010 yılında sağlıkta dönüşüm programı ile birlikte pilot bölgeler seçerek başlattığı Merkezi Hekim Randevu Sistemi uygulamasını analiz etmiştir. Bu sistemden faydalanamayan vatandaşların da muayene edilebilmesi için lokal olarak bir muayene sisteminin geliştirildiği çalışmada, hekim performansları etkilenmeden bekleme süreleri iyileştirilmiştir.

Aslan ve Özderir (2021), öğlen saatlerinde uzun bekleme sürelerinin gözlemlendiği bir üniversite öğrenci yemekhanesi için model oluşturmuştur. Arena programı ile mevcut durum incelenmiş, bekleme sürelerini düşürecek alternatif senaryolar geliştirilip denemeler yapılmıştır. Yoğun bir günde sistemde 40 dakika bulunan öğrencilerin, 17 dakikası beklemekle geçmektedir. Alternatif senaryoların denenmesi ile bu durumun iyileştirilerek sistemde geçirilen sürenin 24 dakikaya, bekleme süresinin ise 1 dakikanın altına indirilebileceği gösterilmiştir.

Yıldız ve Kanburoğlu (2021), acil servise başvuruda bulunan hastaların memnuniyet düzeylerinin ölçülmesini ve öncelikle hastaların bekleme süreleri olmak üzere hasta memnuniyetine etki eden faktörlerin belirlenmesini amaçlamıştır. Rize Eğitim Araştırma Hastanesi Çocuk Acil Ünitesi'nde yapılan uygulamada; hastaların muayene, radyolojik tetkikler, kan alma ve reçete yazımı gibi tedavileri ve taburcu olma zamanları kayıt altına alınmıştır. Hastalara, memnuniyet düzeylerini ölçmek için Likert memnuniyet

ölçeği uygulanmıştır. Hastaların klinikteki ortalama bekleme sürelerinin gerek yurt içi gerekse de yurt dışında yapılan birçok çalışmadan daha düşük olduğu sonucuna varılmıştır.

Loso vd. (2021), Amerika sağlık sisteminde kaynakları sınırlı olan pediatrik acil servislerin bekleme süresinin artmasının önemli bir problem olmasından hareket ederek Florida'da faaliyet gösteren bir hastanenin acil servis bekleme sürelerini iyileştirmeyi amaçlamıştır. Varies oranları; saatlik, günlük ve haftalık olarak yılın aylarına göre analiz edilerek bekleme hattını modelleyen bir sistem geliştirilmiştir. Personele ek ücret ödemediği saatler bazında arz ve talebi eşleştirerek hedef sürelere ulaşılması sağlanmıştır.

Stahlbuhk vd. (2021), farklı algoritmalar kullanarak bir hizmet sektöründe kuyruk uzunluğunu en aza indirmeyi amaçlamıştır. Bir paketleme servisinde paketlerin, rastgele tek bir tezgâha ulaştığı sistemde en hızlı paketleme yapabilecek alternatif belirlenerek bekleme hattı iyileştirilmiştir.

Bekleme hattı teorisinin bankacılık sektöründeki uygulamalarını içeren çalışmalar incelendiğinde; etkinlik ölçümlerinin farklı bekleme hattı modelleri ve farklı hizmet mekanizmaları kullanılarak yapıldığı görülmüştür. Bu çalışmalarda hizmet kanalı sayısı değiştirilerek çeşitli senaryolar uygulanmış, hizmet kanalının âtil kalma ve meşgul olma durumlarına göre en uygun hizmet düzeyinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Uygulamalarda en çok Witness Simulation Software, Arena, Siman, AnyLogic Software gibi simülasyon programları ile yöneylem araştırması uygulamalarında sıklıkla kullanılan WinQSB paket programından faydalanılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları, şu şekilde özetlenebilir:

Çelik (1994), bir banka şubesine ilişkin müşteri verilerini FIFO kuyruk disiplini ile analiz etmiştir. Çalışmada, tam sayılı programlama modeli yardımı ile optimal bekleme süresi bulunmuş ve sistem etkinliği arttırılmıştır.

Akarçay (2008), bir banka şubesinin bekleme hattı problemini sistem yaklaşımı açısından inceleyerek durum analizi yapmıştır. Sonsuz geliş kaynaklı, sonsuz kuyruklu ve çok kanallı bir model olan banka şubesinin kuyruk bekleme etkinliği, farklı sayıda personel çalıştırılarak WinQSB paket programı ile analiz edilmiş ve yeni bir sistem önerilmiştir.

Yılmaz (2008), özel bir banka şubesinin verilerini kullanarak bankanın bekleme hattı sistemini incelemiştir. WinQSB paket programı ile FIFO kuyruk disiplini uygulanmış, hizmet veren personel sayısı değiştirilerek sistem etkinliği arttırılmıştır.

Erdoğan (2010), bir banka çağrı merkezine ulaşan çağrılar ile ilgili veriler üzerinde çalışarak çağrı merkezi verimliliğinin en önemli göstergesi olan karşılama oranını, planlanan hedef karşılama oranına çıkarmayı amaçlamıştır. WinQSB paket programı ile 181 gün, farklı müşteri temsilcisi sayıları ile yapılan analiz sonucunda karşılama oranı ve kapasite kullanım oranı arttırılmıştır.

Mehta vd. (2011), bir bankanın farklı şubelerinde bekleme hattı sürelerinin iyileştirilerek bireysel bankacılık müşterilerinin memnuniyetini, sadakatini ve etkinliğini arttırmayı amaçlamıştır. Bunun için tek kanallı ve tek aşamalı bir bekleme hattı modeli ile müşterilerin segmentlere ayrılarak hizmet almalarını amaçlayan bir sistem önerilmiştir.

Hao ve Yifei (2011), bir bankadaki bekleme hattı ile ilgili tıkanıklıkları ve problemleri gidermek için farklı hizmet sağlayıcıları ile simülasyon yapmış ve optimal hizmet düzeyini belirlemiştir.

Paschou vd. (2012), hizmet işletmelerindeki bekleme hattı problemlerinin analizi ve çözümüne ilişkin kısa mesaj servisi ile hizmet kalitesi ve müşteri memnuniyetini arttırmayı amaçlamıştır. Çalışmada, bir banka şubesindeki müşterilerin bekleme ve hizmet süreleri, elektronik bilet uygulaması ile en az düzeye indirilmiştir.

Ngamsirijit (2012), bekleme hattı modelini uygulayarak bir bankadaki hizmet düzeyi ile ilgili esnek yapıda bir performans düzeyi tespit etmiş, kuyruk bekleme sürelerini en uygun personel sayısı ile iyileştirmiştir.

Taufemback ve Silva (2012), bankacılık sektöründe rezerv fazlasının en uygun düzeyde kullanımı için aktiflerinde mevduat fazlalığı bulunan bir banka şubesinin bilançosunu incelemiştir. İlgili şubenin bekleme hattı modelini oluşturarak müşteri kuyruk bekleme sürelerini iyileştirmiştir.

Augustine (2013), Nijerya'da United Bank for Africa Pie adı ile faaliyet gösteren banka şubesinde bekleme hattı sistemini iyileştirmiştir. Bekleme sürelerini müşteriler tarafından kabul edilebilecek düzeylere indirmiş, maliyet unsurunu dikkate alarak farklı personel sayıları ile sistem etkinliğini analiz etmiştir.

Paradi ve Zhu (2013); bir hizmet sektöründe verimliliği ve performansı, bekleme hattı ve VZA modelleri ile birlikte ölçmek için 24 ayrı ülkeye ait yapılan 80 farklı çalışmayı incelemiş ve bankalar ile ilgili etkinlik önerileri sunmuştur.

Ramachandran vd. (2013), müşteri memnuniyetini arttırmak amacıyla özel bir bankanın (ICICI Bank Ltd.) 46 şubesinde seçilen 20 farklı hizmet kanalındaki bekleme sürelerini, hizmet kalitesi ölçüm aracı olan Servqual ile analiz etmiş ve bankanın sistem yapısı ile ilgili bekleme sürelerinin azaltılmasına yönelik önerilerde bulunmuştur.

Madadi vd. (2013), bir bankanın farklı şubelerindeki bekleme hattı etkinliğini Witness Software simülasyon programı yardımı ile modellemiştir. Banko çalışanı ve arka masada görev yapan yetkili sayıları değiştirilerek ve öncelikli hizmet kuyruk disiplini kullanılarak yapılan simülasyonlar sonucunda personelin âtil kalma ve meşgul olma durumlarına göre en uygun hizmet düzeyi belirlenmiştir.

Chowdhury (2013), islami bir bankada çok kanallı, tek aşamalı hizmet mekanizmasına sahip bekleme hattı modelini kullanarak müşterilerin kuyruk bekleme sürelerini en az maliyet ile iyileştirmeyi amaçlamıştır. FIFO kuyruk disiplini kullanılarak analiz edilen bekleme hattı problemi maliyet kriteri öncelik alınarak çözülmüştür.

Iwu vd. (2013), bekleme hattı analiz yöntemlerini kullanarak 4 bankanın (Intercontinental Bank, Gateway Bank, Equity Bank ve Global Bank) bireysel ve perakende bankacılık, elektronik bankacılık ve operasyon birimlerinde çalışan personelinin verimlilik analizini, müşteri geliş sürelerine göre incelemiş ve sistem etkinliğini arttırmıştır.

Ullah vd. (2014), nitel ve nicel yöntemler kullanarak Çin’de faaliyet gösteren ICBC bankasının müşterilerine ilişkin etkinlik ölçümü yapmıştır. M/M/c bekleme hattı modeli kullanılarak yapılan analizler sonucunda bekleme sürelerinde iyileşme sağlanmıştır.

Berhan (2015), Addis Ababa’da faaliyet gösteren bir bankanın bekleme hattı sistemini, bir ay süre ile toplanan verilere dayanarak simülasyon yardımı ile analiz etmiştir. En uygun hizmet kanalı sayısının beş olarak tespit edildiği çalışmada, kaynak kullanım oranının artırılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Eze ve Odunukwe (2015), bankacılık sisteminde müşteri yönetimine ilişkin farklı bekleme hattı modelleri uygulayarak etkinlik ölçümü yapmıştır. Hizmet kanallarının boşa kalma ve meşgul olma konusu esas alınarak yapılan çalışmada müşteri yoğunluğu azaltılmış, sistem iyileştirilmiştir.

Maruf ve Özdemir (2018), bir bekleme hattında bulunan hizmet kanallarının her birinin toplam bekleme süresini ne kadar etkilediğini AHS (Analitik Hiyerarşi Süreci)

yöntemi ile belirlemiştir. Çalışmada sunulan yeni yaklaşıma göre elde edilen sonuçlarla mevcut bekleme hattı teorisi yaklaşımı ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Her bir hizmet kanalının bekleme sürelerine etkisi ayrı ayrı belirlenerek hizmet hızındaki farklılıklar ortaya konulmuştur.

Abusair vd. (2021), kuyrukta bekleyen müşterilerin bekleme sürelerindeki belirsizliği, bir randevu sistemi ile yönetmeyi amaçlamıştır. Randevu sisteminin uygulanması neticesinde bekleme sürelerinde azalma ve sistemde iyileşme sağlanmıştır.

Birişçi (2021), bir banka şubesinin müşteri memnuniyeti sağlayabilmek için yeterli elemana sahip olup olmadığının yanı sıra gerekli görülmesi halinde yeni bir çalışanın işe alınması ya da işten çıkarılmasının ekonomik olarak etkisini araştırmıştır. Gerçekleştirilen simülasyon modeli sonucunda, banka şubesinin mevcut kaynaklarla iyi bir şekilde yönetilebileceği ve tasarruf yapmak için bir çalışanın işten çıkarılarak kaliteli hizmet sunulabileceği gösterilmiştir.

Bekleme hattı teorisinin bankacılık sektörüne uygulandığı çalışmalar, Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 1. Bankacılık Sektöründe Bekleme Hattı Teorisi ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Çalışma	Amaç	Kuyruk Disiplini	Program/Model	Dağılım	Sonuç
Çelik (1994)	Bir banka şubesine ilişkin müşteri verilerini analiz ederek optimal bekleme süresine ulaşmak	FIFO	Tam sayılı programlama modeli	-	Sistem etkinliği artırılmıştır.
Akarçay (2008)	Bir banka şubesinin bekleme hattı problemini sistem yaklaşımı açısından inceleyerek durum analizi yapmak	FIFO	WinQSB paket programı	Gelişlerin Poisson, hizmet sürelerinin üstel dağılıma uyduğu varsayılmıştır.	Farklı sayıda personel çalıştırılarak en uygun hizmet kanalı sayısı belirlenmiştir.
Yılmaz (2008)	Özel bir banka şubesinin verilerini kullanarak bekleme hattı sistemini incelemek	FIFO	WinQSB paket programı	Gelişlerin Poisson, hizmet sürelerinin üstel dağılıma uyduğu varsayılmıştır.	Hizmet veren personel sayısı değiştirilerek 3 farklı senaryo incelenmiş, en uygun hizmet kanalı sayısı belirlenmiştir.
Erdoğan (2010)	Bir bankanın çağrı merkezinde karşılama oranını, planlanan hedef karşılama oranına çıkarmak	FIFO	WinQSB paket programı	Gelişlerin Poisson, hizmet sürelerinin üstel dağılıma uyduğu varsayılmıştır.	181 gün farklı müşteri temsilcisi sayıları ile yapılan analiz sonucunda karşılama oranı ve kapasite kullanım oranı artırılmıştır.
Mehta vd. (2011)	Bir bankanın farklı şubelerinde bekleme hattı sürelerini iyileştirerek bireysel bankacılık müşterilerinin memnuniyetini, sadakatini ve etkinliğini arttırmak	FIFO, PRI	Porter değer zinciri modeli	-	Müşterilerin segmentlere ayrılması yoluyla hizmet almalarını amaçlayan bir sistem önerilmiştir.
Hao ve Yifei (2011)	Bir bankadaki bekleme hattı ile ilgili tıkanıklıkları ve problemleri gidermek	FIFO	Enterprise dynamics 4DScript modeli (Olay odaklı bir simülasyon programı)	-	Bekleme hattındaki problemler belirlenerek farklı hizmet sağlayıcıların simülasyonu yapılmış ve optimal hizmet düzeyi belirlenmiştir.
Paschou vd. (2012)	Hizmet işletmelerindeki bekleme hattı problemlerinin analizi ve çözümüne ilişkin kısa mesaj servisi ile hizmet kalitesini ve müşteri memnuniyetini arttırmak	FIFO	Doğrusal programlama modeli	Gelişlerin Poisson, hizmet sürelerinin üstel dağılıma uyduğu varsayılmıştır.	Bir banka şubesindeki müşterilerin bekleme ve hizmet süreleri, elektronik bilet uygulaması ile en az düzeyde indirilmiştir.

Çalışma	Amaç	Kuyruk Disiplini	Program/Model	Dağılım	Sonuç
Ngamsirijit (2012)	Bekleme hattı modeli kullanarak bir bankadaki hizmet düzeyi ile ilgili esnek yapıda bir performans düzeyi tespit etmek	FIFO	WinQSB paket programı	Gelişlerin Poisson, hizmet sürelerinin üstel dağılıma uyduğu varsayılmıştır.	Bir bankanın kuyruk bekleme süreleri, en uygun personel sayısı ile iyileştirilmiştir.
Taufemback ve Silva (2012)	Aktiflerinde mevduat fazlalığı bulunan bir banka şubesinin rezerv fazlasını en uygun düzeyde kullanmak bekleme hattı modeli oluşturmak	-	Erlang B ve Erlang C bekleme hattı modeli	Gelişlerin Poisson, hizmet sürelerinin üstel dağılıma uyduğu varsayılmıştır.	Kuyruk bekleme yapısı iyileştirilmiştir.
Augustine (2013)	Nijerya'da faaliyet gösteren bir banka şubesinde bekleme hattı sistemini iyileştirmek	FIFO	SPSS paket programı	Gelişlerin Poisson, hizmet sürelerinin üstel dağılıma uyduğu varsayılmıştır.	Maliyet unsuru da dikkate alınarak farklı personel sayıları ile yapılan simülasyonlar sonucunda bekleme süreleri azaltılmıştır.
Paradi ve Zhu (2013)	Bir hizmet sektöründe verimliliği ve performansı, bekleme hattı ve VZA modelleri ile birlikte ölçmek	-	VZA modeli	-	24 ayrı ülkeye ait yapılan 80 farklı çalışma incelenmiş, bankalar ile ilgili etkinlik önerileri sunulmuştur.
Ramachandran vd. (2013)	Özel bir bankadaki müşteri memnuniyetini arttırmak	-	SERVQUAL modeli	-	Bankanın 46 şubesinden seçilen 20 farklı hizmet kanalındaki bekleme süreleri; Anova programı ile analiz edilmiş, sistem yapısı ile ilgili bekleme sürelerinin azaltılmasına yönelik önerilerde bulunulmuştur.
Madadi vd. (2013)	Bir bankanın farklı şubelerindeki bekleme hattı etkinliğini simülasyon ile modellemek	PRI	Witness software simülasyon programı	Gelişlerin Poisson, hizmet sürelerinin üstel dağılıma uyduğu varsayılmıştır.	Bir banka şubesinde banko çalışanı ve arka masada görev yapan yetkili sayıları değiştirilerek yapılan simülasyonlar sonucunda personelin âtıl kalma ve meşgul olma durumlarına göre optimal hizmet düzeyi belirlenmiştir.

Çalışma	Amaç	Kuyruk Disiplini	Program/Model	Dağılım	Sonuç
Chowdhury (2013)	İslami bir bankanın müşterilerinin kuyruk bekleme sürelerini en az maliyet ile iyileştirmek	FIFO	Doğrusal programlama modeli	Gelişlerin Poisson, hizmet sürelerinin üstel dağılıma uyduğu varsayılmıştır.	Bekleme hattı problemi, maliyet kriteri öncelik alınarak çözülmüştür.
Iwu vd. (2013)	Intercontinental Bank, Gateway Bank, Equity Bank ve Global Bank'ın bireysel ve perakende bankacılık ile elektronik bankacılık birimlerinde çalışan personelinin verimlilik analizini yapmak	PRI	Matematiksel programlama modeli	Gelişlerin Poisson, hizmet sürelerinin üstel dağılıma uyduğu varsayılmıştır.	Müşteri geliş sürelerine göre incelenen sistemde bekleme süreleri iyileştirilmiştir.
Ullah vd. (2014)	Bir bankadaki müşteri etkinliğini nitel ve nicel yöntemler ile optimal düzeyde belirlemek	FIFO	POM-QM software doğrusal programlama modeli	Gelişlerin Poisson, hizmet sürelerinin üstel dağılıma uyduğu varsayılmıştır.	Çin'de faaliyet gösteren ICBC bankasının müşterilerine ilişkin yapılan analizler sonucunda bekleme süreleri iyileştirilmiştir.
Berhan (2015)	Bir bankanın bekleme hattı sistemini simülasyon ile analiz etmek	FIFO	Matematiksel programlama modeli	Gelişlerin Poisson, hizmet sürelerinin üstel dağılıma uyduğu varsayılmıştır.	En uygun hizmet kanalı sayısı belirlenmiş, kaynak kullanım oranının artırılması yolunda çalışılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.
Eze ve Odunukwe (2015)	Bankacılık sisteminde müşteri yönetimine ilişkin farklı bekleme hattı modellerinin analizini yapmak	FIFO	Markov karar süreci	Gelişlerin Poisson, hizmet sürelerinin üstel dağılıma uyduğu varsayılmıştır.	Hizmet kanallarının boşa kalma ve meşgul olma konusu esas alınarak yapılan çalışmada müşteri yoğunluğu azaltılmıştır.
Maruf ve Özdemir (2018)	Bekleme hattında her bir hizmet kanalının toplam bekleme süresini ne kadar etkilediğini belirleyecek yeni bir yaklaşım sunmak	FIFO	AHS	-	Her bir hizmet kanalının hizmet hızındaki farklılıkların etkisi ortaya konulmuş ve iyileştirme çalışmalarında hangi hizmet kanallarına öncelik verilmesi gerektiğine yönelik öneriler sunulmuştur.

Çalışma	Amaç	Kuyruk Disiplini	Program/Model	Dağılım	Sonuç
Abusair vd. (2021)	Bekleme sürelerinin iyileştirilmesi amacı ile randevu sistemi geliştirmek	PRI	Little's Law teorisine dayanan bekleme hattı algoritması yöntemi	-	Randevu sistemi uygulanarak bekleme süreleri azalmıştır.
Birişçi (2021)	Bir banka şubesinin müşteri memnuniyetini sağlayabilmek için yeterli elemana sahip olup olmadığını araştırmak	FIFO	Simio simülasyon programı	Gelişlerin Poisson, hizmet sürelerinin üçgensel dağılıma uyduğu belirlenmiştir.	Banka şubesinin mevcut kaynaklarla iyi bir şekilde yönetilebileceği ve tasarruf yapmak için bir çalışanın işten çıkarılarak kaliteli hizmet sunulabileceği gösterilmiştir.

Literatür incelendiğinde; farklı bekleme hattı sistemi modelleri ve farklı hizmet mekanizmaları ile uygulamaların yapıldığı ancak, bekleme hattı problemlerinin çözümünde çoğunlukla FIFO kuyruk disiplini kabul edilerek iyileştirme sağlandığı görülmüştür. Rastgele hizmet ya da öncelikli hizmet kuyruk disiplini ile faaliyet gösteren işletmelerin çoğunda uygulamalar yine FIFO kuyruk disiplini kabul edilerek tamamlandığı için öncelikli disiplinler kullanılarak hazırlanan çalışmalar, literatürde oldukça az sayıdadır. Hastanelerin acil servisleri ya da banka şubelerinin bekleme hatlarında öncelikli hizmet kuyruk disiplinini kullanan az sayıda çalışma ise genelde müşteri gelişlerini dikkate alarak öncelik kriteri uygulamıştır. (Bouazzi vd., 2017: 101).

1.2. Bekleme Hattı Sisteminde Temel Kavramlar ve Parametreler

Bekleme hattı sistemlerinde müşterilerin kuyrukta bekleme süresi, kuyrukta bekleme oranını en aza indiren sistemdeki hizmet sağlayıcı sayısı, hizmetin tamamlanma süresi gibi konular, matematiksel olarak analiz edilmelidir. Sistem, çeşitli formül ve modellemelerden yararlanıp fayda-maliyet analizi yaparak bekleme hattı problemini çözmeye çalışır. Bu analizler için bekleme hattı sistemlerinde kullanılan parametrelerin bilinmesi gerekir. Bekleme hattı sistemlerinde kullanılan temel kavramlar ve parametreleri şu şekilde özetlemek mümkündür (Çevik ve Yazgan, 2008: 121; Dharmawirya ve Adi, 2011: 53; Patel vd., 2012: 1423; Alagöz 2013: 8; Eze ve Odunukwe, 2015: 15):

Müşteri: Mal veya hizmet talebi ile sisteme gelen tüm nesnelere *müşteri* denir. Muayene olmak için hastaneye başvuran hastalar, tamir için sıraya giren makineler, üretim için üretim hattında bekleyen yedek parçalar, yüklerini boşaltmak için limana yanaşan gemiler, müşteriye örnek teşkil eder.

Hizmet kanalı: Müşterilere hizmet sağlayan sistemlere *hizmet kanalı* denir. Poliklinikte hastaları muayene eden doktor, veznede çalışan veznedar, tamir için bekleyen makineleri tamir eden usta, üretim hattına gelen parçaları monte eden usta, limana yanaşan geminin yükünü boşaltan vinçler veya şahıslar, hizmet kanalına birer örnektir.

Kuyruk Disiplini: Bekleme hattından hizmet almak üzere seçilen müşterilerin sırasını belirleyen kuyruk disiplini, bekleme hattı modellerinin analizinde önemli bir faktördür. FIFO (İlk gelen ilk hizmet alır), LIFO (Son gelen ilk hizmet alır), SIRO (Rastgele hizmet kuyruk disiplini) veya PRI (Öncelikli hizmet kuyruk disiplini) gibi değişik türleri vardır.

Geliş Kaynağı: Aynı türden birimlerin oluşturduğu topluluk, bir başka ifade ile müşterilerin geldiği ana küttedir. Geliş kaynağı yani müşterilerin geldiği ana kütle, sonlu ya da sonsuz olabilir.

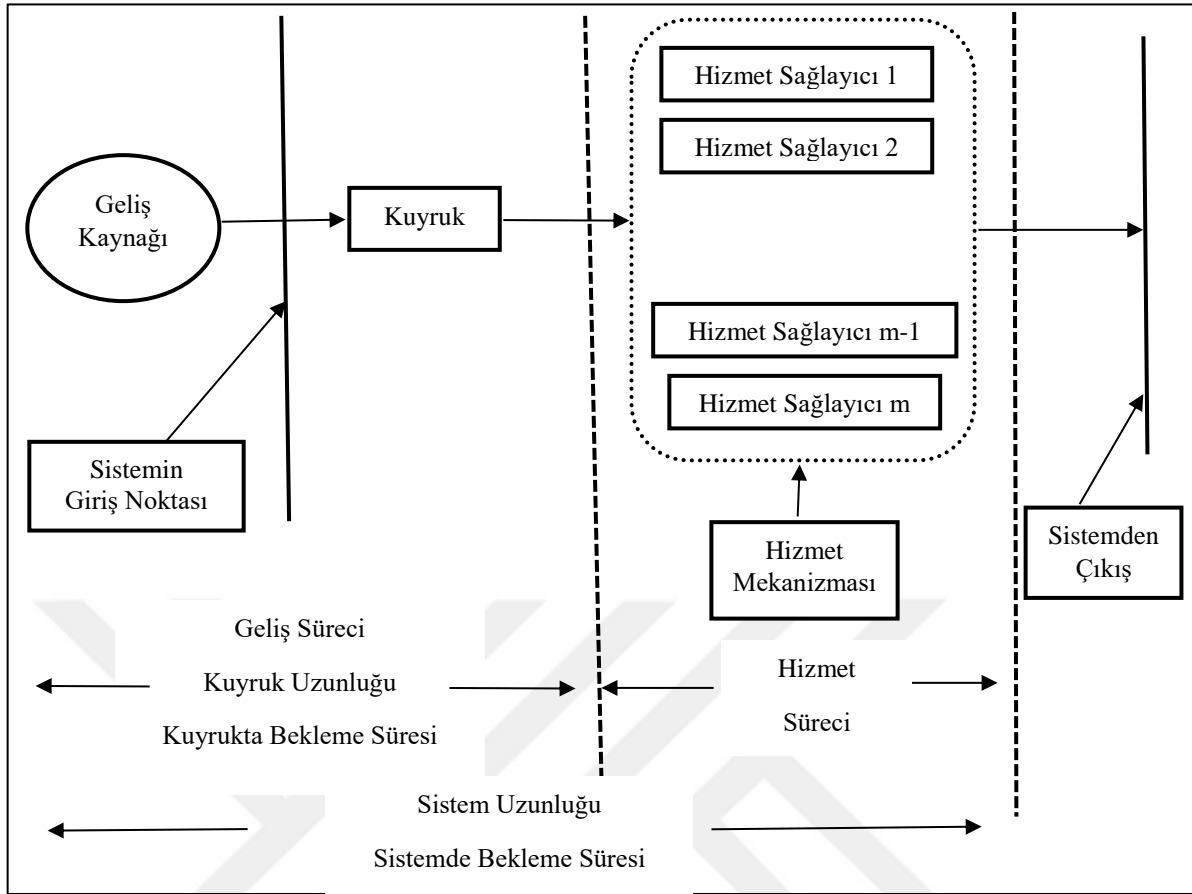
Geliş Oranı (λ): Belli bir zaman diliminde hizmet almak üzere sisteme gelen ortalama müşteri sayısıdır. Geliş özelliklerini açıklamak için en çok Poisson dağılımı, sabit dağılım ve üstel dağılım kullanılmaktadır.

Hizmet Oranı (μ): Belli bir zaman diliminde hizmet verilen ortalama müşteri sayısıdır. Müşterilerin hizmet süreleri, aynı ise hizmet oranının tekdüze (uniform) dağılıma uyduğu söylenebilir. Karmaşık olan hizmet oranları ise Erlang veya üstel olasılık dağılımları ile ifade edilir.

1.3. Bekleme Hattı Sisteminin Genel Yapısı

Bekleme hattı sisteminin amacı, müşterilerin sistemde bekleme süresi ile hizmet birimlerinin âtil olma yani boş kalma süresi arasında optimal dengeye ulaşmaktır. Ayrıca bekleme hattı sistemi, kuyruk uzunluğu ve sistemin etkinliği hakkında yöneticilere fikir verir (Kazan vd., 2012: 264).

Bir bekleme hattı sisteminde hizmet almak üzere müşteri, hizmet alanına bir kaynaktan gelir. Hizmet sağlayıcılardan bir ya da birkaçı boş ise eşit olasılık ile herhangi birinden hizmet alır ya da hizmet sağlayıcılar meşgul ise var olan herhangi bir kuyruğa katılır ve hizmet sırası kendine gelene kadar kuyrukta bekler. Bir hizmet sağlayıcı, hizmetini tamamladığında sırada bekleyen müşteri varsa kuyruktan bir müşteri seçer ve bu müşteriyi hizmete alır. Müşteri; insan, araç, makine, sipariş veya bunlara benzer başka bir canlı ya da cansız varlık olabilir. Hizmetin tamamlanmasının ardından kuyrukta hizmet almak üzere bekleyen müşterilerden bir diğerinin seçimi ile süreç tekrarlanır. Hizmet alan müşterinin hizmet alanından ayrılmasının ve kuyrukta bekleyen diğer müşterinin hizmete çağırılmasının eş zamanlı olduğu kabul edilir. Bekleme hattı sisteminin genel yapısı, Şekil 1’de gösterildiği gibidir.



Şekil 1. Bekleme Hattı Sisteminin Genel Yapısı
Kaynak: Alagöz, 2013:12; Ramamurthy, 2007:14

Bekleme hattı sistemi, bekleme sürelerinin yönetilebilmesi ve etkili karar alınabilmesi için çeşitli modeller ve bunlara ait matematiksel formüller içerir. Bu modeller, bekleme hatları ve işletme süreçleri ile ilgili şu bilgileri verir (Cernea vd., 2010: 617):

- Sistemde müşteri bulunmama olasılığı
- Kuyrukta bekleyen ortalama müşteri sayısı
- Sistemde bekleyen ortalama müşteri sayısı
- Bir müşterinin kuyrukta ortalama bekleme süresi
- Bir müşterinin sistemde ortalama bekleme süresi
- Sisteme gelen bir müşterinin hizmet almak için bekleme olasılığı

Bu bilgiler ışığında yöneticinin söz konusu bekleme problemine çözüm arayışı sürecinde, sağlıklı ve analitik düşünme olanağı sağlanmış olacaktır.

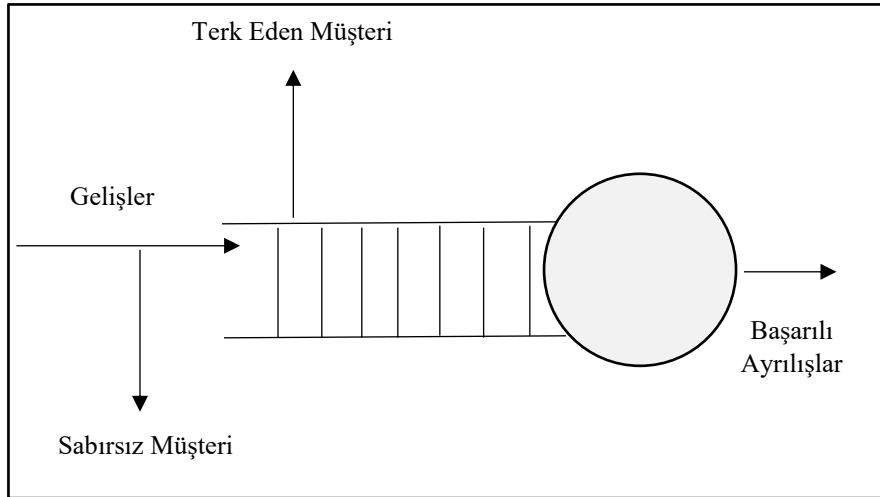
Bekleme hattı sistemlerinde geliş süreci, hizmet süreci, kuyruk disiplini ve ayrılma süreci olmak üzere dört temel bileşen bulunmaktadır. Ayrıca bu dört temel bileşenin dışında bekleme hattı sistemlerini analiz etmek ve optimal dengeye ulaşmak için bekleme hattı sisteminin özelliklerini belirleyen bileşenlerin incelenmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Ramamurthy, 2007: 450).

1.3.1. Geliş Süreci

Bir geliş kaynağından hizmet kanalına gelen müşteriler, belli bir süreç içerisinde bekleme hattı sistemine dahil olur. Bu sürece, *geliş süreci* denir. Geliş süreci, hizmet sisteminde bulunan müşterilerin sisteme geliş akışını belirtir. Geliş sürecinin belirlenmesi için gelişlerin zaman aralıklarının, sayısının ve kaynağının bilinmesi gerekir. Gelişlerin zaman aralıkları, bilinen standart istatistiksel dağılımlara uyar ya da sistemin kendisine özgü bir ampirik dağılımı vardır. Gelişlerin sayısı da sisteme göre değişir. Girdi sürecinde müşteriler, bekleme hattı sistemine çeşitli şekillerde gelebilir. Müşteriler ya tek tek gelir ya da gruplar halinde yığınsal olarak gelir. Yemek yemek için okul yemekhanesine giden öğrenciler, gruplar halinde gelişlere örnektir. Otomobillerin benzin istasyonlarına gelişleri de tek tek gelişlere örnek olarak gösterilebilir (Alagöz, 2013: 13). Sisteme gelen müşterilerin kaynağı, sonlu ya da sonsuz olabilir. Müşteri kitlesi 30'dan küçük ise sonlu geliş kaynaklı, daha büyük ise sonsuz kaynaklı olarak belirlenir (Yılmaz, 2008: 11).

Müşteri kitlesinin büyüklüğü ve gelişlerin zaman aralıkları dışında geliş özelliklerini ve gelişlerin dağılımını etkileyen diğer bir etken ise müşterinin tutumları ve davranışlarıdır. Sisteme girdiğinde kuyrukla karşılaşan müşterilerin davranışları ile ilgili kabullenme, kaçınma ve ayrılma olmak üzere üç farklı durum söz konusudur.

Kuyrukla karşılaşan kişinin, kuyruğun uzunluğunu önemsemeden kuyruğa girmesi ve beklemeyi göze alması durumu, *kabullenme* olarak ifade edilebilir. Kuyrukla karşılaşan müşterinin kuyruk beklemeyi kabul etmemesi ve sisteme girmeden ayrılması durumu *kaçınma* olarak adlandırılır. *Ayrılma (terk etme)* ise kuyrukla karşılaşan kişinin ilk başta kuyruğa girmeyi kabul etmesi ancak sonrasında beklemekten vazgeçip sistemden ayrılması durumudur (Mehri vd., 2008: 3). Sisteme girmeden ayrılan müşterinin aksine terk eden müşteri, Şekli 2'de görüldüğü gibi önce kuyruğa girmeyi göze alır ancak tahmin edilen bekleme süresi, müşteri beklentilerini aşarsa kuyruğu terk eder (Dombacher ve Lenaugasse, 2010: 79).



Şekil 2. Kuyrukla Karşılaşan Müşterilerin Üç Farklı Durumu
Kaynak: Dombacher ve Lenaugasse, 2010: 79

Gelişlerin deterministik olduğu yani geliş zamanlarının önceden bilindiği bekleme hattı sistemleri ile çok sık karşılaşılmamaktadır. Genellikle gelişlerin stokastik olduğu yani müşteri gelişlerinin tamamen tesadüf olduğu bekleme hattı problemleri ile karşılaşmaktadır. Müşteri gelişlerinin belirsiz olduğu durumlarda, müşteri gelişlerine ilişkin bir olasılık dağılımı tanımlanmalıdır. Bekleme hattı sistemlerinde yeterli veri mevcut değil ise müşteri gelişlerinin, Poisson dağılımına uyduğu varsayılır (Cinemre, 2004: 603).

1.3.2. Hizmet Süreci

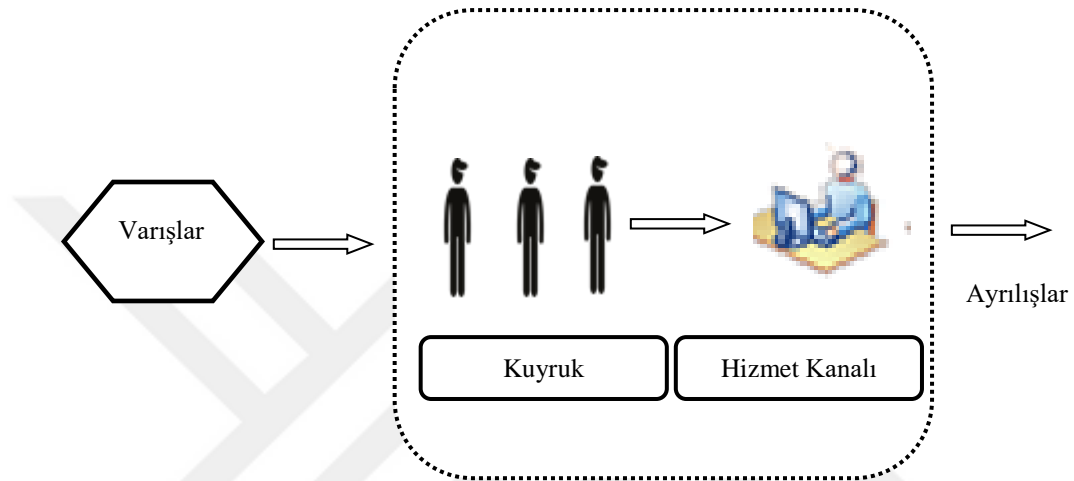
Hizmet süreci, hizmeti üreten mekanizmadır. Hizmetlerin sunulduğu yerlere *hizmet kanalı* denir. Tek kanalın bulunduğu sistemlere “tek kanallı”, birden fazla kanalın bulunduğu sistemlere ise “çok kanallı” hizmet mekanizmaları denir. Çok kanallı sistemlerde kanal düzeni, aynı hizmeti sunan “paralel kanallar” ya da birbirini tamamlayan ve farklı hizmet sunan “seri kanallar” biçiminde olabilir. Seri kanal düzenli sistemlere, “istasyondan istasyona” ya da “çok aşamalı sistemler” adı da verilir (Alagöz, 2013: 15-16).

Farklı bekleme hattı sistemlerinde hizmet birimlerinin sayısı ve kuyruk yapısına göre karşılaşılan farklı hizmet mekanizmaları şu şekilde sınıflandırılabilir (Render ve Stair, 2016: 640):

- Tek Kuyruklu Tek Kanallı Hizmet Mekanizması
- Tek Kuyruklu Paralel Kanallı Hizmet Mekanizması

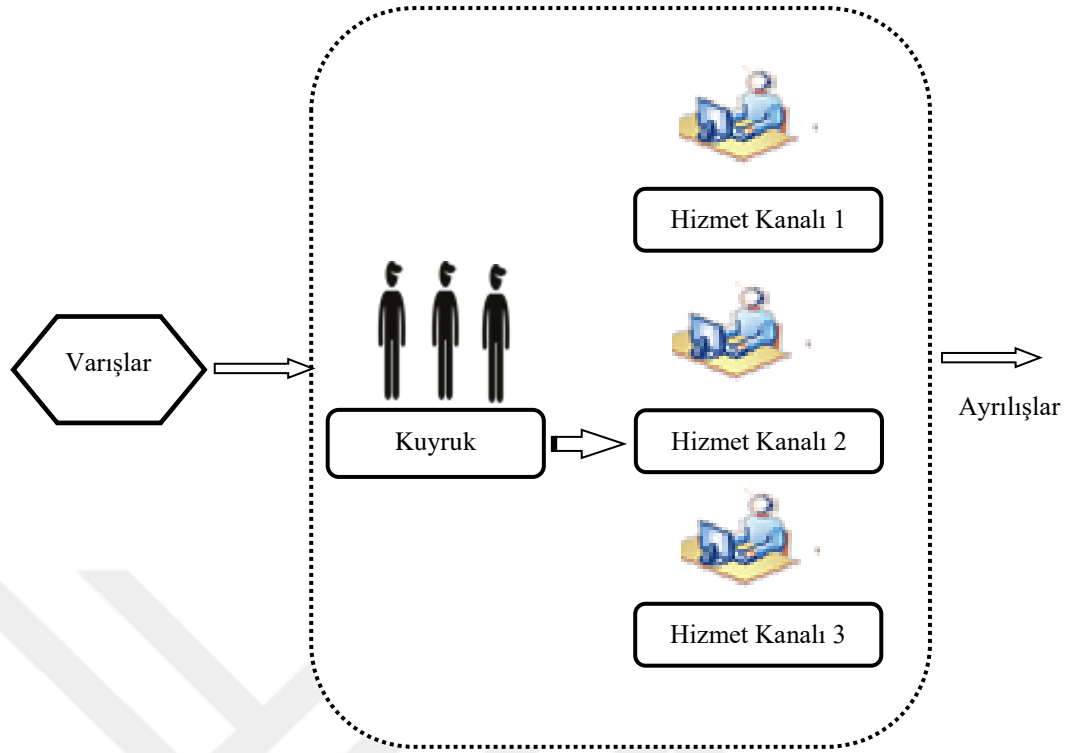
- Çok Kuyruklu Paralel Kanallı Hizmet Mekanizması
- Seri Kanallı Hizmet Mekanizması

Tek kuyruklu tek kanallı hizmet mekanizmasında Şekil 3’te görüldüğü gibi hizmet kanalı tektir. Ayrıca yalnızca bir tane kuyruk söz konusudur. Sinema bileti almak için gişe kuyruğunda bekleyen müşteriler, bu mekanizmaya örnek olarak verilebilir (Khalaf, 2012: 7).



Şekil 3. Tek Kuyruklu Tek Kanallı Hizmet Mekanizması
Kaynak: Yılmaz, 2008: 13

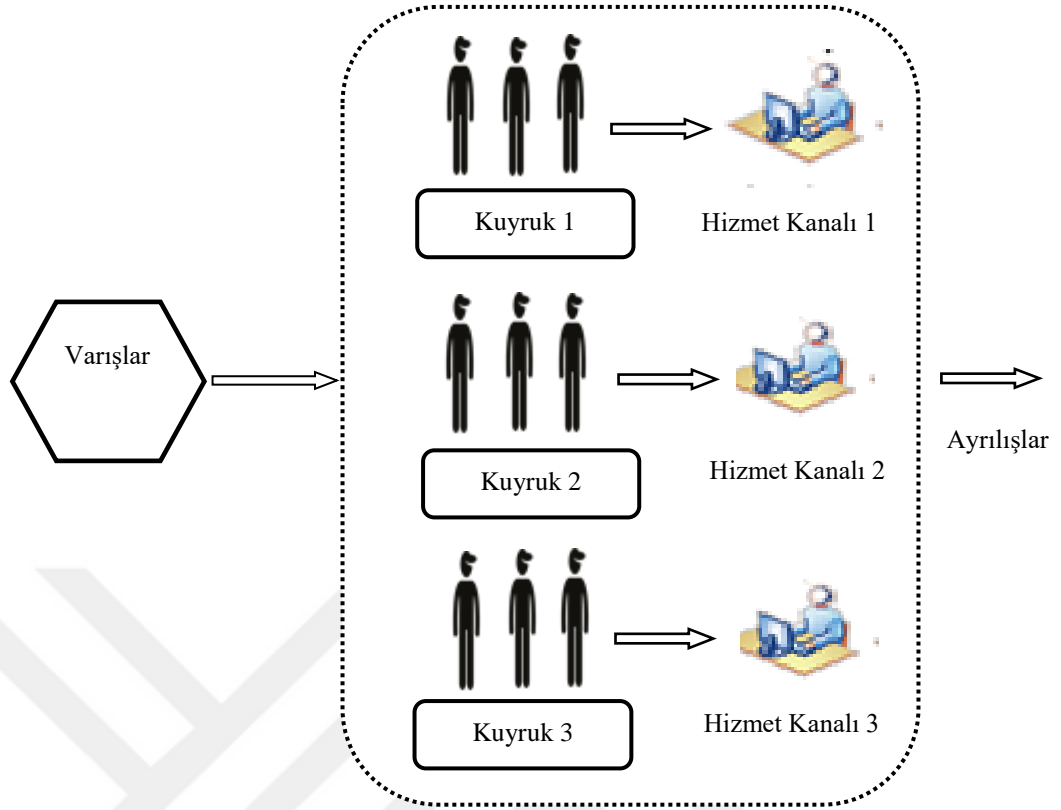
Tek kuyruklu paralel kanallı hizmet mekanizmasında Şekil 4’te görüldüğü gibi hizmet kanalı birden fazladır. Müşteriler tek bir kuyrukta bekler, birden fazla hizmet kanalından hizmet alır. Tüm hizmet birimleri, aynı hizmeti verdiği için hizmet mekanizması paralel olarak isimlendirilir. Aynı branştan 4 doktorun hizmet verdiği bir poliklinik, bu mekanizmaya örnek olarak verilebilir. Birden fazla hizmet kanalı varken tek bir kuyruk kullanmanın avantajı, müşterilerin adil bir şekilde bekledikleri fikrine sahip olmalarıdır (Olusola vd., 2013: 54).



Şekil 4. Tek Kuyruklu Paralel Kanallı Hizmet Mekanizması

Kaynak: Yılmaz, 2008: 13

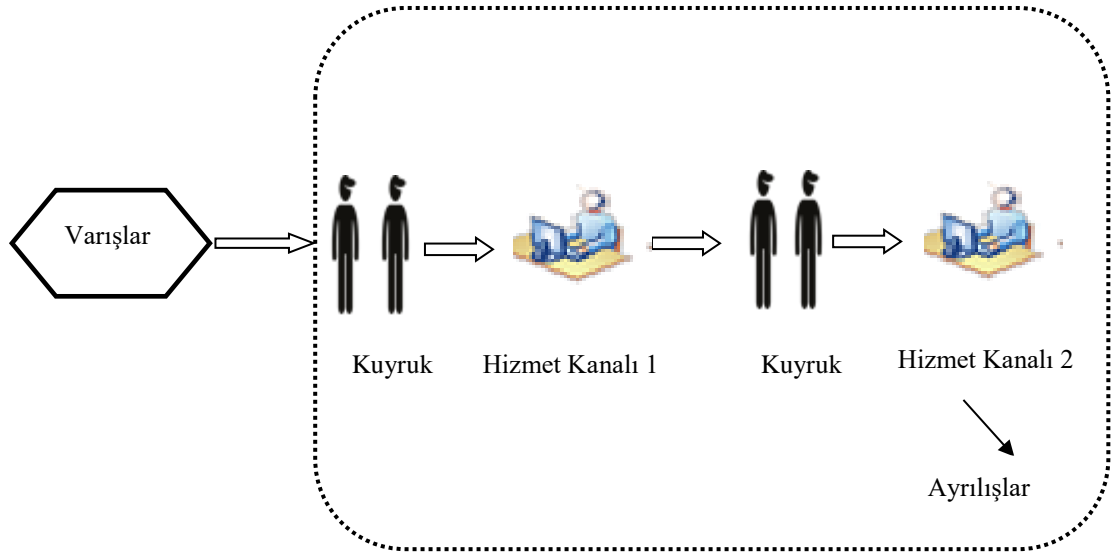
Çok kuyruklu paralel kanallı hizmet mekanizmasında hizmet birim sayısı, birden fazladır. Şekil 5’te görüldüğü gibi müşteriler, her bir hizmet kanalının önünde ayrı ayrı kuyruğa girer ve böylece, her bir kanal önünde ayrı bir kuyruk oluşur. Çok kuyruklu paralel kanallı hizmet mekanizmasına örnek olarak birbirine paralel birden fazla kasanın bulunduğu marketlerde ödeme yapmak için ayrı ayrı kuyruklara giren müşteriler verilebilir (Aniyeri ve Nadar, 2018: 3).



Şekil 5. Çok Kuyruklu Paralel Kanallı Hizmet Mekanizması

Kaynak: Yılmaz, 2008: 14

Seri kanallı hizmet mekanizmasında Şekil 6’da görüldüğü gibi hizmet birim sayısı, birden fazladır. Müşteri, hizmet birimlerinin her birinden sıra bekleyerek hizmet alır. Her bir hizmet kanalının kuyruğu ayrıdır. Tamir için gelen bir aracın öncelikle parçaların sökülmesi, sonra arızanın tespit edilmesi, arızanın tamir edilerek montajı gibi aşamalardan geçmesi, seri kanallı hizmet mekanizmasına örnek olarak verilebilir (Ramasamy vd., 2015: 356).



Şekil 6. Seri Kanallı Hizmet Mekanizması

Kaynak: Yılmaz, 2008: 14

1.3.3. Kuyruk Disiplini

Bekleme hattı sistemlerinde hizmet almak amacı ile gelen müşterilerin hizmet kanalına hangi esaslara göre çağrılacağını belirleyen disiplinler; ilk gelen ilk hizmet alır, son gelen ilk hizmet alır, rastgele hizmet kuyruk disiplini ve öncelikli hizmet kuyruk disiplini şeklindedir. Bu disiplinler şu şekilde açıklanabilir:

İlk Gelen İlk Hizmet Alır (First In First Out-FIFO): Bu kuyruk disiplinine göre sisteme hizmet almak için gelen müşteriler, geliş sıralarına göre kuyruğa girer ve hizmet alır. Sıra önceliğine göre sisteme ilk giren önce hizmet alır ve sistemden ayrılır. Diğer disiplinlere göre daha adil olduğu düşünüldüğü için kuyruk sistemlerinde en sık görülen hizmet disiplini. Taksi, restoran kuyrukları, bu kuyruk disiplinine örnek verilebilir (Augustine, 2013: 191).

Son Gelen İlk Hizmet Alır (Last In First Out-LIFO): Bu kuyruk disiplinine göre kuyruk sistemine en son gelen müşteriler, ilk önce hizmet alır ve sistemden önce ayrılır. Müşterilere hizmetin hızlı bir şekilde verilmesinden dolayı kuyruğun nadir olduğu ve zaman kısıtının önemli olmadığı sistemlerde kullanılır. Bilgisayar programcılığı yığınlarında sıklıkla kullanılmaktadır (Larson, 1987: 896).

Rastgele Hizmet Kuyruk Disiplini (Service In Random Order-SIRO): Bu kuyruk disiplininde müşterilerin sisteme geliş zamanının önemi yoktur. Hizmete alınan müşteriler, rastgele seçilir ve herkes, eşit çağırılma olasılığına sahiptir (Al-Jumaily ve Al-Jobori, 2011: 11). Müşteriler, cansız nesnelere ise rastgele hizmet kuyruk disiplininin kullanılması uygundur (Caulkins, 2010: 19).

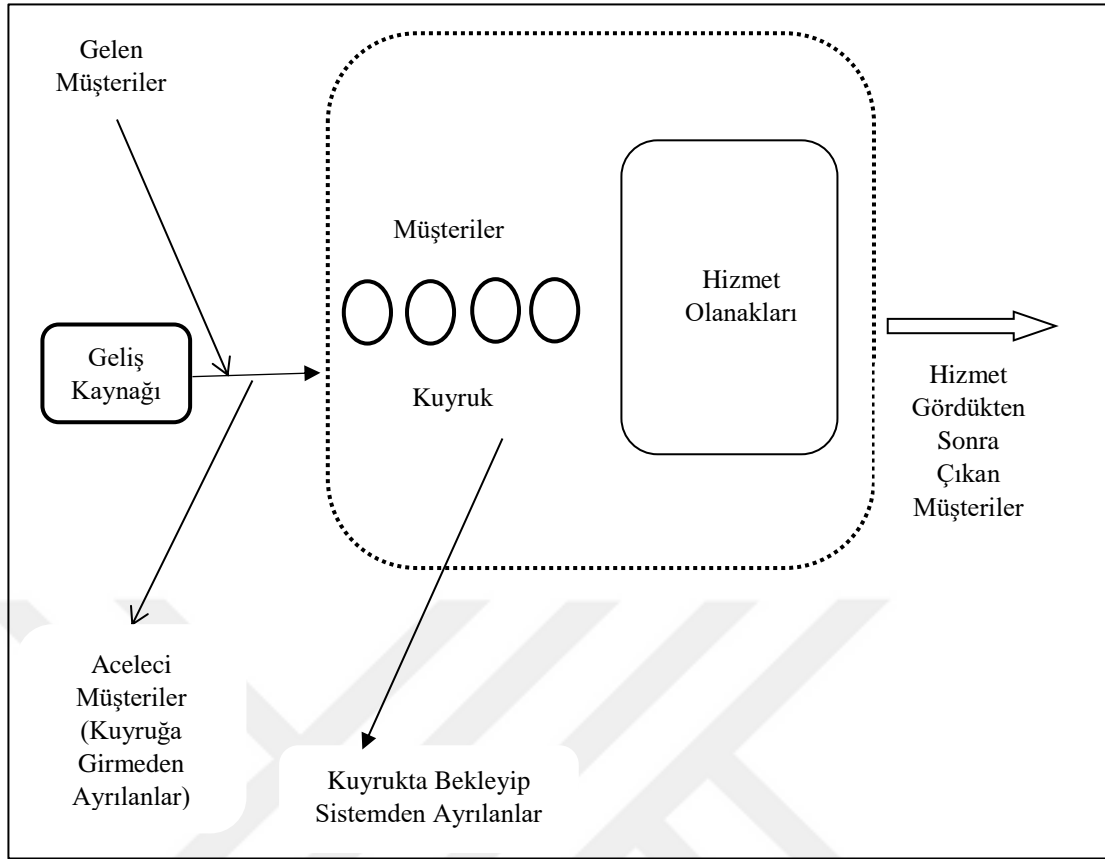
Öncelikli Hizmet Kuyruk Disiplini (Priority Queue Discipline-PRI): Öncelikli hizmet kuyruk disiplini, iki şekilde uygulanır. İlk durum, öncelikli bir müşterinin gelmesi ve kanalda hizmet sunulan herhangi bir müşteri varsa kanaldaki söz konusu müşterinin bekletilmesi ve yerine öncelikli müşterinin alınmasıdır. Buna “tam öncelikli hizmet (preemptive priority service) kuyruk disiplini” adı verilir. İkinci durum, kanaldaki müşterinin hizmeti tamamlaması ve öncelikli müşterinin sırada bekleyen diğer müşterilerin önüne alınmasıdır. Buna “tam öncelikli olmayan hizmet (non-preemptive priority service) kuyruk disiplini” denir. Kuyruk disiplininin farklı şekillerde uygulanması, sistemin genel işleyişini etkilemez. Çünkü bekleme hattı sistemine gelen ortama müşteri sayısı ve bekleme süresi gibi sistem parametreleri, kuyruk disiplinine bakmaksızın aynıdır (Erdoğan, 2010: 17-18).

Kuyruk disiplinin farklılığı, bekleme olasılıklarının dağılımını etkiler. LIFO disiplinindeki dağılımın varyansı, FIFO disiplinindeki dağılımın varyansından daha büyüktür. Fakat ortalamalar aynıdır (Giffin, 1978: 2).

1.3.4. Sistemden Ayrılış

Müşterilerin sistemden ayrılışları, bekleme hattı sistemlerindeki son bileşendir. Kuyrukla karşılaşan müşteriler, bekleyip beklememek konusunda bir karar vermek zorundadır. Müşterilerin bekleme hattı sisteminden ayrılma durumları, Şekil 7’de görüldüğü gibi üç şekilde gerçekleşmektedir (Karahana ve Gürpınar, 2009: 163):

- Müşteriler, kuyruğa katılmadan sistemden ayrılabilir.
- Müşteriler, kuyruğa girerek bir süre bekler ancak hizmet görmeden sistemden ayrılabilir.
- Müşteriler, kuyrukta bekleyip hizmet aldıktan sonra sistemden ayrılabilir.



Şekil 7. Sistemden Ayrılış
Kaynak: Alagöz, 2013: 20

1.4. Bekleme Hattı Sistemlerinde Maliyet

Müşteriler, bir mal veya hizmet almaya geldiklerinde uzun süre beklemeden bir an önce taleplerinin yerine getirilmesini ister. Bekleme süresinin uzaması, müşterilerde memnuniyetsizliğe neden olur ve müşteriler, hizmet almayı beklemeden sistemi terk edebilir. Bu durumda işletme, müşteri kaybeder ve bu, işletmeye bir maliyet olarak yansır. Öte yandan işletme yöneticileri, müşterilerini kaybetmemek için hizmet kanalı sayısını artırıp bekleme süresini kısaltabilir. Ancak bu kez de hizmet kanalı sayısının artırılması, işletmeye ek maliyet getirir (Azad, 2020: 7).

Bekleme hattı sisteminde müşterilere hizmet sağlama ve müşterilerin hizmet için beklemedikleri zaman kaybı olmak üzere iki maliyet söz konusudur. İşletme yöneticileri; hizmet düzeyini attırırken, bekleme süresini en düşük düzeyde tutmayı hedefler (Mehri vd., 2008: 6). Optimal hizmet düzeyi, müşterilerin bekleme sürelerinden ve hizmet olanaklarının atıl kalışından dolayı oluşan maliyetin en az olduğu hizmet düzeyidir (Kembe vd., 2012: 21).

Bekleme hattı sistemlerinde denge durumu koşulları geçerli ise x , hizmet düzeyini göstermek üzere maliyet modeli, Eşitlik (1)'deki gibi ifade edilebilir (Taha, 2011: 684).

$$ETC(x) = EOC(x) + EWC(x) \quad (1)$$

ETC: birim zaman başına beklenen toplam maliyet

EOC: birim zaman başına hizmet sağlama maliyeti

EWC: birim zaman başına bekleme maliyeti

EOC ve EWC maliyetleri, en basit şekilde Eşitlik (2)'deki, ETC maliyeti ise Eşitlik (3)'teki doğrusal fonksiyonlar ile ifade edilebilir:

$$EOC(x) = C_1x \quad (2a)$$

$$EWC(x) = C_2L_s \quad (2b)$$

$$ETC(x) = C_1x + C_2L_s \quad (3)$$

C_1 : x birim zamanda meydana gelen marjinal hizmet maliyeti

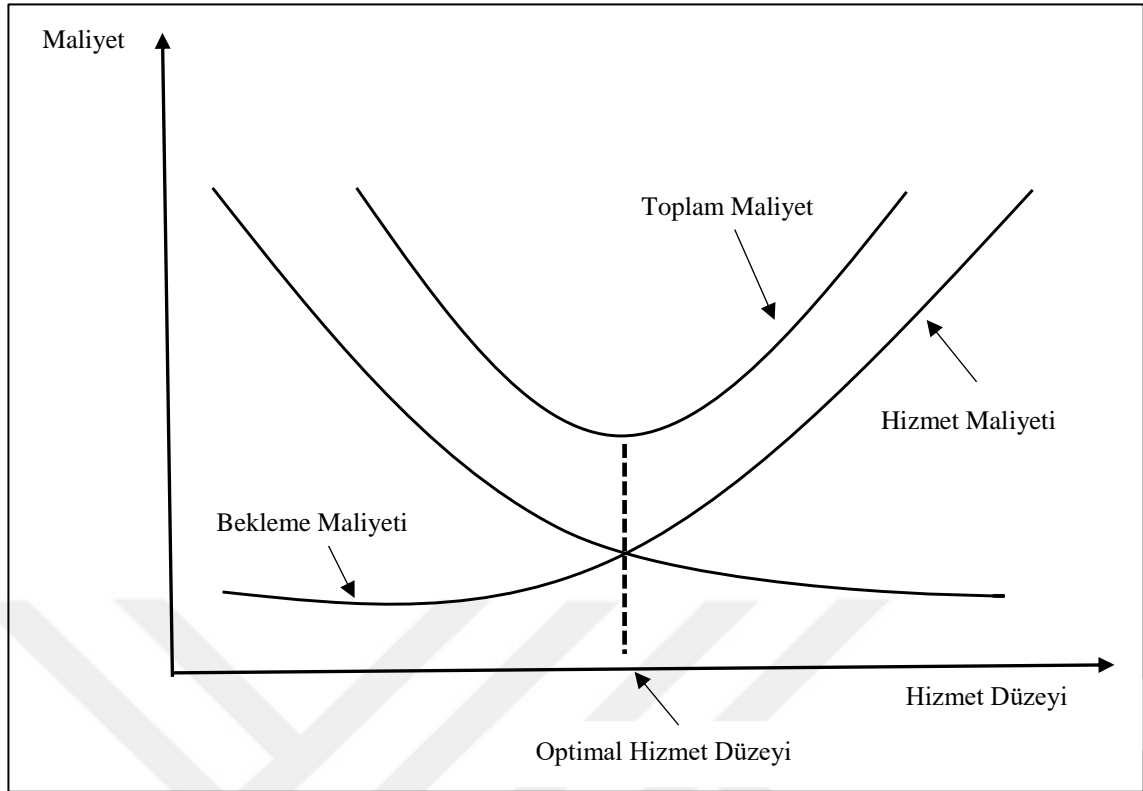
C_2 : Müşteri başına birim zamanda meydana gelen bekleme maliyeti

x : Birim zamandaki hizmet süresi

L_s : Sistemde bekleyen ortalama müşteri sayısı

Temel amaç, beklenen toplam maliyeti en aza indirmektir. Bekleme hattı modelleri, müşterilerin bekleme maliyeti ile hizmet maliyeti arasında bir denge kurmayı amaçlar. Bu dengenin sağlanabilmesi ise firma için bir optimal hizmet düzeyi belirlenmesi ile mümkün olur. Bekleme maliyetinin düştüğü durumlarda hizmet maliyeti artacaktır. Bu durumda hizmet maliyeti ile bekleme maliyeti arasında ters orantının bulunduğu söylenebilir. Birim zaman başına müşterilerin bekleme maliyeti ile birim zaman başına hizmet sunma maliyeti kesiştiğinde toplam maliyetin en düşük düzeye inmesi ile optimal hizmet düzeyine ulaşılmaktadır (Bruner vd., 2004: 36).

Maliyet analizi, Şekil 8'de gösterilmektedir. Şekilde yatay eksen, hizmet düzeyi; dikey eksen ise maliyettir. Bekleme maliyeti ile hizmet maliyetinin kesiştiği noktada, işletmenin hizmet düzeyi optimaldir (Taha, 2011: 654).



Şekil 8. Bekleme Hattı Sisteminde Optimal Hizmet Düzeyi

Kaynak: Taha, 2011: 654

1.5. Bekleme Hattı Modelleri

Bekleme hattı modelleri; sonsuz ve sonlu kuyruk kapasiteli modeller olarak ikiye ayrılır. *Sonsuz kuyruk kapasiteli bekleme hattı modelleri*, kanal sayısının bir veya daha fazla olduğu sistemler ve kuyruk kapasitesinin sonsuz olduğu bekleme hattı sistemleri için kullanılır. Müşteri gelişlerinin Poisson dağılımına; hizmet süresinin üstel dağılıma uyduğu varsayılır (Uyrun, 2012: 25).

Sisteme gelişlerin sınırlı olduğu modellerde, sistem en fazla N sayıda geliş kabul eder. $N+1$ sayıdaki gelişler, sistem tarafından kabul edilmez. Kanal sayısının bir veya birden fazla olabileceği bu modellerde *sonlu kuyruk kapasiteli kuyruk modelleri* kullanılır. (Sarıaslan, 1986: 20). Sınırlı üretim kapasitesine sahip olan bir sanayi makinesi, bu modele örnek olarak verilebilir. Müşteri sayısı N 'ye ulaştığında yeni geliş kabul edilmemektedir (Taha, 2011: 672).

Bekleme hattı teorisi incelenirken sistemlerin farklı yapılarının varsayımları üzerine birçok matematiksel model geliştirilmiştir. Bu modeller tanımlanırken modellerin ana unsurlarını belirlemek için bazı semboller kullanılmaktadır. Bu semboller; Kendall

(1953) tarafından $a/b/c$ olarak tanımlanmıştır. Daha sonra Lee (1966) tarafından d ve e sembolleri eklenmiştir. Son olarak Taha (1968) tarafından f sembolü eklenerek bugün literatürde bilinen $(a/b/c):(d/e/f)$ Kendall-Lee-Taha sembolleri oluşturulmuştur. Sistemle ilgili bu semboller, şu unsurları ifade etmektedir (Taha, 2011: 666):

- a: Gelişlerin dağılımı
- b: Hizmet sürelerinin dağılımı
- c: Hizmet veren kanal sayısı
- d: Kuyruk disiplini
- e: Hizmet kapasitesi
- f: Geliş kaynağının büyüklüğü

Geliş ve hizmet sürecini gösteren kısaltmalar ise şöyledir (Keskin vd., 2018: 57):

- M: Poisson/Üstel dağılım
- Ek: Erlang dağılımı
- N: Normal dağılım
- U: Uniform (tekdüze) dağılım
- GD: Gelişlerarası sürenin genel dağılımı
- G: Hizmet süresinin genel dağılımı

Örneğin; $(M/M/1):(FIFO/\infty/\infty)$ modelinde birinci ve ikinci M harfi, müşterilerin sisteme gelişlerinin Poisson dağılımına ve hizmet sürelerinin üstel dağılıma uyduğu anlamına gelmektedir. Sistemde bir tane hizmet kanalı vardır. FIFO kuyruk disiplini uygulanmaktadır. Sisteme gelen müşterilerin kapasitesi sınırlı olmadığı gibi geliş kaynağı sonsuzdur, yani sonsuz kuyruk kapasiteli ve sonsuz geliş kaynaklı bir bekleme hattı sistemi söz konusudur (Yılmaz, 2008: 18).

1.5.1. Sonsuz Kuyruk Kapasiteli Tek Kanallı Bekleme Hattı Modelleri

Bu model, $(M/M/1):(FIFO/\infty/\infty)$ şeklinde gösterilir. Sistemin herhangi bir zamanda tek kanallı hizmet sağlayıcısının olduğu ve kuyruk kapasitesinin sonsuz olduğu durumları ifade eder. Bu modelde, yeterli verinin olmadığı sistemler için gelişlerin Poisson ve hizmet süresinin üstel dağılıma uygun olduğu, ayrıca hizmetin FIFO kuyruk disiplinine göre yapıldığı varsayımı söz konusudur (Adan vd., 2001: 7; Koka vd., 2017: 596).

Sonsuz kuyruk kapasiteli tek kanallı bekleme hattı modeline ilişkin parametreler, şu şekilde hesaplanır (Famule ve Dais, 2010: 32; Koka vd., 2017: 598):

- Sistemin doluluk oranı (ρ):

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (4)$$

Eğer $\frac{\lambda}{\mu} > 1$ ise sistem denge durumunda değildir.

- Sistemde müşteri bulunmama olasılığı (P_0):

$$P_0 = 1 - \rho = 1 - \frac{\lambda}{\mu} \quad (5)$$

- Sistemde n sayıda müşteri bulunma olasılığı (P_n):

$$P_n = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \quad (6)$$

- Kuyrukta bekleyen ortalama müşteri sayısı (L_q):

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)} \quad (7)$$

- Sistemde bekleyen ortalama müşteri sayısı (L_s):

$$L_s = \frac{\lambda}{\mu-\lambda} \quad (8)$$

- Kuyrukta ortalama bekleme süresi (W_q):

$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)} \quad (9)$$

- Sistemde ortalama bekleme süresi (W_s):

$$W_s = \frac{1}{\mu-\lambda} \quad (10)$$

- Sisteme gelen bir müşterinin bekleme olasılığı (P_w)

$$P_w = \frac{\lambda}{\mu} \quad (11)$$

1.5.2. Sonsuz Kuyruk Kapasiteli Çok Kanallı Bekleme Hattı Modelleri

Bu model, (M/M/c):(FIFO/ ∞/∞) şeklinde gösterilir. Hizmet veren kanal sayısı, birden fazladır. Sonsuz kuyruk kapasiteli, sonsuz geliş kaynaklıdır (Bhaskar ve Lavanya, 2010: 2534). Hizmet sağlayıcıları, paralel bir şekilde konumlanır ve hizmet

almak için sisteme geliş yapanlar, hangi hizmet kanalı boş ise o hizmet kanalına geçerek hizmet alır. Süpermarket kasaları, bu sistemin en yaygın örneklerinden bir tanesidir (Singh vd., 2012: 2).

Sistemde bulunan hizmet kanalı sayısı c ile gösterilirse yeni hizmet oranı $c\mu$ şeklinde ifade edilir. Herhangi bir zaman diliminde kuyruk sisteminde n sayıda müşteri bulunması halinde iki farklı durum söz konusu olmaktadır (Koka vd., 2017: 601-602):

- Eğer $n < c$ yani sistemde bulunan müşteri sayısı, hizmet kanalı sayısından az ise herhangi bir kuyruk söz konusu olmayacaktır. $c-n$ sayıda hizmet kanalı meşgul değildir. Bu durumda hizmet oranı, $n\mu$ 'ye eşittir.
- Eğer $n \geq c$ yani sistemde bulunan müşteri sayısı, hizmet kanalı sayısından çok ya da hizmet kanalı sayısına eşit ise tüm hizmet kanalları meşgul olacaktır ve kuyruktaki maksimum müşteri sayısı, $n-c$ olacaktır. Bu durumda, hizmet oranı $c\mu$ 'ye eşittir.

Sonsuz kuyruk kapasiteli çok kanallı bekleme hattı modeline ilişkin parametreler, řu şekilde hesaplanır (Kembe, 2012: 20; Koka vd., 2017: 601-602):

- Sistemin doluluk oranı (ρ):

$$\rho = \frac{\lambda}{c\mu} \quad (12)$$

- Sistemde müşteri bulunmama olasılığı (P_0):

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{c-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n + \frac{1}{c!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^c \left(\frac{c\mu}{c\mu-\lambda}\right)} \quad (13)$$

- Sistemde n sayıda müşteri bulunma olasılığı (P_n):

$$P_n = \frac{\rho^n}{n!} P_0 \quad n \leq c \text{ ise} \quad (14a)$$

$$P_n = \frac{\rho^n}{c!c^{n-c}} P_0 \quad n > c \text{ ise} \quad (14b)$$

- Kuyrukta bekleyen ortalama müşteri sayısı (L_q):

$$L_q = \left[\frac{1}{(c-1)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^c \frac{\lambda\mu}{(c\mu-\lambda)^2} \right] P_0 \quad (15)$$

- Sistemde bekleyen ortalama müşteri sayısı (L_s):

$$L_s = L_q + \frac{\lambda}{\mu} = L_q + \rho \quad (16)$$

- Kuyrukta ortalama bekleme süresi (W_q)

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} \quad (17)$$

- Sistemde ortalama bekleme süresi (W_s):

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu} \quad (18)$$

- Sisteme gelen bir müşterinin bekleme olasılığı (P_w) (19)

$$P_w = \left[\frac{1}{c!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^c \frac{c\mu}{(c\mu - \lambda)} \right] P_0$$

1.5.3. Sonlu Kuyruk Kapasiteli Tek Kanallı Bekleme Hattı Modelleri

Bu model, (M/M/1): (FIFO/N/∞) şeklinde gösterilir. Kanal sayısı tek, kuyruk kapasitesi sınırlı ve geliş kaynağı sonsuzdur. Kuyruk kapasitesi sınırlı bir bekleme hattı sisteminde; kuyruk kapasitesi, kanal sayısından büyük veya kanal sayısına eşit olabilir (Thomopoulos, 2012: 27).

1.5.4. Sonlu Kuyruk Kapasiteli Çok Kanallı Bekleme Hattı Modelleri

Bu model (M/M/c): (FIFO/N/∞) şeklinde gösterilir. Bu modellerde kanal sayısı, birden fazladır. Kuyruk kapasitesi sınırlı, geliş kaynağı sonsuzdur (Golub ve McAfee, 2006: 8).

1.6. Bekleme Hattı Sistemlerinde Kullanılan Olasılık Dağılımları

Bekleme hattı sistemlerinde müşterilerin geliş yapısının ve verilen hizmet yapısının bilinmesi önemlidir. Müşterilerin bekleme hattı sistemlerine gelişleri ve hizmet süreleri tesadüfi olabileceği gibi önceden de bilinebilir. Verilerin yetersiz veya belirsiz olduğu durumlarda sisteme gelişleri ve hizmet sürelerini açıklamak için olasılık dağılımlarından en çok üstel dağılım, Poisson dağılımı, gamma dağılımı ve normal dağılım kullanılır (Akarçay, 2008: 49).

Tez çalışmasının bu bölümünde, en sık kullanılan olasılık dağılımlarından Poisson dağılımı ve üstel dağılım ile uygulama bölümünde kullanılan Weibull dağılımı hakkında bilgi verilmiştir.

1.6.1. Poisson Dağılımı

Poisson dağılımı, Fransız matematikçi Simeon D. Poisson tarafından geliştirilmiş olup en önemli istatistiksel dağılımlardan bir tanesidir. Bu öneme sahip olmasının sebeplerinden biri, birçok doğal ve deneysel olayların bu dağılımla açıklanabilmesidir (Stigler, 1982: 33).

Poisson dağılımı, kesikli olasılık dağılımı olup belli bir zaman aralığında meydana gelen olayların olasılığını ifade eder. Poisson dağılımında olaylar, birbirinden bağımsızdır. Yani, belli bir zaman diliminde meydana gelen olayın bir önceki zaman diliminde meydana gelen olaydan tamamen bağımsız olduğu kabul edilmektedir. Olayların meydana gelişi, bir aralıkta ele alınır. Bu aralık; bir zaman, mesafe, uzay, alan veya hacim olabilir (Erdoğan, 2010: 22).

Bir saat aralığında belli bir hizmet kanalına gelen bağlantıların sayısı, belli bir zaman aralığında imalat sanayinde kusurlu veya hatalı üretim sayısı, her beş dakika içinde bir çağrı merkezine gelen arama sayısı, verilen bir üretim zamanında işle ilgili kaza veya yaralanma sayıları Poisson dağılımına örnek olarak verilebilir (Hu, 2008: 1).

Poisson dağılımı aynı zamanda bir hizmet kanalına gelişlerin birim zamandaki dağılımını bulmak için de kullanılmaktadır. Ortalama müşteri geliş oranı, zamana bağlı olarak değişmiyorsa söz konusu gelişlerin Poisson dağılımına uyduğu varsayılır (Forbes vd., 2011: 152).

Poisson dağılımının varsayımları aşağıdaki gibidir (Osgood, 2000: 23-24):

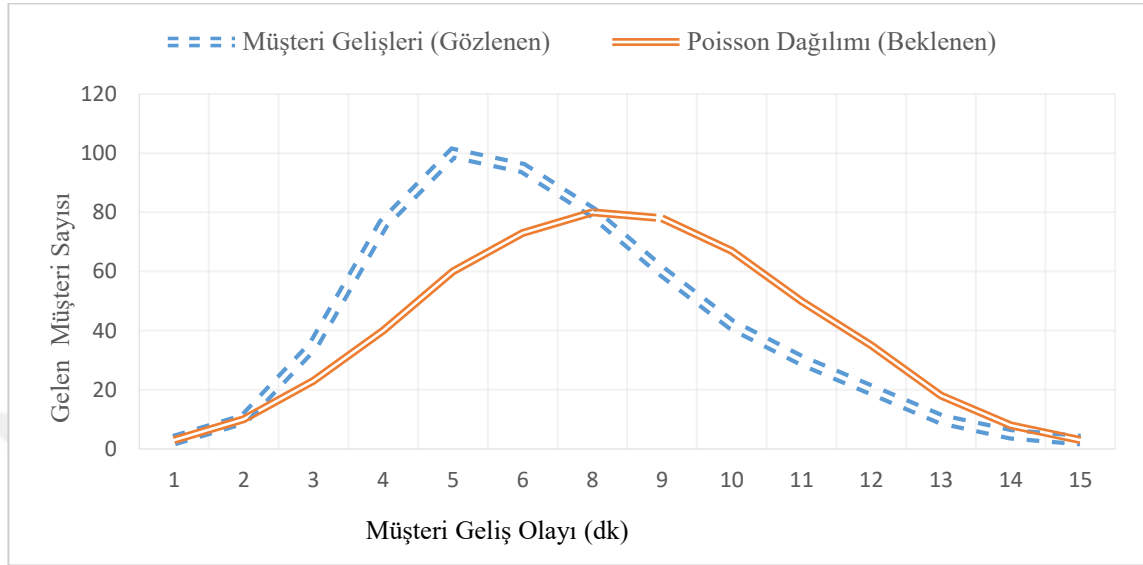
- Belirlenen periyotta meydana gelen ortalama olay sayısı sabittir.
- Mümkün olabilecek en küçük zaman aralığında en fazla bir olay gerçekleşir.
- Ortaya çıkan olay sayısı ile periyodun uzunluğu doğru orantılıdır.

Poisson dağılımının olasılık kütle fonksiyonu Eşitlik (20)'de görüldüğü gibidir (Uyrun, 2012: 20):

$$P(X = x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} \quad (20)$$

λ , dağılımın ortalaması; x , nadir olarak görülen olayın meydana gelme sayısı; e ise doğal logaritma tabanı olup 2.718'dir.

Şekil 9’da bir bankadaki müşteri gelişlerinin Poisson dağılım grafiği verilmektedir. Poisson dağılımında, dağılımın ortalaması (λ)’nın aldığı değer arttıkça söz konusu dağılımın grafiği, normal dağılıma benzemektedir (Berhan, 2015: 68).



Şekil 9. Bir Bankadaki Müşteri Gelişlerinin Poisson Dağılım Grafiği

Kaynak: Berhan, 2015: 68

1.6.2. Üstel Dağılım

Üstel dağılım, sürekli bir dağılım olup birbirine benzeyen bağımsız olayların meydana gelmeleri arasındaki zaman aralığını açıklamak için kullanılır. Verilen bir zaman aralığında bir olayın meydana gelme olasılığı, düşük ve farklı olaylardan istatistiksel olarak bağımsız ise olayların meydana gelmeleri arasındaki zaman aralıkları, üstel olarak dağılır (Halaç, 2001: 103). Özellikle bekleme hattı problemlerinde hizmet sürelerindeki belirsizlik, üstel dağılımla gösterilebilir (Newbold, 2009: 234).

Üstel dağılımın varsayımları aşağıdaki gibidir (Balakrishnan, 2019: 21):

- Belirli bir olayın bir kere daha ortaya çıkmasına kadar geçen sürenin dağılımıdır.
- Olay, sabit bir ortalama hızda sürekli ve bağımsız olarak ortaya çıkar.

Üstel dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu ve birikimli dağılım fonksiyonu Eşitlik (21) ve Eşitlik (22)’deki gibidir (Özkan, 2010: 16; Çelik ve Sezen, 2017: 33):

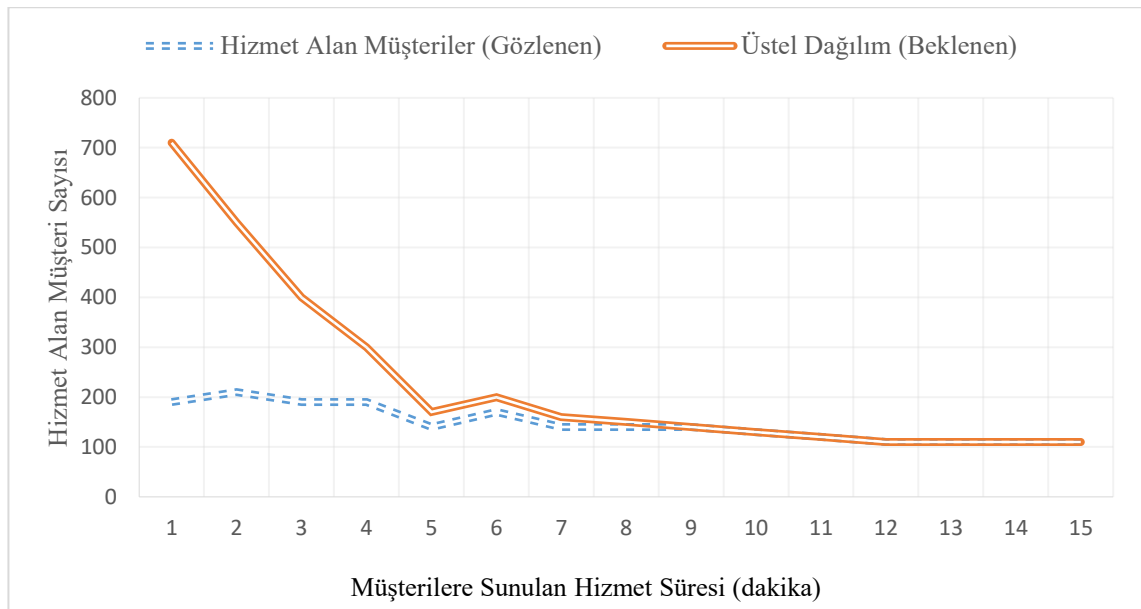
$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}, \quad x \geq 0 \quad (21)$$

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda x} \quad (22)$$

Üstel dağılımın, Poisson dağılımı ile ilişkisi vardır. Bir olayın gerçekleşme olasılığı, ortalaması λ olan bir Poisson dağılımına uyuyor ise bu olayın art arda gerçekleşmeleri arasındaki zamanın, ortalaması $\mu = 1 / \lambda$ olan bir üstel dağılıma uyduğu gözlenebilir (Newbold, 2009: 235).

Bekleme hattı modellerinde ve diğer birçok yönetim bilimi modelinde üstel dağılımı bu kadar faydalı kılan, dağılımın hafızasızlık özelliğidir. Herhangi bir zamanda bir süreç gözlemlenirse, tüm üstel zamanlar (örneğin, geliş süreleri ve hizmet süreleri) olasılıkla “baştan başlar”, son varış veya hizmetin başlangıcı gibi çeşitli olayların üzerinden ne kadar zaman geçtiğinden etkilenmez. Üstel dağılım, bu özelliğe sahip tek sürekli olasılık dağılımıdır (Çelikkıran, 2019: 13). Örneğin, müşterilerin gelişler arası zamanı üstel dağılıma sahip bir hizmet birimi düşünelim. Son müşterinin hizmet birimine 09:02’de geldiği varsayalım. Şu an saat 09:20 ise bir sonraki müşterinin 09:26’da gelme olasılığı, sadece şu andan 09:26’ye kadar olan zaman aralığının bir fonksiyonudur ve son müşterinin 09:02’de geldiğinden ve 09:02 ile 09:26 arası geçen zaman uzunluğundan etkilenmez (Erdoğan, 2010: 23).

Şekil 10’da bir bankadaki hizmet sürelerinin üstel dağılım grafiği verilmektedir. Hesap açmadan, para transferine kadar müşterilerin ihtiyaç duyduğu hizmetlerin yerine getirilme süreleri farklılık gösterir. Bu durum ise gözlenen müşteri hizmet süreleri grafiğinin, beklenen üstel dağılım grafiğinden küçük bir miktar sapmasına neden olur (Berhan, 2015: 68).



Şekil 10. Bir Bankadaki Hizmet Süresinin Üstel Dağılım Grafiği
Kaynak: Berhan, 2015: 68

1.6.3. Weibull Dağılım

Weibull dağılımı, üstel dağılım ailesinden olan sürekli bir dağılımdır. Profesör Waloddi Weibull tarafından bulunmuştur. Weibull dağılımı, daha çok yaşam süresi teorisi ile hava tahminlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca, sistem mühendisliğinde karmaşık bir sistemin kümülatif kayıp performansını analiz ederken genel olarak olay gerçekleşmeden önceki bekleme süresini gösteren veriyi açıklamak için kullanılır. Bu anlamda risk analizinde, aktüerya biliminde ve mühendislikte uygulamalarına sıklıkla rastlamak mümkündür. Ayrıca Weibull dağılımının medikal, biyoloji ve doğa bilimlerinde uygulamaları mevcuttur (Najmaldin, 2016: 3).

Weibull dağılımının şekil (α) ve ölçek (β) parametreleri olmak üzere olasılık yoğunluk fonksiyonu ve birikimli dağılım fonksiyonu, Eşitlik (23) ve Eşitlik (24)'deki gibidir (İmal vd., 2012: 14; Doğanşahin vd., 2019: 319):

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} (x)^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha} \quad (23)$$

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha} \quad (24)$$

İKİNCİ BÖLÜM

BEKLEME HATTI MODELLERİNDE SİMÜLASYON

Üretim ve hizmet işletmelerinde fiziksel ve örgütsel yapıların gün geçtikçe değişken ve karmaşık bir yapı göstermesi, sistem yönetiminin önemini arttırmaktadır. İşletmelerde karşılaşılan problemlerin bir kısmı, matematiksel programlama yöntemleri ile çözülebilir. Ancak büyük ve karmaşık problemlerin çözülmesinde matematiksel programlama yöntemleri tek başına yeterli çözümü sağlayamamaktadır. Çünkü karşılaşılan karmaşık problemlerde değişken ve kısıt sayısının çok fazla olması, hesaplamada birtakım zorluklara sebep olmaktadır. Ayrıca matematiksel model, gerçek durumdan farklı olarak kurulunca sistemin gerçek davranış özellikleri kaybolabilmektedir. Bir başka sebep ise sistemin karşılaştığı birçok problemin matematiksel programlama yöntemleri ile gösterilme şeklinin problemi açıklama konusunda yetersiz kalmasıdır. Bu ve buna benzer sebepler, simülasyonun işletme yönetimlerinin karşılaştığı problemlerde kullanılması gerektiği sonucunu ortaya çıkarmaktadır (Sarıaslan, 1986: 36).

Simülasyon ile bazı süreçler, bilgisayar yardımı ile modellenmekte ve gerçek olayın belli şartlar altında gösterdiği davranışlar taklit edilmeye çalışılmaktadır. Sistem ile ilgili değişik kararlar ya da değişik durumlar karşısında sistemin davranışı elde edilerek gözlemlenebilmekte ve simülasyondan elde edilen bilgiler ışığında sistemin tasarımı veya en uygun karar kuralının seçimi mümkün olabilmektedir (Nafees, 2007: 3).

2.1. Simülasyon Kavramı

İşletmenin elindeki kaynakların verimli bir şekilde kullanılmasına ilişkin problemlerin çözümünde etkili araçlardan bir tanesi, simülasyondur (Beaverstock vd., 2011: 93).

Taha'ya göre simülasyon, gerçekte var olan bir sistemi gözlemek için yapılacak en iyi şeydir. Simülasyon, bilgisayar modelini çalıştırmak suretiyle sistemin davranışı hakkında geçerli bilgilerin toplanmasına yarar. Sözcük anlamı, benzetimdir (Taha, 2011: 715).

Halaç'ın tanımına göre simülasyon, gerçek bir sistemin davranışını anlamak veya sistemin işlemesi için göz önüne alınan değişik stratejileri değerlendirmek amacına

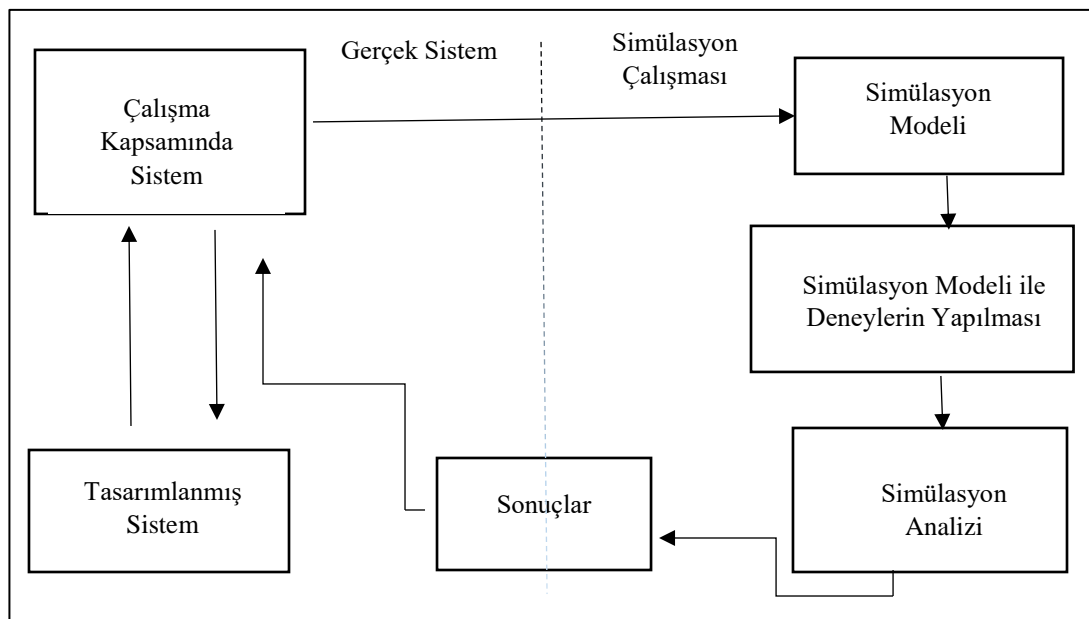
yönelik olarak gerçek sistem modelinin tasarlanması ve bu model ile deneylerin yürütülmesi sürecidir (Halaç, 2001: 21).

Simülasyon, bir sistemi veya süreci oluşturmak, değerlendirmek ve iyileştirmek için kullanılan farklı durumlar ve ortamlar için çok sayıda değişik modelleme yapmayı sağlayan esnek ve mükemmel bir araçtır (Uriarte vd., 2015: 2).

Simülasyon ile ilgili tanımlar incelendiğinde temelde bütün tanımlar, simülasyonun gerçekteki olayların veya durumların benzetimi başka bir deyişle temsili olduğu yönündedir. Bu tanımlar doğrultusunda simülasyon, mevcut sistemlerin koşullarını ve değişkenlerini temsil edecek modeller kurarak sistem ile ilgili analizlerle birlikte tahminlerde bulunmak, böylelikle karar verme problemlerine çözüm olanağı sunmak olarak tanımlanabilir (Uyrun, 2012: 36).

Özetle simülasyon, belli bir sistemin temel karakteristik özelliklerini temsil edecek bir model kurup bu model üzerinde çeşitli denemelerde bulunarak sistemi temsil edebilecek yeni bir model oluşturma işlemidir (Baesler vd., 2003: 1903).

Simülasyon uygulaması; problemin tanımının, simülasyondan beklenen sonuçların ve uygulamayı gerektiren sebeplerin net olarak tanımlanması ile başlar. Amacı ve beklentisi olmayan bir simülasyon uygulaması kabul edilemez (Beaverstock vd., 2011: 93). Simülasyon çalışma şeması, Şekil 11’de gösterilmektedir.



Şekil 11. Simülasyon Çalışma Şeması

Kaynak: Maria, 1997: 8

Simülasyon, dinamik bir süreci temsil eden bir model üzerinde denemeler yapılmasına olanak sağlar. Yani amaca uygun bir sayısal modelin geliştirilmesinden sonra başlangıç koşullarının, parametrelerin ve dışa bağımlı değişkenlerin değerleri verilerek zaman içinde sürecin davranışı belirlenmeye çalışılır. Bu değişkenler kümesi, belirli bir zaman diliminin başlangıcında sistemin konumunu tanımlamak için kullanılır. Daha sonra söz konusu değişkenler, dış etmenlere bağımlı bilgilerle birlikte belirlenen zaman diliminde sistemin davranışını türetmek için modelde kullanılır. Analizin sonunda elde edilen sonuçlar, ele alınan zaman diliminin sonunda sistemin konumunu belirleyen değişkenlerin değerleridir. Bu süreç, arzu edilen uzunluktaki zaman dilimi için tekrarlanabilir (Aydın, 2007: 11).

Simülasyonu kullanan bir işletmede önerilen çözümlerin uygulanması sonucunda mevcut duruma göre on kat daha fazla kâr elde etmesi mümkündür. Simülasyon yazılımı ile bir kullanıcı, bir sürecin tüm ayrıntılarını oldukça kısa bir sürede gözlemleyebilir. Aynı şekilde kullanıcı, bir sürecin tüm verilerini bir gün, ay ve hatta yıl boyunca görüntüleyebilir (Moreno vd., 2010: 9).

Simülasyon, karmaşık sistemlerin tasarımı ve analizinde kurulacak karmaşık modelleri çözme konusunda oldukça önemli ve etkili bir araçtır. Simülasyonun avantajları şu şekilde özetlenebilir (Law ve McComas, 1987: 638; Banks vd., 1998: 4; Rivero, 2004: 2; Reynolds vd., 2010: 608; Gül, 2011: 22; Pop-Andonov vd., 2012: 4; Saygın, 2020: 6):

- Karmaşık sistemlerin alt sistemlerini ve sistemlerin içindeki etkileşimleri incelemek için yapılan deneyleri ve çalışmaları olanaklı hale getirir.
- Çevresel ve organizasyonel değişikliklerin etkisi simülasyon ile incelenebilir.
- Olacakları tahmin eder, yeni tasarımları ve politikaları uygulamadan önce test eder.
- Analitik sonuçları doğrular.
- Analitik çözüm yöntem bilimlerinin güçlendirilmesine katkı sağlar. Modern sistemler (fabrika, hizmet örgütü, imalat birimleri vb.) oldukça karmaşık bir yapıda olduğu için bunların etkileşimleri, doğrudan simülasyon kullanımı ile elde edilebilir.
- Klasik çözüm yöntemlerinin kullanılmadığı büyük karmaşık problemlerin çözümünde oldukça etkilidir.

- Sistemlerin modellenmesi sürecinde gerçek sisteme kıyasla daha kısa sürede karar verilmesini sağlar.
- Sistemin daha genel ve süreç odaklı analiz edilmesini sağlar, aşamalı olarak uygulanabilme olanağı vardır.
- Sistem üzerinde çeşitli denemeler yapma imkânı verdiği için karar verme aşamasında oldukça önemli ve esnek bir çözüm yöntemidir.
- Değişkenler arası etkileşimler ortaya çıkarılır ve değişken koşulların sistem üzerindeki etkisi analiz edilir.
- Yeni stratejiler, operasyonel prosedürler, karar mekanizmaları, bilgi akışları, örgütsel prosedürler vb., gerçek sistemin süregelen etkinliği ve işlevselliği aksatılmadan incelenebilir.
- Yeni yazılımlar ve sistemler, kaynaklar israf edilmeden test edilebilir.
- Olayın niçin ya da nasıl meydana geldiği ile ilgili hipotezler, uygunluk amacıyla test edilebilir. “Ne olursa-ne olur” gibi sorular yanıtlanabilir. Söz konusu bu durum, özellikle yeni sistemlerin tasarımı konusunda faydalıdır.

Simülasyonun avantajlarının yanı sıra ortaya çıkabilecek dezavantajları da şu şekildedir (Akarçay, 2008: 88; Moreno vd., 2010: 10):

- Bir simülasyon modelinin oluşturması ve doğrulanması; yüksek maliyetli, pazarlanması ve analizi için bir model geliştirilmesi ise zaman alıcı olabilir. Modeller, çok sayıda veri gerektirir.
- Modelin kurulması, özel tecrübe ve eğitim gerektirir.
- Simülasyon modelinin girdilerini oluşturmak kolay değildir. Doğru girişler tanımlanmazsa model, gerçek hayatın doğru bir tasvirini sağlamayacaktır. Bu durum ise işletme için yanlış çözüm yoluna ulaşmak, zaman ve para israfı demektir.
- Her tesis ve süreç, simülasyon modeli ile analiz edilemez; sadece belirsizlik içeren durum ve koşullar simülasyon modeli kullanılarak analiz edilebilir. Ayrıca rastgele olarak değer almakta olan bir sistem olmadan simülasyon ile yapılan tüm denemeler, aynı sonuca ulaştırır.
- Her simülasyon modeli, kendine özgüdür. Genelde çözümler ve sonuçlar başka herhangi bir problemin çözümünde kullanılamaz.
- Simülasyon, problemlerin direk çözümünü değil, çözüme ulaşma yolunu geliştirir.

- Simülasyon ile ulaşılan sonuçların yorumlanması, analitik yöntemlerin sonuçlarına göre farklılık gösterdiği için daha zor olabilmektedir.

2.2. Simülasyonun Kullanıldığı Alanlar

Bilgisayar üzerinde yürütülecek simülasyonlar, sistemlerin modellenmesi ile ilgilenir. Sistem, planlanmakta olan ya da gerçekte var olan bir üretim tesisi veya herhangi bir süreç olarak düşünülebilir. Aşağıda söz konusu tesis ve süreçlere ilişkin birtakım örnekler belirtilmiştir (Carson, 2004: 3; Parlar, 2008: 1410; Medeiros vd., 2008: 1526; Brenner vd., 2010: 304; Paul vd., 2010: 560; Gupta ve Grover, 2013: 46):

- Üretim sistemlerinin tasarımı ve analizi,
- Dinamik sistemlerin incelenmesi,
- Bir bilgisayar sisteminin yazılım ve donanım sistemlerinin geliştirilmesi,
- Yeni bir askeri silah sisteminin geliştirilmesi,
- Bir envanter sisteminin sipariş politikalarının belirlenmesi,
- Yeni bir alanda yatırım kararı verilmesi ya da mevcut sistemin tasarımı,
- Otoyollar, havaalanları gibi ulaşım sistemleri ile metro veya limanların işletilmesi ve tasarlanması,
- Bankacılık gibi finansal ve ekonomik sistemlerin analizi ile şubede sıra beklemlerin iyileştirilmesi,
- Hastanelerde hastaların sıra beklemleri ile acil servis birimlerinin analizi ve iyileştirilmesi,
- Hazır yemek restoranları, postaneler veya benzeri kuruluşlar için tasarımların değerlendirilmesi,
- İletişim sistemlerinin tasarımı ve geliştirilmesi,
- Eğitim planlama ve karar alma uygulamaları,
- Gemi, konteyner, vinç ve kara ulaşımını içeren gemi limanı ağlarının tasarımı,
- Tesis, depolama ve ulaşım bağlantılarından meydana gelen bir dağıtım ağı analizi.

Simülasyon temel anlamda ele alınan sistemin incelenen yönlerini analize uygun hale getirir. Yeni fikir geliştirip yeni projeleri teşvik etmekte, yapılan planların uygulanabilirliğini test etmekte, yatırım yapmadan önce problem alanlarını belirlemede, önemli ve etkin kararların sonuçlarını tahmin etmekte, üretimde, taşımacılıkta, bankacılıkta, gıda ve eğlence sistemlerinde, iş süreçlerinin yeniden tasarlanmasında,

bilgisayar sistem performansında yaygın olarak kullanılmaktadır (Rofaeel, 2012: 46; Kokkinou ve Cranage, 2013: 437).

2.3. Simülasyonun Tarihsel Gelişimi

Tarihi günümüzden 5000 yıl öncesinde oynanan Çin ve Japon savaş oyunlarına dayanan simülasyon, yüzyılımızın son yarısında eğitimden bankacılığa, ulaşımdan animasyona kadar çok hızlı bir gelişme göstermiştir. Son yıllarda simülasyon dillerinin ve paket programlarının gelişimi ve sayısının artması, simülasyonun kullanım alanlarını çeşitlendirmiş, kullanım oranını da oldukça hızlı şekilde arttırmıştır (Aebersold, 2016: 4).

Simülasyon, 1950 ve 1960'lı yılların sonlarına doğru genellikle büyük sermaye yatırımı gerektiren şirketler tarafından çok pahalı ve özel alanlarda kullanılmıştır. Bu şirketler, Fortran gibi programlama dilleri ile büyük ve karmaşık simülasyon modellerini geliştirmek amacıyla uzman kişilerden oluşan çalışma grupları kurmuşlardır. Geliştirilen modeller, sonrasında büyük bilgi işlem merkezlerinde çalıştırılmıştır. O yıllarda bu makinelerin kullanım maliyeti, oldukça yüksektir. Günümüzdeki kişisel bilgisayarlar, bu makinelerden çok daha güçlü ve hızlıdır (Saygın, 2020: 5).

Simülasyon, 1960'lı yıllardan 1970'li yıllara kadar işletmecilik alanında da gelişim göstermeye devam etmiş, asıl gelişimi, 1970'li yılların sonlarında olmuştur. İşlem hızı yüksek bilgisayarların maliyeti oldukça düşmüş, kişisel bilgisayarların kapasiteleri artmış, dolayısıyla simülasyon çok farklı alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. 1980'li yıllarda Siman gibi simülasyon dillerinin geliştirilmesi ile ve 1990'larda Arena, Witness ve Simfactory gibi sistemlerin işletmelerde süreç yenileme (Business Process Re-Engineering) hareketleri ile birleşmesi sonucu hizmet sektöründe simülasyon kullanım oranı artmıştır. Günümüzde simülasyona, simge tabanlı modelleme ve animasyonlu grafik imkanları dahil olmuştur (Takus ve Profozich, 1997 :541; Greasley, 2017: 10-11). Aynı zamanda simülasyon, üniversitelerde endüstri mühendisliği, yöneylem araştırması ve işletme derslerinin standartlaşan bir bölümü haline gelmiştir. Simülasyonun endüstri alanındaki hızlı ilerleyişi, üniversiteleri simülasyonu daha kapsamlı bir şekilde ele almaya zorlamıştır. Gelişen taleple beraber bu konuda çalışan araştırmacı ve öğrencilerin sayısı da artmıştır. (Saygın, 2020: 5).

Simülasyon, günümüzde hem var olan sistemler için bir analiz aracı hem de tasarım aşamasındaki sistemlerin analiz edilmesinde bir tasarım aracı olarak oldukça yaygın biçimde kullanılmaktadır (Saygın, 2020: 5).

2.4. Simülasyon Türleri

Bir model, bir sistemin veya sürecin temsilidir. Simülasyon, yeni sistem tasarımlarının analizi, mevcut sistemlere uyarlanması ve işletim kurallarında önerilen değişiklikler için güçlü bir araçtır (İnanç ve Şenaras, 2018: 524).

Simülasyonun çalışma şekli, simülasyonun hangi türde olduğuna bağlıdır. Simülasyon türlerinin detaylı açıklamaları, alt başlıklarda verilmiştir.

2.4.1. Monte Carlo Simülasyonu

Monte Carlo simülasyonu, bilgisayar üzerinde istatistiksel örnekleme deneyleri yaparak matematiksel problemlere yaklaşık sonuçlar üretir. Matematiksel problemleri çözerken rastgele değişkenlerin sisteme etkisinin analiz edilmesi için kullanılır (Melamed ve Altıok, 2010: 15; Sarkar, 2015: 12).

Monte Carlo simülasyonu yapılacak değişkenler, belli bir istatistiksel dağılıma uyacak biçimde üretilebilir. Bunun için olasılık dağılım fonksiyonunun tersi kullanılmaktadır. Bilgisayar tarafından belirli bir aralıkta [0-1] tek düze (uniform) olarak üretilen rastgele sayılar, olasılık dağılım fonksiyonlarının tersi kullanılarak kolaylıkla herhangi bir dağılıma dönüştürülebilir (Bozkaya, 2006: 42; Valle ve Norvell, 2013: 35).

Monte Carlo simülasyonunun aşamaları şu şekildedir (Gül, 2011: 19):

- İlk aşamadaki her değişken için olasılık dağılımının kümülatif toplamının bulunması,
- Her değişken için rastgele sayı aralığının bulunması,
- Rastgele sayıların üretilmesi,
- Simülasyon işleminin tamamlanarak gerçek olayın simülasyonunun yapılması.

2.4.2. Sürekli Sistem Simülasyonu

Sürekli sistem simülasyonu, bir sistemin modellenmesi ile ilgili durum değişkenlerinin zamana bağlı olarak devamlı değişim içinde olduğu temsili bir modeldir. Bir başka ifade ile davranışları zamanla birlikte devamlı değişim gösteren sistemler ile ilgilenmektedir. Sürekli sistem simülasyonu, genelde sistemin farklı elemanları arasındaki etkileşimin birtakım diferansiyel denklemlerle ifade edildiği modellerdir. Dünya nüfusundaki hareketliliğin araştırılması, buna tipik bir örnek olarak verilebilir (Gül, 2011: 21).

2.4.3. Kesikli Sistem Simülasyonu

Sistemin durumu, belli bir zaman aralığında sadece bir müşterinin sisteme girdiği ya da sistemden çıktığı anda sonlu sayıda zaman noktasında değişir. Sistemde zaman içinde meydana gelen değişimler, modelde olay unsurunu ortaya çıkarır. Bu olaylar, kesikli noktalarda meydana geldiği için kesikli sistem simülasyonu ortaya çıkmıştır (Swisher ve Jacobson, 2002: 42; Taha, 2011: 715).

Kesikli sistem simülasyonu birçok yardımcı unsurla ilgili olup bu unsurlar, mantıksal bir örgütlenme ile simülasyon modelinin bilgisayar programının kodlanmasına, hatasızlaştırılmasına ve gelecekteki değişimlerin geliştirilmesine yardımcı olmuştur. Söz konusu bu unsurların çoğu, kesikli sistem simülasyonunda bulunmakta ve sonraki olayların planlanması yaklaşımında kullanılmaktadır. Bekleme hattı modelleri, kesikli sistem simülasyonuna örnek olarak gösterilebilir (Gül, 2011: 21).

2.4.4 Karma Simülasyon

Bir sistemde, bazı durum değişkenleri sürekli değişirken diğer durum değişkenleri ise kesikli olarak değişiyorsa bu sistem *karma (birleştirilmiş) sistem* olarak adlandırılır.

Karma simülasyonda, modele ait bağımlı değişkenler; kesikli, sürekli veya kesikli sıçramaların da bulunduğu sürekli bir yapı ile değişebilir. Zaman değişkeni, kesikli veya sürekli olabilir. Karma simülasyonun en önemli göstergesi, kesikli ve sürekli olarak değişme gösteren değişkenler arasındaki karşılıklı etkileşimdir (Aydın, 2007: 11).

2.5. Simülasyon Süreci

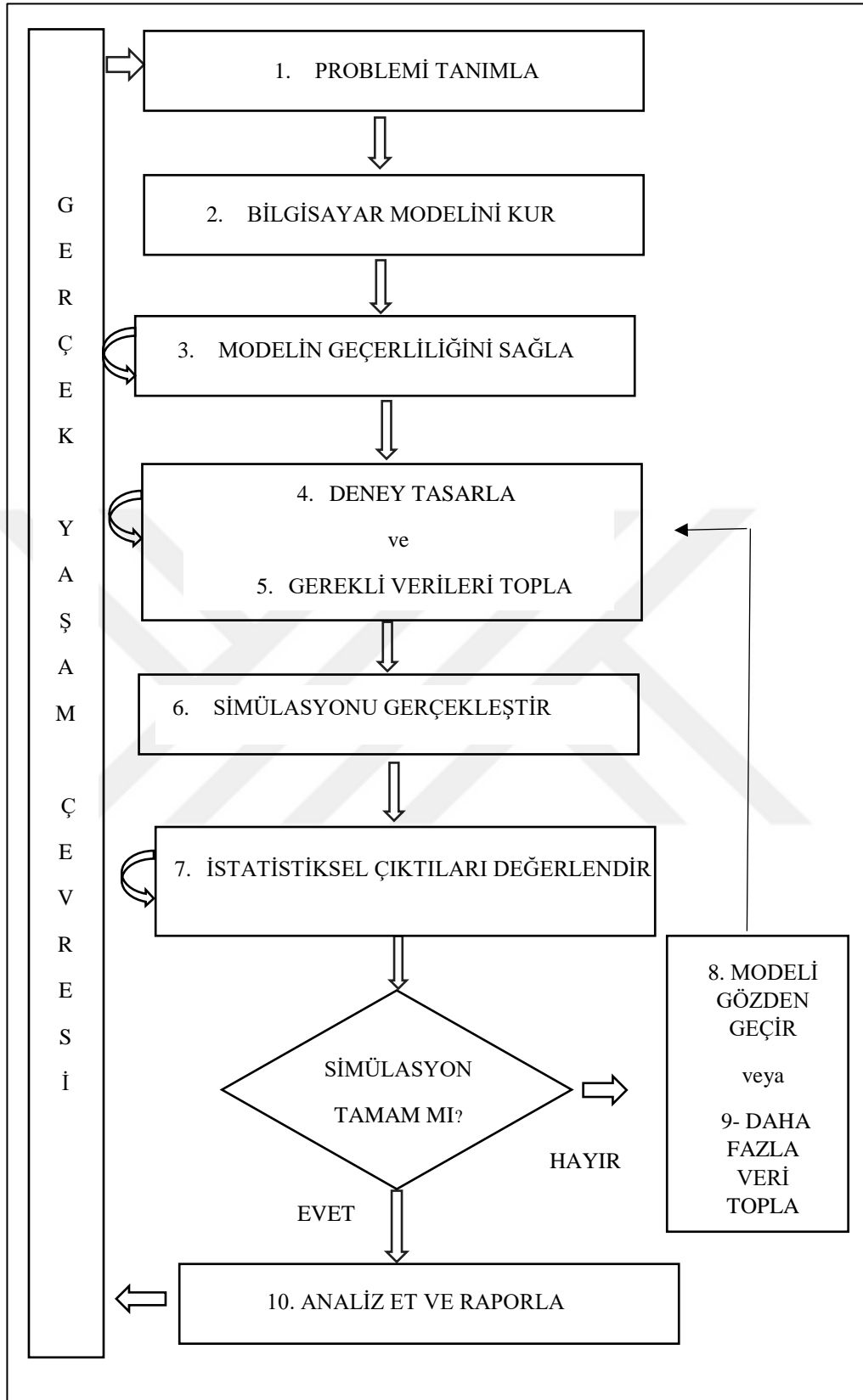
Simülasyon çalışmasının basit sayılabilecek bir süreç olduğu söylenemez. Bu bakımdan modellemenin yürütülebilmesi ve sistem ile ilgili unsurların daha iyi anlaşılmasını sağlayabilmek için birçok defa önceki adımlara geri dönmek istenebilir. Örneğin, modelleme çalışması devam ederken sisteme yeni bilgi ve veri girişlerinin olması, problemin çözüme ulaştırılmasında problemin tekrar formasyonunu gerektirebilir (Law, 2019: 44). Burada model kavramı, gerçek dünyadaki bir olayın, sürecin veya birimlerden oluşan ve birimler arasındaki iç ilişkilerin yanı sıra çevre ile dış ilişkilere göre işleyen bir sistemin belli bir anlatımıdır (Öztürk ve Özbek, 2004: 1).

Simülasyon modellemesi; yüksek derecede istatistik, analitik, organizasyon ve mühendislik yeteneği gerektirir. Simülasyon modelini kuran kişi, modellenecek sistemi oldukça iyi analiz etmeli, sistemi yakından anlamalı, sistemin performansını etkileyen

karmaşık neden-sonuç ilişkileri ile birlikte sistemi iyi kategorize edebilmelidir (Banks, 1998: 45).

Bir simülasyon çalışması, birtakım farklı aşamalardan oluşmaktadır. Şekil 12’de bir simülasyon çalışmasına ilişkin akış diyagramı örneği verilmiştir. Bir simülasyon süreci; problemin tanımlanması, modelin kurulması ve geçerliliğinin sağlanması, deneylerin tasarlanması, verilerin toplanması sonrasında simülasyonun gerçekleştirilmesi ve sonuçların analizi ile belgeleme aşamalarından oluşmaktadır. Bu aşamaların ayrıntılı açıklaması, alt başlıklarda verilmiştir.





Şekil 12. Simülasyon Sürecindeki Aşamalara Ait Akış Diyagramı

Kaynak: Tackı vd., 2003: 49

2.5.1. Problemin Tanımlanması

Simülasyon modeli planlanması yapılmadan önce araştırma konusu ve araştırma amacı, açık ve net bir şekilde tanımlanmalıdır. Bu aşamada, problemin de ifade edilmesi gereklidir. Simülasyon çalışmasına başlarken araştırmanın esas amacı ve değerlendirme kriterleri, mutlaka belirlenmelidir. Sistemin amacının tanımlanmasının ardından sistemi oluşturan bileşenler, parametreler, değişkenler, ilişkiler, kısıtlar ve kriterler açıkça tanımlanmalıdır. Deney koşullarının da tanımlanabilmesi için varsayımların net bir biçimde tanımının yapılması da önemlidir. Bu unsurlar, tespit edildikten sonra bilgisayar yardımı ile simülasyon yapmanın maliyeti ve hedeflenen amacı karşılama seviyesi gibi simülasyona devam edip etmeme kararına etki edebilecek faktörler belirlenir (Bratley, 2011: 8).

2.5.2. Verilerin Elde Edilmesi

Veri toplama, işlenebilir durumdaki verilerin elde edilip kullanıldığı, derlendiği ve işlendiği bir süreci içerir. Veriler toplanır, kaydedilir, etkin bir araca dönüştürülür, böylece verileri elle işleme işlemi ve son çıktı hazırlıkları da başlamış olur. Elle işleme aşamaları; sınıflandırma, sıralama, birleştirme gibi aritmetik ve mantıksal işlemler olarak adlandırılır. Bu işlemler, elle işlenecek verinin büyüklüğüne bağlı olarak bilgisayar kullanarak ya da kullanmaksızın ortaya konabilir (Naylor ve Finger, 1967: 28-29; Rossetti vd., 1999: 1537).

Anlamlı bir seviyeye indirgenen verilerin sistemin davranışlarını araştırmak için matematiksel bir model kurmaya uygun olup olmadığı da araştırılmalıdır. Kullanılacak veriler, simülasyonu yapılmakta olan sistemin matematiksel modelini iyileştirmeye imkân sağlamalıdır (Sargent, 2010: 80).

Veri toplama, aynı zamanda bir simülasyon çalışmasında toplam zamanın oldukça geniş bir dilimini kapsayacağı için bu işleme olabildiğince erken başlanmalıdır (James, 1989: 92).

2.5.3. Modelin Kurulması

Araştırma ekibi tarafından problemler tespit edilir, bu problemlerin giderilmesine yönelik çözümlerin gerçekleştirilmesini sağlayacak ve incelenen sistemi temsil edecek bir model formüle edilir. İyi bir simülasyon modelinde aranan temel özellikler; gerçeğin temsil edilebilmesi, anlaşılabilir ve kullanımının kolay olması olduğu için sistemin

isleyişini belli bir ya da birkaç alt sistemi kapsayan bir model geliştirerek temsil etmek daha uygun olacaktır (Saygın, 2020: 24). Simüle edilecek alternatif durumlar da bu aşamada belirlenmelidir (Law, 2019: 41).

Modellemesi yapılan gerçek sistemler, yüksek miktarlarda verinin depolanmasını ve hesaplanmasını gerektirdiği için geçerliliği analiz edilmiş matematiksel modeller, kodlanarak oluşturulan ve bilgisayar programı olarak adlandırılan bir biçime dönüştürülmelidir. Model kurucu, GPSS/H vb. bir simülasyon dili veya Rockwell Arena, Taylor Enterprise Dynamics vb. bir simülasyon paket programı arasında bir tercih yapılmalıdır. Simülasyon dilleri, daha güçlü ve esnek yapıda olmasına rağmen problemin çözümü aşamasında simülasyon paket programı kullanmak, model geliştirme sürecinde zamandan tasarruf edilmesini sağlayacaktır (Banks vd., 2005: 14). Örneğin; Arena, bekleme hattı modellerinin simülasyonu için oldukça elverişli bir programdır (Chung, 2004: 22)

Bu tez çalışmasının uygulama bölümünde Arena 14.00 paket programı kullanılmıştır. Arena, Siman programını da geliştirip piyasaya sunan Systems Modeling Corporation isminde bir firmanın geliştirdiği Windows ara yüzüne sahip bir simülasyon programıdır. Başarılı bir simülasyon için ihtiyaç duyulan animasyonu, girdi ve çıktı verilerinin analizi gibi fonksiyonları kapsamlı bir şekilde içermektedir. Arena model sisteminin gücü; üretim, sağlık sektörü, bilgisayar ağları, akış hatları gibi ortamlarda özel uygulamalara fırsat vermesidir (Patvivatsiri, 2003: 6; Rossetti, 2015: 5).

Arena da diğer simülasyon programlarında olduğu gibi gerçek sistemlerin ve uygulanacak yeni düşüncelerin karar vericiye yardımcı olacak şekilde görsel olarak işletilmesine, sistemin performansının ölçülmesine, tahmin edilmesine, değişen farklı koşullar altında sistemin verdiği tepkinin görülmesine yardımcı olan bir karar destek sistemidir (Hammann ve Markovitch, 1995: 6; Melamed ve Altıok, 2010: 4).

Simülasyon modeli, karmaşık ve modelin üzerinde yapılacak olan deneylerin çok olması nedeniyle bir akış diyagramı şeklinde ifade edilebilir. Daha sonra bu akış diyagramı yardımı ile simülasyon, bilgisayar ortamında gerçekleştirilebilir (Rubinstein ve Kroese, 2016: 93).

2.5.4. Modelin Test Edilerek Doğrulanması

Simülasyon modelinin doğru bir şekilde bilgisayar ortamına aktarılıp aktarılmadığı ve gerçek sistemi ne derece iyi temsil ettiği yani geçerliliği doğrulanmalıdır (Law, 2019: 41). Simülasyon modeli, modeli kuran kişinin hedefleri doğrultusunda çalışıyorsa model doğrulanmış demektir. Modelin doğrulanması, simülasyonun çalıştırılması ve işlem adımlarının gözlemlenmesi ile yapılabilir. (Chung, 2004: 27). Bununla birlikte, doğrulama sürecinin kullanımında yaygın olarak kabul görmüş birçok öneri verilebilir (Yıldız, 2010: 49):

- Araştırma ekibine modele ait bütün kodların anlatılması,
- Olaylar meydana geldiğinde sistemde oluşabilecek olası faaliyetleri içeren ve modeli her bir olay tipindeki faaliyetler için izleyen bir akış diyagramı yapılması,
- Girdilerin doğru bir şekilde yerleştirilebilmelerini teminen model çıktılarının dikkatli bir biçimde gözden geçirilerek bilgisayardan elde edilen temsili çıktının istatistiksel testlerle tamamen doğrulanması,
- Bilgisayar ortamına aktarılan temsili modelin sahip olduğu girdilerin simülasyon sonunda çıktısını alırken, bunların parametre değerlerinin değiştirilmediğinden emin olmak ve modelde kullanılan tüm değişkenlere ilişkin tam bir tanımlama vermektir.

2.5.5. Modelin Çalıştırılması

Ele alınan bir simülasyon çalışması, gerçek bir probleme kabul edilebilir, anlaşılır ve kullanılabilir bir çözüm sağlamalıdır (Kleijnen, 1995: 138). Bu aşamaya kadar geldikten sonra simülasyon modelinin performansından memnun kalınması halinde söz konusu model, problemin çözümü için kullanılabilir. Bu aşamanın sonrasında ise modelden elde edilen sonuçların, istatistiksel olarak güvenirlilik ve geçerliliklerinin analizi yapılmalıdır (Yıldız, 2010: 50).

2.5.6. Sonuçların Analizi ve Raporlama

Modelde kullanılan simülasyon programının yardımı ile bilgisayar kullanılarak elde edilen veriler için sonuçların değerlendirilmesi ve analiz edilmesi aşamasına başvurulur. Bu aşamada simüle edilen veriler toplanır ve işlenir, test istatistikleri hesaplanır ve sonuçlar yorumlanır. Simüle edilen verilerin analizi ile gerçek dünya verilerinin analizi birbirine oldukça benzer bir yapıda olmasına rağmen bir takım önemli

farklılıklar da mevcut olabilmektedir. Bilgisayar tabanlı simülasyonun istatistiksel tekniklerle analizinde önemli bir zorluk, örnekleme dağılımından yararlanmadır. Örnekleme dağılımında rastgeleliğin oluşabilmesinin yolu, bu unsurun iyi anlaşılması ve açıkça belirtilmesinden geçmektedir. Ancak simülasyon deneylerinde ise rastgelelik kavramı, genelde stokastik süreçlerle ilgili olup özellikle sayısal değerleri hesaplanabilen algoritmalardan farklı olarak ilişkiler, açık değildir. Bunun yanında diğer bir zorluk ise örnekleme dağılımının genellikle statik modellerle ilişkili olabilmesine karşın simülasyonun doğası gereği genelde dinamik modellerle ilişkili olabilmesidir (Yıldız, 2010: 50).

Süreç sonuçlarının analizi yapıldıktan sonraki son aşamada proje faaliyetleri raporlanır, model tüm detayları ile dökümanite edilerek çalışma sonuçlandırılır (Söyler ve Koç, 2014: 117).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

SİMÜLASYON UYGULAMASI: BİR BANKA ŞUBESİ ÖRNEĞİ

Optimizasyon, eldeki kaynakları en iyi ve ekonomik şekilde kullanarak olabilecek en iyi sonuca ulaşmak, belirli amaçları gerçekleştirmek için en iyi kararları verme sanatı olarak tanımlanmaktadır (Rao, 1983:2). Bir hizmet birimi olan banka şubesinde mümkün olduğu kadar az işgücü ve en az bekleme süresi ile hizmet vererek bekleme sürecini iyileştirme gayreti, bir optimizasyon çalışmasıdır.

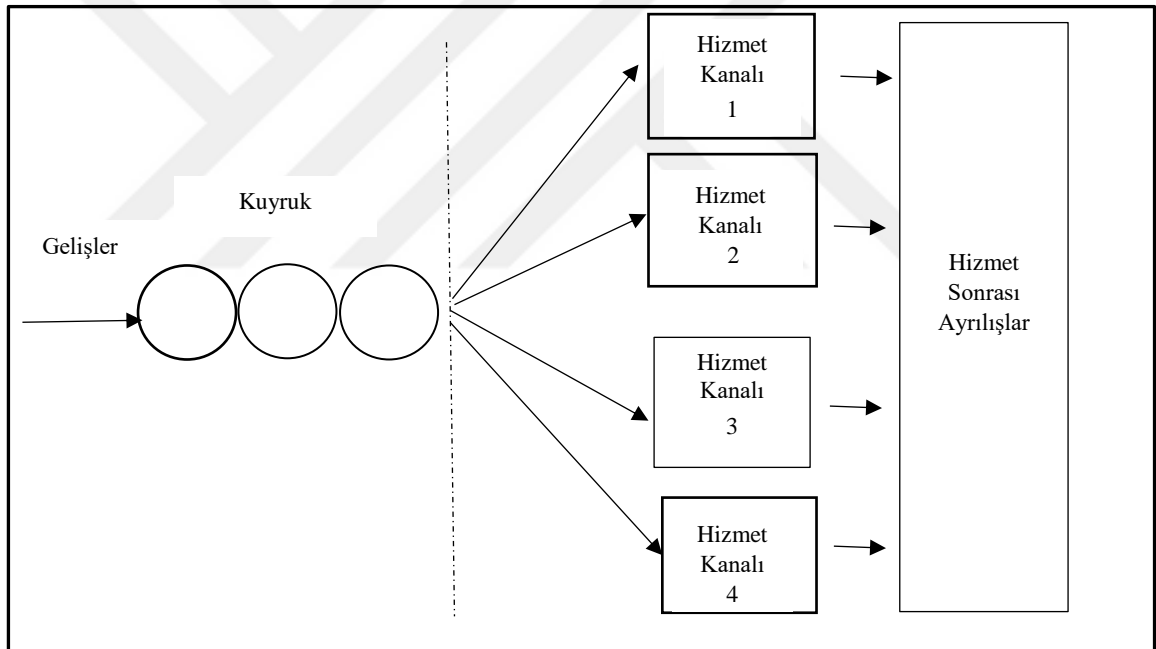
Bu tez çalışmasında, Denizli’de faaliyet gösteren bir banka şubesine ait müşteri verilerinin girdi olarak kullanıldığı simülasyona dayalı bir model geliştirilerek bir bekleme hattı olan banka şubesinde bekleme süreleri iyileştirilmiştir. Bu çalışmada, sistemin mevcut durumu için bir simülasyon modeli oluşturmak ve farklı senaryolarla kademeli olarak simülasyon modelleri geliştirerek mevcut sistemi iyileştirmek amaçlanmıştır. Bu amaç için öncelikle mevcut durumu yansıtan tek kriter (çalışma büyüklüğü) öncelikli hizmet kuyruk disiplini ile bir model oluşturulmuştur. Ardından beş kriter (çalışma büyüklüğü, sadakat, yaş, çalışma durumu ve işlem süresi) öncelikli hizmet kuyruk disiplini ve belli bir kuyruk sınırına ulaşıldığında dördüncü bankonun açıldığı iki farklı senaryo için modeller oluşturulmuştur. Bu modeller, Arena 14.00 paket programı kullanılarak çözümlenmiştir. Performans ölçüsü olarak müşterilerin kuyrukta bekleme süreleri ile hizmet kapsamındaki kaynakların kullanım oranları dikkate alınmış, müşteri memnuniyetini ve işletme kârını artıracak en uygun ve en etkili model tespit edilmiştir. Ayrıca COVID 19 pandemi döneminin etkisini görebilmek amacı ile yeni bir model de çalışmaya dahil edilmiştir.

3.1. Banka Şubesi ve Bekleme Hattı Sistemi Hakkında Genel Bilgiler

Seçilen şubenin hizmet sistemi, 2-5 adet arası bankoya sahip bir sistem olup müşterilere bankacılık hizmeti vermektedir. Şubede; 1 müdür, 4 müşteri ilişkileri yetkilisi, 4 müşteri ilişkileri asistanı, 1 operasyon yetkilisi, 2 operasyon asistanı, 4 banko asistanı, 1 temizlik personeli ve 1 güvenlik personeli olmak üzere 18 personel görev yapmaktadır. Bankolarda sunulan hizmetler; para yatırma, para çekme, kurum tahsilatları, online tahsilat, vergi tahsilatı, havale/virman, EFT, döviz havaleleri, internet bankacılığı, bankkart satış, döviz alıŖ/satıŖ, hesap açma /kapama, altın alıŖ/satıŖ gibi çok sayıda işlemi kapsamaktadır. Banka şubelerindeki hizmet süreleri, işlem türüne göre farklı süreler almaktadır. Şube, sabah 9.00’da hizmete başlamakta, 12.30-13.30 arası öğle tatili

yapmakta ve 17.00’da hizmete kapanmaktadır. Müşterilerin banka şubelerine gelmeleri, tamamen rastgeledir. Tek tek veya gruplar halinde olabilmekte ve günün saatlerine göre değişiklik göstermektedir. Gelen ve kuyrukta bekleyen müşterilere bir sınırlama söz konusu olmadığı için sistem, sonsuz geliş kaynaklı ve sonsuz kuyruk kapasitelidir. Hizmet almak için gelen müşteriler, öncelikli hizmet kuyruk disiplinine göre hizmet alır.

Şubede işlemler gerçekleştirilirken birtakım beklemler söz konusudur. Bu anlamda şube, bir bekleme hattı sistemidir. Bu bekleme hattı sisteminde; hizmet talebi için gelen müşteriler, müşterilerin birikimi sonucu oluşan bekleme hattı ve kuralı, hizmete alınan bir müşteriye uygulanan tüm işlemler yani hizmet süreci ve hizmetin yapıldığı hizmet kanalları bulunmaktadır. Çalışma yapılan hizmet birimi, tek kuyruklu her biri aynı hizmeti sunan paralel hizmet mekanizmasına sahip bir bekleme hattı sistemidir ve Şekil 13’te sistem yapısı gösterilmektedir.



Şekil 13. Banka Şubesinin Mevcut Sistem Yapısı

Şubeye hizmet almak üzere gelen müşteri, hizmet olanaklarından yararlandıktan sonra sistemden ayrılmaktadır. Hizmet alıp ayrılan her bir müşteri, işletme sisteminin bir çıktısı olarak kabul edilir. Sistemden ayrılan müşteriler, tekrar geri dönebilir.

Hizmet almak üzere şube holünde bekleyen müşterilerin fiziksel olarak sıraya girmesine gerek bırakılmadan yönetilmesi ve belirli kurallar çerçevesinde çağrılarak işlemlerinin bir düzen içinde yapılması amacıyla “Sıra Çağrı Sistemi” kullanılmaktadır.

Bu sistem, Şekil 14’te görüldüğü gibi 12:30-13:30 dilimi haricinde 08:00-19:00 aralığı için tanımlanmaktadır.

Şekil 14. Sıra Çağrı Sistemi Tanımlama Ekranı

Sistemin amacı, müşteriye en uygun sıra numarasının verilerek şube ortamında karmaşa yaratmadan hizmet verilmesini sağlamaktır. Bilet makinesi (kiosk) üzerinden Şekil 15’te görüldüğü gibi T.C. kimlik numarası, vergi kimlik numarası ve müşteri numarası ile portföye atanmış müşteriler için öncelikli sıra numarası alınabileceği gibi “Müşteri/Kimlik numarası girişi yapmadan sıra no alınız” seçeneği ile de önceliksiz sıra numarası alınabilir. Ayrıca bankaya kayıtlı müşteriler, kayıtlı müşteri olmanın avantajını kullanabilmek için bankanın kartlarını manyetik kart okuyucudan okutmak suretiyle bilgi girişi yapmadan da sıra numarası alabilmektedir.



Şekil 15. Bilet Makinesi (Kiosk) Görünümü

Müşteriye, varsa öncelik bilgisine bakılarak sistem tarafından sıra numarası belirlenip bilet verilir. Sıra numarasını aldıktan sonra müşteri hizmet alabilmek için beklemeye başlar. Müşteri, sırasını banko ve salonlarda bulunan göstergeler vasıtasıyla takip eder. Kullanıcılar işlemlerini tamamladıkça sıradan yeni müşteri çağrılır. Şekil 16'da bu durum görülmektedir. Müşteri, sıra numarasıyla çağrılan bankoya giderek işlemlerini gerçekleştirir. Çağrılan müşterinin gelmemesi halinde sıradan yeni bir müşteri çağrılır.



Şekil 16. Şube Sıra Çağrı Sistemi Yapısı

3.2. Problemin Tanımlanması

Hizmet sektörü içinde önemli bir yeri bulunan banka şubelerinin sayısı, gün geçtikçe artmasına rağmen hizmet almak üzere yaşanan beklentiler, hiç azalmayıp günlük yaşamımızın bir parçası haline gelmiştir. Bu durum, banka müşterilerinin memnuniyetini maksimize edecek optimal personel tahsisi ve aynı zamanda sahip olunan kaynakların etkin kullanılarak yönetilmesi ihtiyacını doğurmuştur.

Bu çalışmada, hizmet işletmesi olan bir banka şubesi için öncelikle mevcut durumu yansıtan sadece çalışma büyüklüğünü dikkate alan tek kriter öncelikli bir bekleme hattı modeli oluşturulmuş, ardından belirlenen problemlere yönelik farklı personel kaynakları ile farklı öncelik kriterlerinin de dahil edildiği bekleme hattı modelleri oluşturularak iki alternatif senaryo geliştirilmiştir. Ayrıca son olarak günümüzün en büyük problemi COVID 19 pandemi döneminin etkisini görebilmek amacıyla bu durum için oluşturulan model çalışmaya dahil edilmiştir.

Mevcutta uygulanan Portföy (P) / Kitle (M) / Havuz (H) olmak üzere 1. ve 2. öncelik ile havuz müşterileri olarak sınıflandırılan öncelikli hizmet kuyruk disiplininin yanı sıra; Sadık (S) / Sadık Değil (\bar{S}), Yaşlı (Y) / Genç (G), Çalışan (C) / Çalışmayan (\bar{C}) olmak üzere farklı grupların öncelikleri dikkate alınarak hazırlanan alternatif senaryoların analiz edilmesi amaçlanmış, Uzun iş (U)/ Kısa iş (K) ayrımı da hazırlanan senaryolara eklenerek şube bekleme süresine etkisi incelenmiştir. İlgili banka şube müşterilerinin kuyruk bekleme süreleri ve hizmet sunan personelin âtıl zamanlarını minimuma indirecek kapasite düzeyini belirleme problemi, bilimsel bir yöntem olan bekleme hattı ile ele alınmıştır.

Burada sistemin modellenerek simülasyona konu edilmesi, birtakım alt amaçlara ulaşmayı hedeflemektedir. Bunlar; kaynakların faydalı kullanım oranlarının hesaplanması, müşterilerin sistemde kalma oranlarının ve kuyrukta bekleme sürelerinin iyileştirilmesi, müşteri memnuniyetini ve işletme kârının artırılması olarak ifade edilebilir.

3.3. Verilerin Toplanması

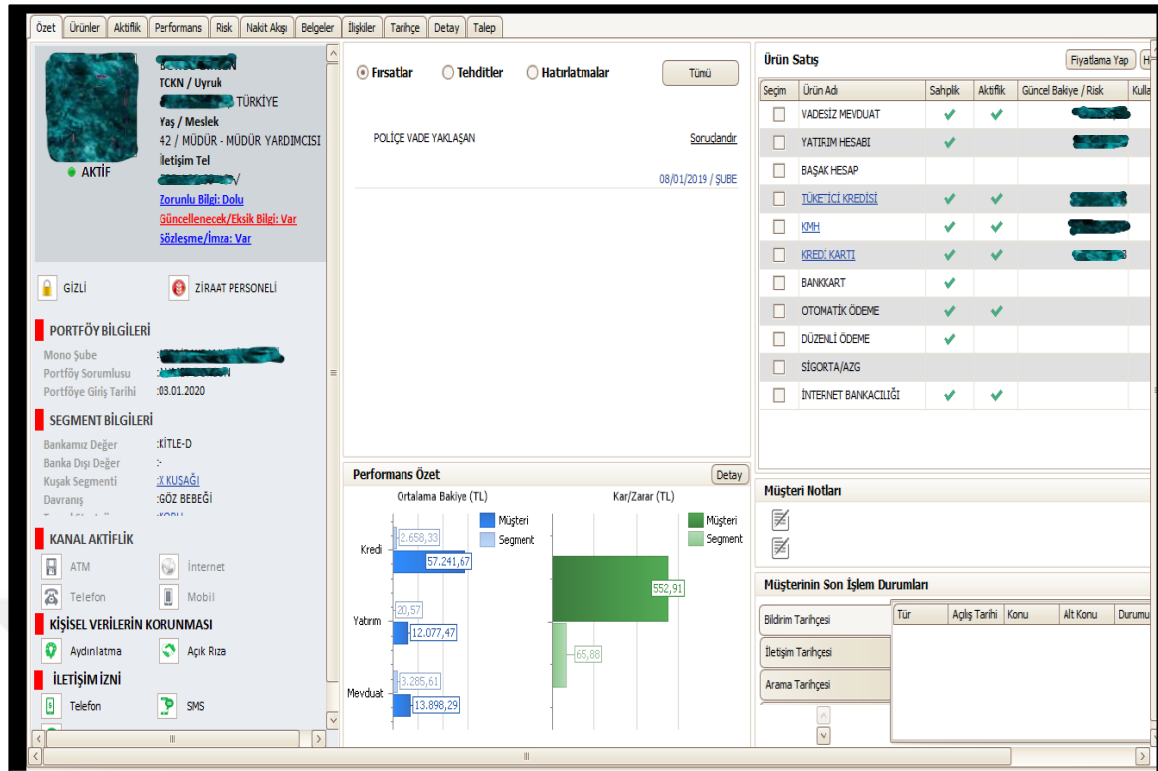
Bu tezde, çalışmanın amacına uygun olduğu düşünüldüğü için çalışma konusu olayla ilgili soru sormadan, müdahalede bulunmadan veri toplamaya dayanan gözlem yöntemi ve belli bir amaca yönelik olarak; kaynakları bulma, okuma, not alma ve

değerlendirme işlemlerini kapsayan doküman inceleme yöntemi kullanılmıştır (Patır vd., 2017: 19).

Bekleme hattı analizi yapılırken iki farklı süreye ihtiyaç duyulmaktadır. Birincisi, müşterilerin geliş zamanı, diğeri ise hizmetin tamamlanma süresidir (Duguay ve Chetouane, 2007: 314). Bunun için öncelikle banka şubesinin 2020 yılı veri seti içinden rastgele 10 iş günü seçilmiştir. Bu günlerde işlem yaptırmak üzere şubeye gelen 4.650 müşteriye ait dokümanlar temin edilmiştir. Bu dokümanlardan gerekli incelemeler yapılarak ilgili veriler toplanmıştır. Söz konusu müşteri verilerinin kullanılabilmesine ilişkin bankadan gerekli izinler alınmıştır. Şekil 17’de müşteri gelişleri ve hizmet süreleri ile ilgili verilerin alındığı ekran görüntüsü, Şekil 18’de müşteri bilgilerinin yer aldığı ekran görüntüsü, Şekil 19’da ise müşterilerin kullandığı ürünlerin yer aldığı ekran görüntüsü görülmektedir.

Sıra No	Bilet Önceliği	Servis	Gişe	Verilme Zamanı	Çağırılma Zamanı	Tamamlanma Zamanı
300	İkinci Öncelik	GİŞE İŞLEMLERİ	GİŞE 2	09:07:01	09:07:05	09:07:38
603	Havuz	GİŞE İŞLEMLERİ	GİŞE 4	09:16:37	09:16:38	09:25:14
606	Havuz	GİŞE İŞLEMLERİ	GİŞE 4	09:39:07	09:40:00	09:43:46
610	Havuz	GİŞE İŞLEMLERİ	GİŞE 4	10:02:09	10:02:09	10:04:53
622	Havuz	GİŞE İŞLEMLERİ	GİŞE 4	11:11:49	11:11:53	11:13:43
625	Havuz	GİŞE İŞLEMLERİ	GİŞE 2	11:25:53	11:25:59	11:26:13
628	Havuz	GİŞE İŞLEMLERİ	GİŞE 4	11:28:48	11:31:09	00:00:00
309	İkinci Öncelik	GİŞE İŞLEMLERİ	GİŞE 2	11:29:11	11:29:26	11:32:33
631	Havuz	GİŞE İŞLEMLERİ	GİŞE 2	11:31:31	11:37:39	11:40:09
640	Havuz	GİŞE İŞLEMLERİ	GİŞE 4	12:27:04	12:27:07	12:29:18
658	Havuz	GİŞE İŞLEMLERİ	GİŞE 2	13:35:55	13:42:37	13:47:51
321	İkinci Öncelik	GİŞE İŞLEMLERİ	GİŞE 4	14:40:34	14:41:03	14:42:45
686	Havuz	GİŞE İŞLEMLERİ	GİŞE 4	14:59:57	15:00:09	15:02:05
23	Birinci Öncelik	GİŞE İŞLEMLERİ	GİŞE 2	15:08:17	15:08:19	15:18:14
692	Havuz	GİŞE İŞLEMLERİ	GİŞE 2	15:19:29	15:19:33	15:23:09
693	Havuz	GİŞE İŞLEMLERİ	GİŞE 4	15:20:29	15:20:32	15:22:56
695	Havuz	GİŞE İŞLEMLERİ	GİŞE 2	15:22:50	15:22:51	15:28:17
24	Birinci Öncelik	GİŞE İŞLEMLERİ	GİŞE 2	15:43:50	15:43:59	15:51:28
711	Havuz	GİŞE İŞLEMLERİ	GİŞE 2	16:11:52	16:11:56	16:13:09
715	Havuz	GİŞE İŞLEMLERİ	GİŞE 2	16:33:59	16:33:59	16:36:59
717	Havuz	GİŞE İŞLEMLERİ	GİŞE 4	16:39:37	16:39:39	16:40:46
608	Havuz	GİŞE İŞLEMLERİ	GİŞE 2	09:48:48	09:48:50	10:05:27
617	Havuz	GİŞE İŞLEMLERİ	GİŞE 2	10:30:43	10:30:48	10:33:43
3	Birinci Öncelik	GİŞE İŞLEMLERİ	GİŞE 2	10:32:39	10:33:12	10:37:09
619	Havuz	GİŞE İŞLEMLERİ	GİŞE 2	10:43:45	10:43:47	10:48:25

Şekil 17. Müşteri Gelişleri ve Hizmet Süreleri ile İlgili Verilerin Alındığı Ekran Görüntüsü



Şekil 18. Müşteri Bilgilerinin Yer Aldığı Ekran Görüntüsü

Aktiflik Durumu	Ürün Grubu	Ürün Adı	Ürün Adedi	Ortalama Tahsil...	Aktiflik İçin Sağlanmas Ger...	Aktiflik Öngörülere	Aktiflik Kriteri
Aktif	VADESİZ GRUBU		1				
İnaktif	VADELİ GRUBU			12.105			
Aktif	YATIRIM GRUBU		1				
Aktif	KREDİ GRUBU		1				
Aktif	AVANS GRUBU		1				
Aktif	KART GRUBU		1				
Aktif	ÖDEME GRUBU		1				
Aktif	SİGORTA GRUBU		2				Son 3 ay içerisinde aktiflik kriterini sağlayan BES ve Sigorta ürünlerinden en az birer adet p...
Aktif	KANAL GRUBU		2				
Aktif	DİJİTAL YOĞUN						
İnaktif	BÜYÜKLÜK (Bİ...						
Aktif	KARLILIK (BİR...		345				

Şekil 19. Müşterilerin Kullandığı Ürünlerin Yer Aldığı Ekran Görüntüsü

İlgili banka şubesinde, birden çok konuda hizmet verilmektedir. Şubeye hizmet almak üzere gelen müşterilerin gerçekleştirdikleri işlem başlıkları şu şekildedir:

- Para Yatırma
- Para Çekme

- Kurum Tahsilatları / Online Tahsilat / Vergi Tahsilat
- Havale / Virman
- EFT
- Döviz Havaleleri (Swift-Western Union)
- İnternet Bankacılığı / Bankkart (Başvuru Giriş-Yenileme-Bilgi Güncelleme)
- Döviz / Efektif Alış-Satış Giriş / İptal
- Hesap Açma / Kapama
- Vadesiz Altın Mevduat Hesap Açılış ve Alış-Satış İşlemleri

3.4. Önceliklendirme Kriterleri

Mevcut durumda, şubede “öncelikli hizmet kuyruk” disiplini uygulanmaktadır. Müşteriler, toplam kredi ve kaynak büyüklüğü dikkate alınarak 1. öncelikli, 2. öncelikli ve havuz müşterisi olmak üzere 3 farklı sınıflandırma ile hizmete alınmaktadır. Ancak mevcut durumda; sıra bekleme sürelerinin istenilen etkinlikte gerçekleşmediği, müşteri memnuniyetinin tam olarak sağlanamadığı görülmektedir.

Literatür incelendiğinde, öncelikli kuyruk disiplini kullanılarak yapılan çalışmaların oldukça az sayıda olduğu görülmüştür. Cowdrey vd. tarafından 2018 yılında yayımlanan “*Applying Queueing Theory for the Optimization of a Banking Model*” isimli makalede, FIFO ve LIFO disiplininin yanı sıra en kısa işlem öncelikli, en uzun işlem öncelikli ve en kârlı işlem öncelikli olmak üzere farklı senaryolar simüle edilmiştir. FIFO disiplini uygulanması halinde en yüksek sayıda müşteriye hizmet verildiği, en kısa işlem öncelikli bekleme hattı modelinin uygulanması halinde en yüksek müşteri memnuniyetine aynı zamanda en kısa bekleme sürelerine ulaşılabildiği, ancak banka kârını en çok artıran yöntemin en kârlı işlem öncelikli modelin uygulandığı senaryo olduğu belirtilmiştir. Yoğun ve kalabalık günlerde kısa işlem öncelikli, sakin günlerde ise kârlı işlem öncelikli kuyruk disiplininin uygulanması tavsiye edilmiştir. Bu makaleden edinilen bilgiler, bu tez çalışmasında bankacılık işlem sürelerinin de dikkate alınması konusunda katkı sağlamıştır.

Yapılan literatür taraması ve uzman görüşleri dikkate alınarak problemin ihtiyaç duyduğu kriterler;

- Müşterinin çalışma büyüklüğü,
- Müşterinin sadakat durumu,
- Müşterinin yaşı,

- Müşterinin çalışma durumu,
- Bankacılık işlem süreleri

olarak belirlenmiş, bu kriterlere göre yapılan analizler ile bekleme sürelerinin iyileştirilmesi ve müşteri memnuniyetinin artırılması hedeflenmiştir.

3.4.1 Müşterinin Çalışma Büyüklüğü

İncelenen bankada sunulan hizmet modeli çerçevesinde müşteri ihtiyaçlarının analiz edilerek hızlı ve etkin çözümler üretilmesi amacı ile portföy yönetimi esasları ile müşteri ilişkileri yürütülmektedir. Her portföy tipinde belirlenen segment müşterileri yer almak üzere bireysel müşteri ilişkileri yetkilisi (Bireysel MİY), bireysel müşteri ilişkileri asistanı (Bireysel MİA), girişimci müşteri ilişkileri yetkilisi (Girişimci MİY) ve girişimci müşteri ilişkileri asistanı (Girişimci MİA) olmak üzere 4 farklı portföy temsilcisi ile hizmet verilmektedir. Tablo 2’de belirtilen kurallar dahilinde portföy atamaları yapılmaktadır.

Tablo 2. Portföylere Atanma Kuralları

Portföy	Kurallar
Bireysel MİY	Anlık bireysel kredi bakiyesi veya anlık yatırım bakiyesi, anlık vadeli bakiyesi ve 1 aylık vadesiz ortalaması toplamı, 50.000 TL ve üzeri olan müşteriler
Bireysel MİA	Anlık bireysel kredi bakiyesi veya anlık yatırım bakiyesi, anlık vadeli bakiyesi ve 1 aylık vadesiz ortalaması toplamı, 10.000 TL ve üzeri olan müşteriler
Girişimci MİY	Canlı kurumsal riski bulunan müşteriler ile toplam kaynak büyüklüğü 50.000 TL ve üzeri olan müşteriler
Girişimci MİA	Canlı kurumsal riski bulunan müşteriler ile toplam kaynak büyüklüğü 10.000 TL ve üzeri olan müşteriler

Sıra Çağrı Sistemi’nden bilet alan müşterileri 1. öncelikli, 2. öncelikli veya havuz olarak ayıran bilgiler, Tablo 3’teki gibidir. Herhangi bir portföye atanmayan müşterilerin segmentlerine bakılarak “Bireysel Özel”, “Varlıklı” ve “Varlıklı Kitle” olması durumunda 1. öncelikli, “Bireysel Kitle” olması durumunda 2. öncelikli, “Bireysel Diğer” olması durumunda ise önceliksiz bilet üretilmektedir.

Tablo 3. Müşteri Segmentleri

1. Öncelikli Müşteri (Portföy Müşterisi-P)	Bireysel MİY, Girişimci MİY/MİA portföyünde bulunan müşteriler
2. Öncelikli Müşteri (Kitle Müşteri-M)	Bireysel MİA portföyünde bulunan müşteriler
Önceliksiz Müşteri (Havuz Müşterisi-H)	Banka müşterisi olmayan müşteriler

3.4.2 Müşterinin Sadakat Durumu

Günümüzün artan rekabetçi dünyası, müşteri ile işletmeler arasında uzun süreli bir ilişkiyi, zorunlu ve önemli bir hale getirmiştir. Müşteri memnuniyeti ve müşteri sadakati, işletmeler için başarının iki önemli unsurudur (Bowen ve Shoemaker, 1998: 32).

Hizmet veren işletmelerde sıra bekleme, kaçınılmaz bir durum olup müşteri memnuniyetini ve dolayısıyla sadakatini etkileyen en güçlü göstergelerden bir tanesidir (Pruyn ve Smidts, 1998: 321). Müşteri sadakati, bir markaya veya işletmeye duyulan bağlılık olarak tanımlanmaktadır. Bir başka tanıma göre müşteri sadakati, müşterinin tüm rekabetçi etkilere ne ölçüde direndiği ve işletmenin ürün ve hizmetlerini kullanmakta ne kadar kararlılık gösterdiği (Erk, 2009: 44).

Müşteri sadakati kavramını Dick ve Basu (1994), bir mal ya da hizmete müşteri olma sıklığı, müşterinin devamlı aynı mal ve hizmeti veya işletmeyi tercih etmesi; Kumar ve Shah (2004) ise müşterinin bir mal ya da hizmeti, satın alma ihtimali ve satın alma oranı yani satın alma sıklığı olarak tanımlamaktadır. En geniş anlamı ile müşteri sadakati, müşterinin seçim hakkı olduğu durumda aynı markayı satın alma ya da benzer ihtiyaçlarına çözüm bulabilmek için her zamanki sıklıkla yine aynı mağazayı tercih etme eğilimi, arzusu ve eylemi olarak tanımlanabilir (Çoban, 2005: 297). Özetlenecek olursa müşteri sadakati, müşterinin alışveriş yaptıkları sektördeki toplam harcama kapasitesinin büyük çoğunluğunu aynı iş yerinden yapmasıdır (Gerpot vd., 2001: 257).

Sağlam bir müşteri sadakati, işletmenin sahip olabileceği en kıymetli varlıklardan bir tanesidir. Sadık müşterilere satış yapmak, işletmenin kârlılığını arttırmakta ve rekabette öne geçilmesini sağlamaktadır. İşletmelerin varlığı, sadık müşterilerinin olmasına dayalıdır (Evanschitzky vd., 2006: 1210; Donio vd., 2006: 448).

Günümüzde müşteri tanımı, “daha özgür, daha katılımcı ve daha değerli” olarak yeniden yapılmaktadır. Sadece ürün yelpazesi genişletilerek ve hizmet kalitesi artırılarak

müşterileri elde tutmak, artık pek mümkün görünmemektedir. Müşteri sadakatinin kârlılığı, inkâr edilemez bir gerçektir. Lewitt'in "Memnun müşterilerin sadakati, kârlılığın temel anahtarıdır" sözü, bu gerçeği yansıtmaktadır (Özdağoğlu vd., 2010: 370-371).

Gerson (1997)'a göre işletmeler, müşteri hizmetlerini 10'lar kuralı ile yürütür. Bu kurala göre yeni bir müşteri kazanmanın maliyeti, 10.000 sterlin ise o müşteriye kaybetmek, 10 saniye sürer ve bu kaybın telafisi veya sorunun çözümü ise 10 yıl sürer. Bu yüzden var olan müşteriler kaybedilmemelidir (Gerson, 1997: 22). Bu durum günümüzde de geçerliliğini korumaktadır. Ayrıca uzun süreli sadık müşteri, işletmelerin daha az zamanını almakta ve fiyat değişikliklerine karşı daha düşük duyarlılık göstermektedir (Suh vd., 2006: 151).

Bütün bu durumlar, kazanılması oldukça zor ancak kaybedilmesi çok kolay olan sadık müşteri kitlesini arttıran bankaların finansal başarıları, satışları ve kârlılıkları üzerinde olumlu etkilere sahip olacağını göstermektedir (Bayuk ve Küçük, 2007: 286).

Ünlü dergi Harvard Business Review'da araştırmaları yayınlanan ve uzmanlık alanı müşteri odaklılık ile müşteri sadakati olan son dönemin öne çıkan yönetim uzmanlarından Stauffer ve Capuzzi (2014), sadık müşterilerin şirketler için yarattığı değere dikkat çekmektedir. Yeni müşteri edinme, müşteriye elde tutmaktan yaklaşık 5 kat daha pahalı ve zordur. Bu nedenle çalışmalarında mevcut müşterilere odaklanmayı önermektedir. Müşterilerin sevdikleri ya da memnun oldukları durumlarda bir mal ya da hizmet için % 15-20 oranında daha fazla harcamayı kabul ettiklerini, sadık müşterinin yeni müşteri edinmede de ajan rolü oynadığı görüşünü birçok araştırması ile doğrulamaktadır. Yazarlara göre sadık müşteri, güvendiği ve sevdiği şirket için yolundan sapan kişidir.

Ünlü pazarlama otoritelerinden Blackwell (2001), içinde bulunduğumuz dönemi "müşteri yüzyılı" olarak tanımlamakta ve güç dengesinin üretici, dağıtıcı ya da perakendecilerden müşterilere kaydığını belirtmektedir. Yönetim gurusu Drucker (1958)'e göre işletmenin amacı, sadece satış yapmak değil müşteri kazanmak ve mevcut müşterileri elde tutmak olmalıdır. İşletmelerin uzun vadede müşteriye elde tutmaları ve müşteri kayıplarına neden olmayacak türdeki yaklaşımları, rekabet gücü ve kârlılığın artırılması açısından son derece önem taşımaktadır (Çoban, 2005: 297).

Sonuç olarak günümüz gelişen teknolojik imkanları ile müşterilerine en iyi bilgi ve teknik alt yapısını sağlayan, elektronik ürün ve hizmet olanaklarını bir bütün olarak sunan, müşterilerin problemlerini hızlı ve etkin olarak çözen işletmelerin bu kıyasıya rekabetten galip çıkacakları bir gerçektir (Lee vd., 2001: 38). Şube sayılarının ve rekabetin arttığı günümüz bankacılık sektöründe bankaların en önemli işinin, müşteri tatmininin pozitif bir şekilde oluşmasının sağlanması ve iyileştirilmesi olduğu gerçeğinden hareketle bu tez çalışmasında, sadık müşterilere öncelik verilerek onların memnuniyetlerini artırmak amaçlanmıştır.

Banka şubesindeki sadık müşteri oranının belirlenmesi için çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) (Analytic Hierarchy Process-AHP) yöntemi uygulanmış, veriler “Expert Choice” programının 11 akademik sürümü ile değerlendirilmiştir.

Saaty (2000) tarafından geliştirilen AHS yöntemi; grup veya bireyin tercihlerini, deneyimlerini, sezgilerini, bilgilerini, yargılarını, düşüncelerini ve ön sezilerini mantıksal bir şekilde birleştirerek karar sürecine dahil edebilen, karmaşık problemlerin hiyerarşik bir yapı içinde ele alınarak çözülmesini sağlayan matematiksel bir yöntemdir. Bu yöntem, çok geniş bir uygulama alanına sahiptir ve pek çok karar probleminde etkin olarak kullanılmaktadır. En büyük avantajlarından bir tanesi, sayısal değerleri olmayan kriterlerin karşılaştırılma yöntemleri sayesinde analitik olarak değerlendirilmesini sağlamasıdır (Dağdeviren vd., 2004:132; Ömürbek vd., 2015: 67).

AHS yöntemi, karar vericilere karmaşık problemleri; problemin ana hedefi, kriterleri, alt kriterleri ve alternatifleri arasındaki ilişkiyi göstererek hiyerarşik bir yapıda modellemelerine olanak vermektedir (Dinçer ve Görener, 2011: 111). Diğer bir deyişle AHS yöntemi, her bir karar alternatifini, karar vericinin kriterlerini karşılama derecesine göre sıralamak için rakamsal değerler geliştirme sürecidir (Urfalı ve Eymen, 2020: 230).

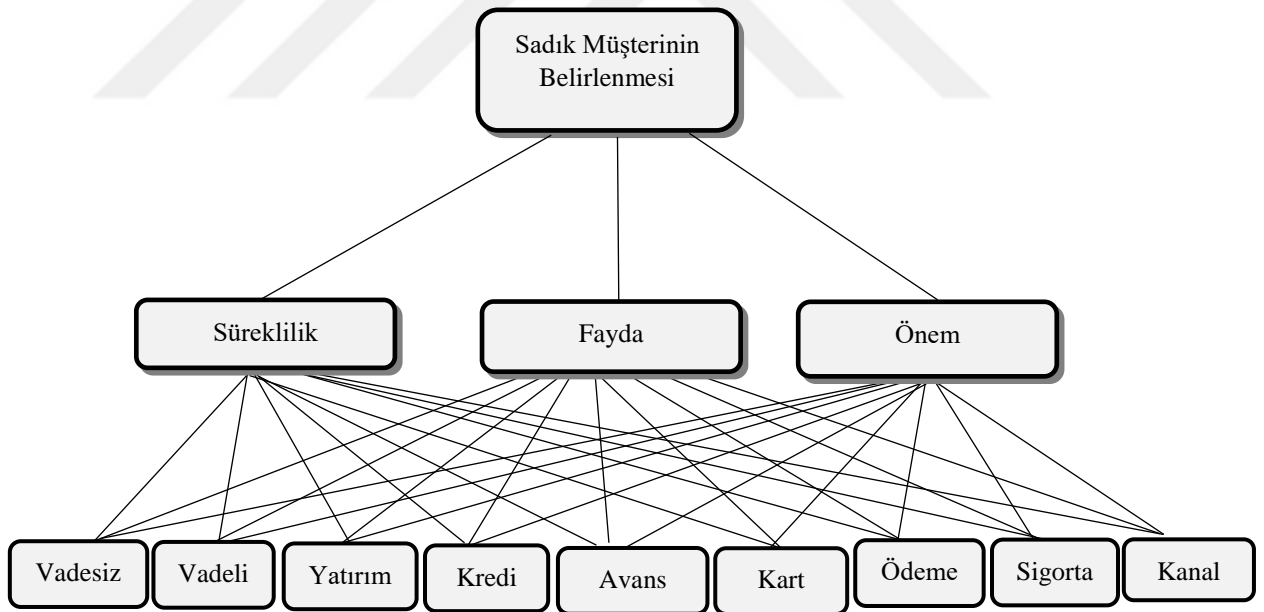
AHS yönteminin uygulanmasında karar probleminin tanımlanması olan ilk aşamadan sonra karar hiyerarşisi kurulur. Uygulamanın amacı olan sadık müşteri oranının hesaplanmasına yönelik hiyerarşinin oluşturulabilmesi için karar kriterlerinin ve karar alternatiflerin belirlenmesi gerekmektedir. Bankada tecrübeli ve uzman ekip tarafından yapılan beyin fırtınası sonucunda, bu karar probleminin amaca katkısını etkileyen karar kriterleri; ürünün kullanım özelliği bakımından *sürekliliği*, ürünün banka açısından *faydası* ve ürünün banka açısından *önemi* olarak belirlenmiştir.

Çalışmada karar alternatifleri olarak incelenen ve müşterilere sunulan bankacılık işlemleri ise;

- Vadesiz Mevduat
- Vadeli Mevduat
- Yatırım Hesabı (Yatırım Fonu, Gram Altın, Hazine/Banka Bonosu)
- Kredi
- Avans Hesabı (KMH, Harçlık Avans)
- Kart (Kredi Kartı, Bankkart)
- Ödeme (Otomatik Ödeme, Düzenli Ödeme)
- Sigorta (Bes, Hayat, Dask, Yangın, Kaza, Trafik)
- Kanal (İnternet Bankacılığı, Telefon Bankacılığı, ATM, Mobil)

şeklinde belirlenmiştir.

Karar probleminin belirlenen karar kriterleri ve alternatiflere ilişkin hiyerarşik yapısı, Şekil 20'de gösterildiği gibidir.



Şekil 20. Karar Probleminin Hiyerarşik Yapısı

Uygulamaya ilişkin karar hiyerarşisi oluşturulduktan sonra sıra, ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasına, hiyerarşideki öğelerin öncelik değerlerinin belirlenmesine ve tutarsızlık oranlarının hesaplanmasına gelir. Bu değerlerin ve oranların manuel olarak hesaplanabilmesi için oldukça büyük boyutlu matrislerin çözümlenmesi gerekmektedir. Bu süreç de çok uzun zaman alabileceği için

uygulamanın bundan sonraki bölümleri, Expert Choice 11 programı ile çözülmüştür (Aydın, 2008: 93).

Expert Choice, önemli organizasyonel kararlarda değerlendiricilere öncelikli hedefler ve değerlendirme alternatifleri konusunda bilgi sağlayan önemli bir uygulamadır. AHS yöntemine dayanan Expert Choice, önceliklendirme ve karar verme için geçerliliği ispat edilmiş yapısal bir yaklaşım sağlamaktadır. Sadece en iyi kararı vermeye değil aynı zamanda bu karar için açık bir gerekçe sunmaya da yardımcı olmaktadır. Ayrıca duyarlılık analizi de yapılabilmesine imkân tanıyarak kriter, alt kriter ve diğer parametrelerin değişmesi durumunda sonuçların nasıl ve ne ölçüde değiştiğinin kolaylıkla analiz edilebilmesine imkân tanımaktadır (www.expertchoice.com).

Uygulamanın bu bölümünde, hiyerarşik yapıyı oluşturan kriterler ve alternatifler, karar verme grubu tarafından önem dereceleri dikkate alınarak Saaty'nin 1-9 önem skalasına göre ikili karşılaştırma karar matrisleri ile değerlendirilmiş ve öncelik değerleri belirlenmiştir. Tüm karşılaştırma matrisleri, hiyerarşik yapıyı oluşturan değerlendiriciler ortaklığında oluşturulmuştur.

Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi, Tablo 4'teki gibidir. Süreklilik kriteri 0,637 öncelik değeri ile ilk sırada, fayda kriteri 0,258 öncelik değeri ile ikinci sırada ve önem kriteri 0,105 öncelik değeri ile son sıradadır. Tutarsızlık oranı 0,04'tür. Bu oranın 0,10'dan düşük olması, matrisin kabul edilebilir olduğunu göstermektedir.

Tablo 4. Kriterlerin İkili Karşılaştırma Matrisi

<i>SADAKAT</i>	<i>Süreklilik</i>	<i>Fayda</i>	<i>Önem</i>	<i>Öncelik Değerleri</i>
<i>Süreklilik</i>	1	3	5	<i>0,637</i>
<i>Fayda</i>	1/3	1	3	<i>0,258</i>
<i>Önem</i>	1/5	1/3	1	<i>0,105</i>
Tutarsızlık oranı: 0,04				

Tablo 5'te süreklilik kriteri açısından alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi ve öncelik değerleri görülmektedir. Buna göre en yüksek öncelik değerine sahip ürün 0,265 ile kredi, en düşük öncelik değerine sahip ürün ise 0,022 ile vadesiz mevduattır. İkili karşılaştırma matrisinin tutarsızlık oranı 0,02'dir.

Tablo 5. Süreklilik Kriteri için İkili Karşılaştırma Matrisi

SÜREKLİLİK	Vadesiz	Vadeli	Yatırım	Kredi	Avans	Kart	Ödeme	Sigorta	Kanal	Öncelik Değerleri
Vadesiz	1	1/3	1/2	1/8	1/3	1/5	1/7	1/4	1/6	0,022
Vadeli	3	1	2	1/7	1/2	1/4	1/6	1/3	1/5	0,038
Yatırım	2	1/2	1	1/8	1/3	1/5	1/7	1/4	1/6	0,027
Kredi	8	6	8	1	5	3	1	4	2	0,265
Avans	3	2	3	1/5	1	1/2	1/4	1/2	1/3	0,059
Kart	5	4	5	1/3	2	1	1/3	2	1/2	0,113
Ödeme	7	6	7	1	4	3	1	2	1	0,211
Sigorta	4	3	4	1/4	2	1/2	1/3	1	1/3	0,086
Kanal	6	5	6	1/2	3	2	1	3	1	0,179
Tutarsızlık oranı: 0,02										

Tablo 6’da fayda kriteri açısından alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi ve öncelik değerleri görülmektedir. Buna göre en yüksek öncelik değerine sahip ürün 0,313 ile kredi, en düşük öncelik değerine sahip ürün 0,018 ile vadeli mevduattır. İkili karşılaştırma matrisinin tutarsızlık oranı ise 0,03’tür.

Tablo 6. Fayda Kriteri için İkili Karşılaştırma Matrisi

FAYDA	Vadesiz	Vadeli	Yatırım	Kredi	Avans	Kart	Ödeme	Sigorta	Kanal	Öncelik Değerleri
Vadesiz	1	8	7	1/2	6	4	3	5	2	0,223
Vadeli	1/8	1	1/2	1/9	1/3	1/5	1/6	1/4	1/7	0,018
Yatırım	1/7	2	1	1/8	1/2	1/4	1/5	1/3	1/6	0,024
Kredi	2	9	8	1	7	5	4	6	3	0,313
Avans	1/6	3	2	1/7	1	1/3	1/4	1/2	1/5	0,035
Kart	1/4	5	4	1/5	3	1	1/2	2	1/3	0,074
Ödeme	1/3	6	5	1/4	4	2	1	3	1/2	0,108
Sigorta	1/5	4	3	1/6	2	1/2	1/3	1	1/3	0,052
Kanal	1/2	7	6	1/3	5	1/3	2	3	1	0,151
Tutarsızlık oranı: 0,03										

Tablo 7’de önem kriteri açısından alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi ve öncelik değerleri görülmektedir. Buna göre en yüksek öncelik değerine sahip ürün 0,290 ile yatırım, en düşük öncelik değerine sahip ürün 0,019 ile ödemedir. İkili karşılaştırma matrisinin tutarsızlık oranı ise 0,03’tür.

Tablo 7. Önem Kriteri için İkili Karşılaştırma Matrisi

ÖNEM	Vadesiz	Vadeli	Yatırım	Kredi	Avans	Kart	Ödeme	Sigorta	Kanal	Öncelik Değerleri
Vadesiz	1	1/2	1/3	5	6	2	7	4	3	0,159
Vadeli	2	1	1/2	6	7	3	8	5	4	0,228
Yatırım	3	2	1	7	8	3	9	6	3	0,290
Kredi	1/5	1/6	1/7	1	2	1/4	3	1/2	1/3	0,035
Avans	1/6	1/7	1/8	1/2	1	1/5	2	1/3	1/4	0,025
Kart	1/2	1/3	1/3	4	5	1	6	3	2	0,113
Ödeme	1/7	1/8	1/9	1/3	1/2	1/6	1	1/4	1/5	0,019
Sigorta	1/4	1/5	1/6	2	3	1/3	4	1	1/2	0,051
Kanal	1/2	7	6	1/3	5	1/3	2	3	1	0,079
Tutarsızlık oranı: 0,03										

Ürünlerin kriterler bazında ayrı ayrı sahip oldukları öncelik değerleri, Tablo 8’de özetlenmiştir. Bu değerler kullanılarak hesaplanan bütünlük öncelik değerlerine göre en yüksek öncelik değerine sahip ürün 0,253 ile kredidir. Ürünler, sahip oldukları bu bütünlük öncelik değerleri dikkate alınarak 100 üzerinden puanlandırılmış ve bu puanlar, aynı tablonun son sütununda gösterilmiştir.

Tablo 8. Alternatiflerin Bütünleşik Öncelik Değerleri ve Puanlar

<i>Kriterler</i> <i>Ürünler</i>	<i>Süreklilik</i> <i>(0,637)</i>	<i>Fayda</i> <i>(0,258)</i>	<i>Önem</i> <i>(0,105)</i>	<i>Bütünleşik</i> <i>Öncelik Değeri</i>	<i>Puan</i>
Vadesiz	0,022	0,223	0,159	0,082	8
Vadeli	0,038	0,018	0,228	0,053	5
Yatırım	0,027	0,024	0,290	0,053	5
Kredi	0,265	0,313	0,035	0,253	25
Avans	0,059	0,035	0,025	0,050	5
Kart	0,113	0,074	0,113	0,104	10
Ödeme	0,211	0,108	0,019	0,169	17
Sigorta	0,086	0,052	0,051	0,075	8
Kanal	0,179	0,151	0,079	0,165	17
Toplam	1,00	1,00	1,00	100,00	100,00

Söz konusu puanlar, müşterilerin sadakat durumunu ve şubedeki sadık müşterilerin toplam müşteriler içerisindeki oranını belirlemek için kullanılmıştır. Öncelikle 4.650 müşterinin aktif olarak kullandığı ürünler tek tek belirlenmiş, bu ürünlere Tablo 8’de belirtilen puanlar atanmış ve her bir müşteri için toplam puan elde edilmiştir. Tablo 9’da 2 adet müşteriye ait örnek hesaplama görülmektedir. Sadakat kavramı literatürde, *müşterinin bir ürün ya da hizmeti, satın alma oranı yani satın alma sıklığı* olarak tanımlandığı için bu çalışmada, 50’nin üzerinde toplam puana sahip olan müşterinin “Sadık (S)” müşteri, 50’nin altında toplam puanı olan müşterinin “Sadık Olmayan (\bar{S})” müşteri olarak tanımlanmasına karar verilmiştir. Örneğin, Tablo 9’da ilk sıradaki havuz müşterisi; vadesiz, vadeli, yatırım, kart, ödeme ve kanal ürünlerini kullanarak 62 puanla sadık müşteri grubunda yer almıştır. İkinci sıradaki birinci öncelikli müşteri ise; yalnızca vadesiz ve kanal ürünlerini kullanarak 25 puan ile sadık olmayan müşteri grubunda yer almıştır. Toplam 4.650 müşterinin kullandığı ürünler örnekte olduğu gibi incelenerek sadık müşterilerin toplam müşteriler içerisindeki oranı, % 18 olarak belirlenmiştir.

Tablo 9. Müşterilerin Sadakat Durumu Hesaplamasına İlişkin Bir Örnek

Bilet Önceliği	Verilme Zamanı	Çağırılma Zamanı	Bekleme Süresi	İşlem Süresi	Muhasebe Ekran Adı	BANKACILIK ÜRÜNLERİ							PUAN	SADAKAT	MESLEK	ÇALIŞMA DURUMU	YAŞ	İŞLEM SÜRESİ		
						Vadesiz (8)	Vadeli (5)	Yatırım (5)	Kredi (25)	Avans (5)	Kart (10)	Ödeme (17)							Sigorta (8)	Kanal (17)
H	08:51:36	08:52:39	00:01:03	00:04:23	Döviz / Efektif Alış-Satış Giriş / İptal	X	X	X			X	X		X	62	S	MEMUR	C	44-G	U
K	09:41:04	09:41:08	00:00:04	00:08:20	Döviz Havaleleri (Swift-Western Union)	X								X	25	Ş	EMEKLİ	Ç	66-Y	K

3.4.3 Müşterinin Yaşı

Yaşlılık, engellenmesi mümkün olmayan biyolojik, kronolojik ve sosyal yönleri bulunan bir süreçtir. İnsan ömrünün uzaması ve bunun sonucunda yaşlı nüfusun artması sebebi ile yaşlılık, günümüzde daha da önem kazanmıştır (Çunkuş vd., 2019: 59).

Dünya Sağlık Örgütü'ne göre ise yaşlılık; “Yaşamsal fonksiyonların sürekli azalması, tüm organizmanın verimliliğinde görülen azalma, çevresel faktörlere uyum sağlayabilme yeteneğinin azalmasıdır.”

Yaşlılık, yaşam süresince gelişme ve olgunlaşmayı takip eden genetik ve çevre arasındaki etkileşimin en üst seviyede görüldüğü fizyolojik ve ruhsal değişimlerin ortaya çıkması durumudur (Aslan ve Hocaoğlu, 2017: 53).

Yaşlılık göreceli bir kavram, yaşlanma ise devam eden bir süreçtir. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre yaşlılık sınıflandırmasında 65 yaş ve üstü, yaşlılık olarak tanımlanmakta olup yaş dilimlerine göre yaşlılık sınıflandırması şu şekildedir (Yılmaz, 2013: 25):

- 65-74 yaş - Genç Yaşlı
- 75-84 yaş - Orta Yaşlı
- 85 ve üstü - İleri Yaşlı

Türkiye'nin nüfus ve toplumsal yapısından kaynaklanan nedenlerle yaşlılık, henüz ülkemizde yaygın toplumsal sorun düzeyine çıkmamıştır. Ancak Dünya Sağlık Örgütü tarafından 2000 ile 2050 yılları arasında 60 yaş ve üzeri insan sayısının 2 katına çıkacağı tahmin edilmektedir. Başka bir deyişle 2050'de her 5 kişiden birisinin, 60 yaş veya üzeri olacağı düşünülmektedir (Yerli, 2017: 1278). Bu sebeple, gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de devamlı olarak artan yaşlı nüfusa yönelik sosyal hizmet çalışmaları çeşitlenerek artırılmalıdır. Böylece bu gruba daha iyi şartlar oluşturulması ve toplum

tarafından desteklenmesi, toplum tarafından da ilgi bekleyen yaşlı bireyin fiziksel ve psikolojik olarak iyilik halini olumlu etkileyecektir. Ayrıca itibar görererek yaşamak, her yaşlı bireyin hakkıdır. Yaşlıların yaşam kalitesinin artırılması, toplum ve devlet tarafından sunulan sosyal hizmetlerin uygunluğu ve etkinliğiyle mümkün olabileceği için bu çalışmada yaşlılara öncelik verilmesi düşünülmüştür.

Dünya Sağlık Örgütü'nün tanımı dikkate alınarak 65 yaş ve üstü, Yaşlı (Y), 65 yaşın altında olan müşteriler ise Genç (G) olarak analiz edilmiştir. Yaşlı müşterilerin toplam müşteriler içerisindeki oranı, % 30 olarak hesaplanmıştır.

3.4.4. Müşterinin Çalışma Durumu

Çalışmada, herhangi bir işyerinde çalışmakta olan ve zaman kısıtı nedeniyle çoğunlukla işyerinden izin alarak şubeye gelen müşteriler, Çalışan (C) müşteri olarak sınıflandırılmış olup çalışan müşterilerin toplam müşteriler içerisindeki oranı, % 45 olarak hesaplanmıştır.

Zaman kısıtı, çalışan müşteri kitlesine göre daha az olan hatta zamanı olduğu için internetten yapabileceği işlemler için bile şubeye gelmeyi göze alan emekli ya da çalışmayan müşteriler, çalışmayan (C̄) müşteri olarak sınıflandırılmış olup bu oran, çalışan müşteri oranından daha fazladır. Bu grup müşteri kitlesinin zamanı, çalışan müşteri grubu kadar sınırlı olmadığı için çalışan müşterilere öncelik verilmiştir.

3.4.5. Bankacılık İşlem Süreleri

Banka şubesinde yapılan işlemler, çalışan personelin hızına ve yapılan işlemin tutarına bağlı olarak değişiklik gösterse de her bir işlem ortalama belli bir zaman diliminde gerçekleştirilmektedir. Banka sisteminden alınan raporlarda, bankacılık işlemlerinin türü ve süreleri de bulunmaktadır. Çalışmanın kapsamında her bir bankacılık işleminin ortalama tamamlanma süreleri belirlenmiş olup Tablo 10'da listelenmiştir. Çalışmada ortalama süresi 4 dakika altında olan işlemler, "Kısa iş (K)", 4 dakika ve üzerinde olan işlemler ise "Uzun iş (U)" olarak tanımlanmıştır.

Tablo 10. Bankacılık İşlemleri ve Ortalama İşlem Süreleri

Bankacılık İşlemi	Ortalama Süre (dakika)
Para Yatırma	2,29
Para Çekme	2,59
Online Tahsilat / Kurum Tahsilat	3,29
Havale/Virman -TL	3,89
EFT	3,97
İnternet Bankacılığı / Bankkart (Başvuru Giriş- Yenileme- Bilgi Güncelleme)	4,56
Döviz / Efektif Alış- Satış Giriş / İptal	5,12
Hesap Açma Kapama	6,14
Döviz Havaleleri (Swift- Western Union)	6,45

Çalışmada bankacılık ürünleri işlem sürelerine göre kısa süreli işlemlere öncelik verilmiştir. Kısa süreli işlem yapan müşterilerin toplam müşteriler içindeki oranı, % 85 olarak hesaplanmıştır.

3.5. Modelin Kurulması

Çalışmada kurulan simülasyon modeli; gelişler ve hizmet süresi parametrelerine bağlıdır. Sürelerle ilgili banka sisteminden temin edilerek düzenlenen müşteri verisinden 14 adedi örnek olarak Ek 1’de sunulmuştur. Çalışmanın yapıldığı banka şubesinde, her biri aynı hizmeti sunan yani paralel hizmet veren hizmet birimleri söz konusudur. Tek kuyruklu paralel kanallı, sonsuz geliş kaynaklı, sonsuz kuyruk kapasiteli bir modeldir.

Gelişler arası sürelerle ilişkin veriler, kullanılabilir hale getirildikten sonra söz konusu verileri en iyi temsil edecek olan ve modele aktarılacak üzere ihtiyaç duyulan olasılık dağılımları hesaplanmıştır. Mevcut veri setinin dağılımını ve parametrelerini belirlemek amacıyla Arena 14.00 paket programının bir alt modülü olan Input Analyser uygulamasından yararlanılmıştır. Portföy, kitle ve havuz müşterilerinin gelişler arası sürelerinin en uygun Weibull dağılımına uyduğu; hizmet sürelerinin ise 2 banko için en uygun Weibull dağılımına, 2 banko için üstel dağılıma uyduğu görülmüştür. Dağılımların Arena 14.00 ekran görüntüleri, Ek 2 ve Ek 3’te yer almaktadır.

Kurulan modelin varsayımları şunlardır:

- Müşteriler, öncelikli hizmet kuyruk disiplinine göre hizmete alınır.
- Sistem, hafta sonu ve tatil günleri dışında sabah 9.00-12.30 ve öğleden sonra 13.30-17.00 saatleri arasında olmak üzere günde toplam 7 saat hizmete açıktır.
- Kuyruktaki müşteriler, bekleme süresinin uzun olması ya da başka nedenlerden dolayı sistemi terk edebilmektedir.
- Müşterilerin sisteme gelişleri, rastgeledir.
- Her biri aynı hizmeti sunan yani paralel hizmet veren çok kanallı hizmet birimleri söz konusudur.

Modelin karar değişkenleri, müşterilerin kuyrukta bekleme süreleri ve kaynakların kullanım oranlarıdır. Herhangi bir çalışma saatinde en az 3, en fazla 5 bankonun hizmet verebilmesinden dolayı banko sayısı (c), $3 \leq c \leq 5$ şeklindedir.

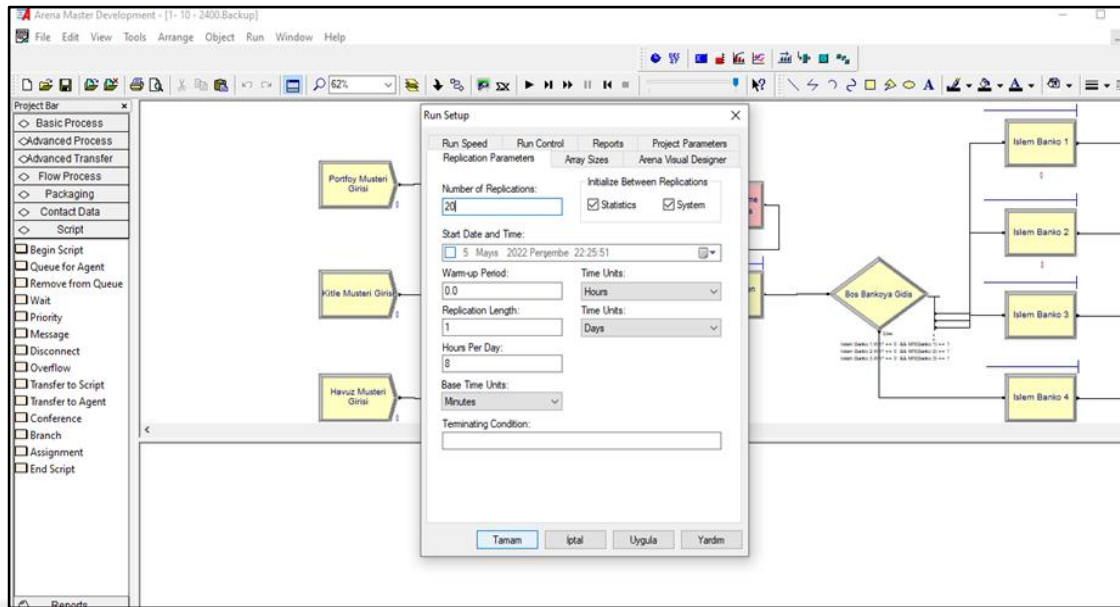
3.6. Modelin Doğrulanması

Simülasyonun bu aşamasında oluşturulan modelin doğru kurulup kurulmadığı, çalışıp çalışmadığı, çalışıyor ise nasıl çalıştığı yani gerçeği yansıtıp yansıtmadığı değerlendirilir. Bunu sağlamak için şu adımlar uygulanmıştır (Yalçın, 2009: 108):

- Program içerisinde Run-Check Up model sekmeleri ile model hatalara karşı kontrol edilmiş ve 'No errors or warning in model' diyalog kutusu ile modelin simülasyon kurulumu açısından herhangi bir hataya sahip olmadığı gözlenmiştir.
- Replikasyon süresi boyunca modelde oluşan animasyon izlenmiş, tespit edilen hatalar düzeltilmiştir.
- Program içerisinde oluşturulan grafik yapılar da değerlendirilmiş ve gerçeği yansıttıkları tespit edilmiştir.

3.7. Modelin Çalıştırılması

Simülasyon yapmak üzere kurulan modeli çalıştırmak için öncelikle replikasyon (yineleme) sayısı (number of replications), replikasyon uzunluğu (replication length) ve günlük çalışma süresi (hours per day) tanımlanmıştır. Şekil 21'de görüldüğü gibi replikasyon sayısı 20, replikasyon uzunluğu 1 ve günlük çalışma süresi 8 saattir.



Şekil 21. Replikasyon Parametrelerinin Tanımlanması

3.8. Analizler

Simülasyon modeli ile analizler yapılmadan önce mevcut hizmet sistemi, bekleme hattı modeli ile analiz edilmiştir. Bunun için ki-kare uyum iyiliği testi yapılarak gelişlerin Poisson ve hizmet sürelerinin üstel dağılıma uyduğu varsayımı ile 4 bankolu, öncelik ilişkisi dikkate alınmadan FIFO kuyruk disiplininin uygulandığı sonsuz geliş kaynaklı ve sonsuz kuyruk kapasiteli bir $(M/M/4):(FIFO/\infty/\infty)$ bekleme hattı modeli tanımlanmıştır. Geliş oranı (λ), 45 müşteri/saat ve hizmet oranı (μ), 25 müşteri/saat olmak üzere, Bölüm 1.5.2’de sonsuz kuyruk kapasiteli çok kanallı bekleme hattı modelleri için verilen formüller kullanılarak sistem karakteristikleri hesaplanmıştır. Sistem performans özeti, Tablo 11’de görülmektedir.

Tablo 11. Sistem Performans Özeti

Sistemin doluluk oranı (ρ)	% 45
Sistemde müşteri bulunmama olasılığı (P_0)	% 16
Kuyrukta ortalama müşteri sayısı (L_q)	0,1052 kişi
Sistemde ortalama müşteri sayısı (L_s)	1,9052 kişi
Kuyrukta ortalama bekleme süresi (W_q)	0,0023 saat
Sistemde ortalama bekleme süresi (W_s)	0,0423 saat
Sisteme gelen bir müşterinin bekleme olasılığı (P_w)	% 13

Geliş oranı ve hizmet oranı bilindiğinde sistem karakteristikleri hesaplanabilir ancak bu, zor ve zaman alıcı bir süreçtir. Bu hesaplamalar, paket programlar ile yapılabilir de bekleme hattı modelleri, belirli varsayımlar altında geçerli olup tüm bekleme hattı sistemlerini kapsamaz. Gerçek, daima teoriden farklıdır. Tüm bekleme hattı sistemlerine uygulanabilecek genel bir model yoktur. Ayrıca karşılaşılan büyük problemlerde değişken ve kısıt sayısının çok fazla olması, hesaplamada birtakım zorluklara sebep olmaktadır. Bekleme hattı sistemlerinin çok karmaşık ya da özelliklerinin bekleme hattı modellerinden birine uymadığı durumlarda, bekleme hattı sistemlerinin incelenmesinde analitik çözüm yöntemleri, problemi açıklamakta yetersiz kalmaktadır. Bu durumda simülasyon ile model geliştirilmesi tercih edilir.

Mevcut sistem için tanımlanan (M/M/4):(FIFO/∞/∞) bekleme hattı modeli, sistemin karmaşık yapısını ve öncelikli kuyruk disiplini dikkate almamaktadır. Dolayısıyla Tablo 11'deki performans özeti, mevcut durumu yeterince yansıtamamaktadır. Tüm bu sebeplerden dolayı farklı önceliklendirme kriterlerinin de söz konusu olduğu bu tez çalışmasında, sistemin gerçek davranış ve özelliklerini daha iyi yansıtabilmesi amacıyla simülasyon modeli kullanılmıştır.

Optimal kuyruk yönetim yapısına ulaşabilmek amacı ile sadece tek kriter (çalışma büyüklüğü) öncelikli hizmet kuyruk disiplini ile çalışan mevcut durum, beş kriter (çalışma büyüklüğü, sadakat, yaş, çalışma durumu ve işlem süresi) öncelikli hizmet kuyruk disiplini ile oluşturulmuş senaryo ve belli bir kuyruk sınırına ulaşıldığında dördüncü bankonun açıldığı senaryo analiz edilmiştir. Mevcut durum ve iki farklı senaryo için oluşturulan modellerin simülasyon koşullarının rapor sonuçları sırasıyla; Ek 4, Ek 5 ve Ek 6'da gösterilmiştir.

Ayrıca çalışmanın yapıldığı dönemde, 2019 yılı aralık ayında Çin'in Wuhan kentinde ortaya çıkarak tüm dünyaya yayılan, ülkemizde de ilk olarak 10 Mart 2020 yılında görülen COVID-19 pandemisinin bekleme sürelerine etkisi analiz edilmiş, rapor sonuçları ise Ek 7'de gösterilmiştir.

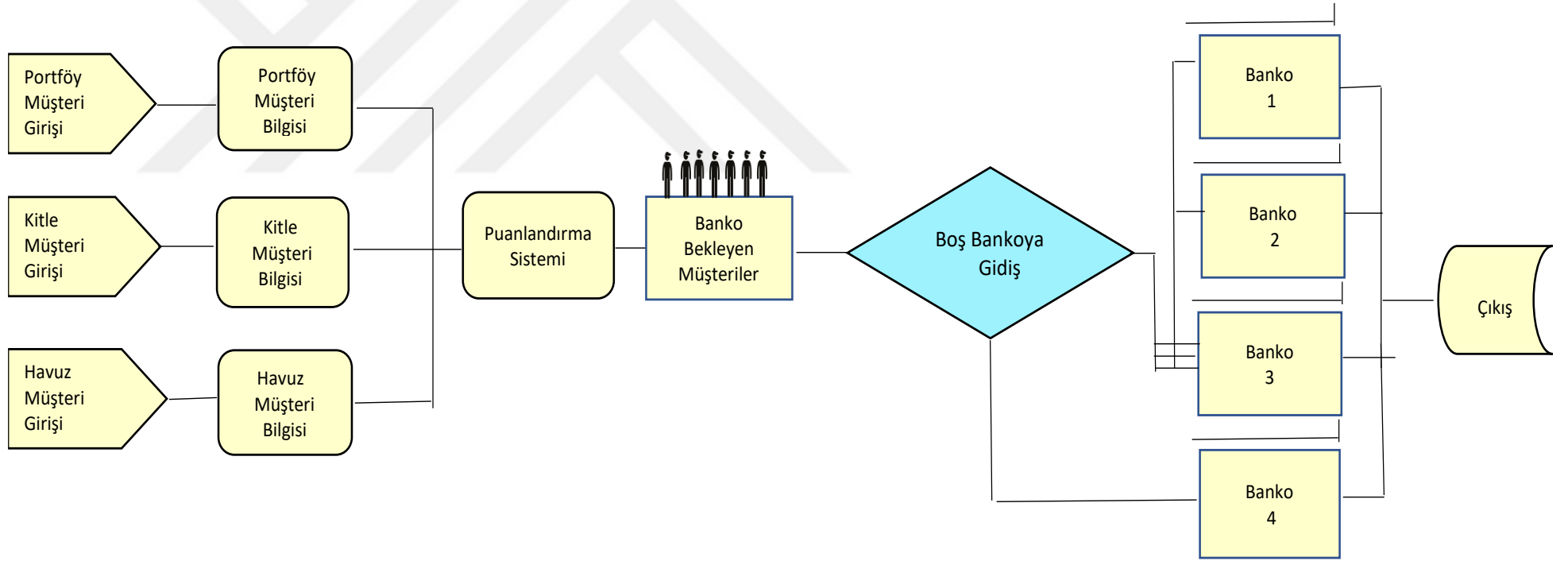
3.8.1. Mevcut Durum: Tek Kriter Öncelikli Hizmet Modeli

Gelişler, “portföy”, “kitle” ve “havuz” olmak üzere üç ayrı geliş kaynağı ile yönetilerek sisteme giren varlıkların başlangıç noktası oluşturulmuş, gelişler arası sürelerle ilişkin olasılık dağılımları tanımlanmıştır.

Daha sonra, öncelik puanları sisteme tanımlanarak puanı yüksek olan müşterinin kuyruğun önüne geçmesi sağlanmıştır. Sisteme giriş yapan varlıkların nitelikleri belirlenmiş, değişkenlerin varlık özelliklerine ve varlık tiplerine göre değer atamaları yapılmıştır. Mevcut modelde en yüksek puan sırasıyla portföy müşterisine (3 puan), daha sonra kitle müşterisine (2 puan) ve havuz müşterisine (1 puan) verilmiştir. Sistemin öncelikli hizmet kuyruk disiplini ile çalışmasını sağlayan giriş tanımlanmıştır.

Şubede müşteriler, 4 banko personeli ile hizmet almakta, sistem tarafından molada olmayan banko görevlisine öncelik puanı dikkate alınarak gelen müşteri yönlendirilmektedir. Personelin çalışma süreleri, İş Kanunu çalışma mevzuatında belirtildiği gibi günde 1 saat dinlenme, 1 saat yemek molasını kapsayacak ve molalar birbirleri ile çakışmayacak şekilde çizelgelendirilmiştir. Personel performanslarının farklı olduğu gerçeği dikkate alınarak her bir bankoya ilişkin işlem sürelerinin olasılık dağılımları ayrı ayrı belirlenmiştir.

Model çalıştırıldığında, birinci öncelikli yani portföy müşterisinin kuyrukta ortalama 4,49 dakika, ikinci öncelikli yani kitle müşterisinin kuyrukta ortalama 5,78 dakika ve havuz müşterisinin kuyrukta ortalama 6,74 dakika beklediği, personel kullanım oranlarının ise sırasıyla % 69, % 54, % 43 ve % 39 olduğu görülmüştür. Mevcut durumda uygulanmakta olan sistemin Arena 14.00 paket programı ile oluşturulan simülasyon modeli, Şekil 22 ile gösterilmiştir.



Şekil 22. Mevcut Durum Arena Simülasyon Modeli

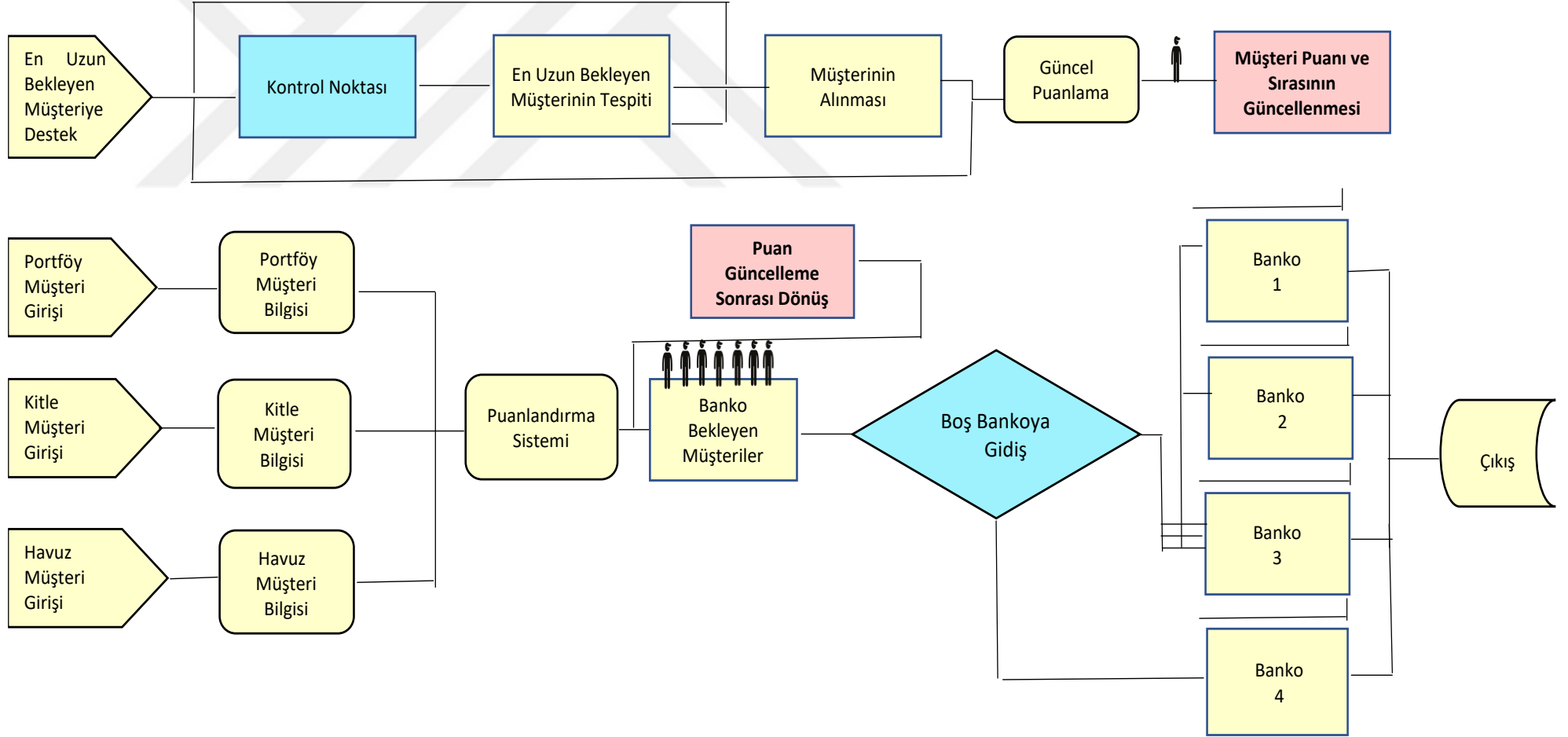
3.8.2. Senaryo 1: Beş Kriter Öncelikli Hizmet Modeli

Mevcut durumda yalnızca tek bir kriter için öncelik ataması yapılmıştır. Senaryo 1’de ise müşterilerin beş ayrı kritere göre öncelik tanımlamaları yapılarak yeni bir model oluşturulmuştur. Önceliklendirmede en yüksek puan tanımlaması sadık müşteriye (5 puan) yapılmıştır. Daha sonra sırasıyla yaşlı müşteri (4 puan), çalışan müşteri (3 puan) ve kısa işleme sahip müşteri (2 puan) olmak üzere puan tanımlamaları yapılmıştır. Model, dinamik bir yapıda tasarlanmıştır. Bankanın finansal takvimi ve belirli dönemlerdeki stratejileri doğrultusunda yeni bir model tasarlamaya gerek kalmaksızın yalnızca öncelikli kriterleri ve/veya bu kriterlerin alacakları öncelikli puanlar değiştirilerek aynı model üzerinden farklı hedeflere ulaşılması sağlanabilecektir. Ayrıca Bölüm 3.4’te hesaplanan % 18 “sadık”, % 45 “çalışan”, % 30 “yaşlı” % 85 “kısa işlem yapan” müşteri oran tanımlamaları, modele girilmiştir.

Hiçbir önceliğe sahip olmayan müşterilerin uzun süre beklemeleri söz konusu olabilmektedir. Bu konudaki mağduriyeti önlemek amacıyla en uzun bekleyen müşteriye belirlenen sürelerde puan takviyesi (1 puan) yapılmıştır. Bu sistemde, mevcut zaman ile tüm müşterilerin sisteme girmiş olduğu zaman arasındaki fark hesaplanarak en uzun süre beklemiş olan müşteri tespit edilmektedir. Puan takviyesi yapılan müşteri, ‘banko bekleyen müşteriler’ modülüne güncellenmiş yeni puanı ile birlikte dönüş yapmaktadır. Böylece tüm müşterilerin, tahammül edilebilir sürelerde kuyrukta beklemeleri sağlanmaktadır. Arena 14.00 paket programı ile oluşturulmuş simülasyon modeli, Şekil 23’te gösterilmiştir.

Model çalıştırıldığında, birinci öncelikli müşterinin ortalama 3,98 dakika, ikinci öncelikli müşterinin ortalama 4,96 dakika ve havuz müşterisinin ortalama 5,52 dakika beklediği, personel kullanım oranlarının ise sırasıyla % 67, % 51, % 40 ve % 35 olarak gerçekleştiği görülmüştür. Bankanın stratejileri doğrultusunda öncelikli hizmet kuyruk disiplini ile üç ayrı müşteri grubunun da mevcut sisteme kıyasla daha az beklediği görülmüştür. Daha az bekleme sürelerine ulaşarak müşteri tatmini sağlanmış ve sistem iyileştirilmiştir. Ancak personelin kullanım kapasitelerinin istenilen seviyede artmadığı görülmüştür. Bu nedenle banko sayısını değiştirerek tasarlanacak ikinci bir senaryoya ihtiyaç duyulmuştur.

En Uzun Süre Bekleyen Müşteriye Puan Takviyesi Sisteminin Takibi



Şekil 23. Senaryo 1 Arena Simülasyon Modeli

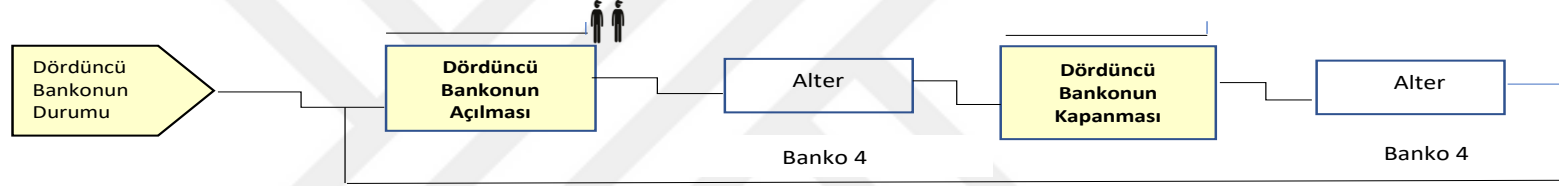
3.8.3. Senaryo 2: Dördüncü Bankonun Belli Bir Kuyruk Sınırlarında Açıldığı Beş Kriter Öncelikli Hizmet Modeli

Bu senaryo, Bölüm 3.8.2'deki Senaryo 1 ile aynı çalışma disiplinine ve öncelik yapısına sahip olup sadece banko sayısı farklıdır. 4 banko ile çalışılan Senaryo 1'de, banko sayısının 3'e düşürülmesi durumunda bekleme süreleri artacak, 5'e çıkarılması durumunda ise kaynak kullanım oranları daha da düşecektir. Önerilen senaryo, dördüncü bankonun kuyrukta bekleyen müşteri sayısı, belli bir sınıra ulaşıncaya açılması ve müşteri sayısı azalınca tekrar kapanmasını sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu durumda söz konusu personel, bankonun açık olmadığı sürede diğer operasyonel işlerini yapabilecektir. Bu senaryoda müşteri yoğunluğu arttığı zaman dördüncü banko açıldığı için hem personel zamanından tasarruf sağlanmış hem de diğer 3 personelin faydalı kullanım oranları artırılarak âtil zamanları azaltılmış olacaktır. Dördüncü bankonun açılması için kuyruk sınırı "10" olarak belirlenmiş ve gerekli tanımlamalar yapılmıştır. Kuyrukta bekleyen müşteri sayısı 10'a ulaşıncaya açılan dördüncü banko, kuyrukta bekleyen müşteri sayısı belirlenen sınırın yarısına düşünce kapanacak şekilde modül tasarlaması yapılmıştır. Varlık bir sinyal için yani belirlenmiş bir halin doğru olması için tutulduğundan, hal doğru oluncaya kadar modülde kalmasını ve bir sonraki modüle geçmek için izin verilmesini sağlayan atamalar tanımlanmıştır.

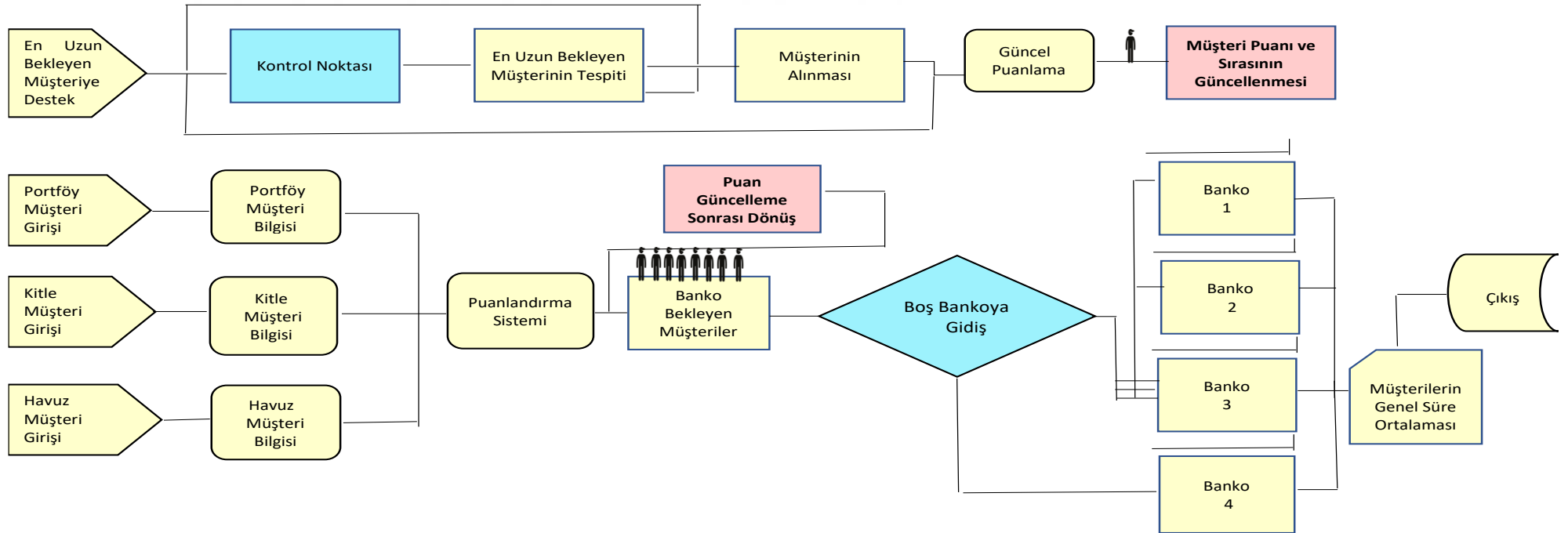
Model çalıştırılınca birinci öncelikli müşterinin kuyrukta ortalama 2,89 dakika, ikinci öncelikli müşterinin kuyrukta ortalama 3,68 dakika ve havuz müşterisinin kuyrukta ortalama 3,97 dakika beklediği, personel kullanım oranlarının ise sırasıyla % 81, % 70 ve % 60 olduğu, dördüncü bankonun tam kapasite ile çalıştığı görülmüştür.

Bu senaryoda, bankanın hedef ve stratejileri doğrultusunda müşteri memnuniyeti sağlanmış, bekleme sürelerindeki düşüş ve kaynak kullanım oranlarındaki artış sayesinde sistemin iyileştirilmesi mümkün olmuştur. Bu nedenle Senaryo 2, optimal senaryo olarak önerilmektedir. Şekil 24'te Senaryo 2'ye ilişkin sistemin Arena 14.00 paket programı ile oluşturulan simülasyon modeli yer almaktadır.

Dördüncü Bankonun Açılma-Kapanma Durumunun Takibi



En Uzun Süre Bekleyen Müşteriye Puan Takviyesi Sisteminin Takibi



Şekil 24. Senaryo 2 Arena Simülasyon Modeli

3.8.4. Covid 19 Pandemi Dönemi için Oluşturulan Model

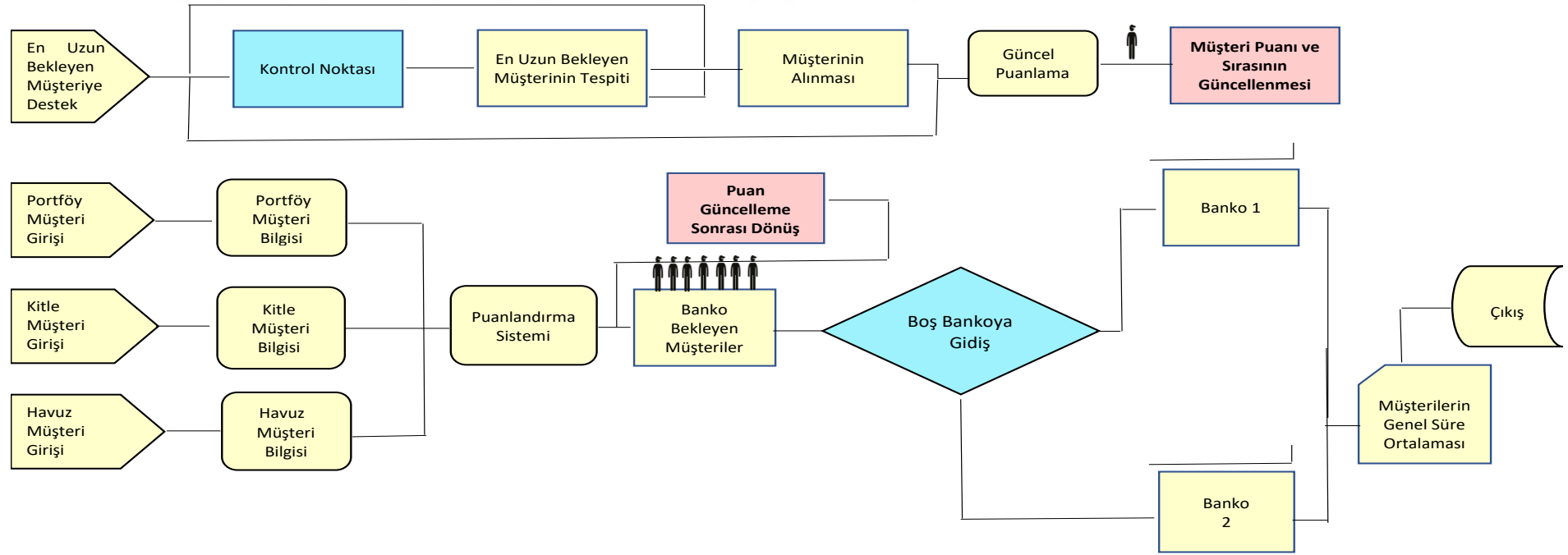
Bu bölümde, pandemi döneminin banka şubesinin bekleme sürelerine etkisini incelemek amacıyla yeni bir analiz yapılmıştır. 65 yaş üstünün 10:00-13:00 saatleri arası, 20 yaş altının ise 13:00-16:00 arasında dışarı çıkmalarına izin verildiği ve ikinci dalganın yaşandığı 04 Aralık-31 Aralık 2020 tarihleri arasındaki rastgele 10 işgününe ait müşteri gelişleri incelenmiştir. Müşteri gelişleri ve işlem sürelerine ilişkin yeni olasılık dağılımları hesaplanarak modelde tanımlamaları yapılmıştır. Personelin yarısının izne çıkarıldığı bu dönemde, banko sayısı 2'ye düşürülmüştür. Pandemi döneminde gelişler arası sürelerin Weibull dağılımına, hizmet sürelerinin ise üstel dağılıma uyduğu görülmüştür.

Model çalıştırıldığında birinci öncelikli müşterinin kuyrukta ortalama 5,37 dakika, ikinci öncelikli müşterinin kuyrukta ortalama 9,21 dakika ve havuz müşterisinin kuyrukta ortalama 13,85 dakika beklediği görülmüştür. Müşteri gelişleri azalmadığı için bekleme süreleri artmış, 2 banko da çizelgede belirtilen molalar dışında tam kapasitede çalışmıştır. Şekil 25'te pandemi dönemine ilişkin sistemin Arena 14.00 paket programı ile oluşturulan simülasyon modeli yer almaktadır.

İkinci Bankonun Açılma-Kapanma Durumunun Takibi



En Uzun Süre Bekleyen Müşteriye Puan Takviyesi Sisteminin Takibi



Şekil 25. Pandemi Dönemi Arena Simülasyonu Modeli

Bölüm 3.8’de mevcut durum ve oluşturulan iki senaryo ile pandemi dönemine ait modellerin performans sonuçları özetlenmiştir. Tablo 12’de kuyrukta bekleme sürelerine ilişkin sonuçlar, Tablo 13’te kaynak kullanım oranları ve Tablo 14’te ise kuyrukta bekleyen müşteri sayılarına ilişkin sonuçlar yer almaktadır.

Tablo 12. Kuyrukta Bekleme Sürelerine İlişkin Sonuçlar (dakika)

	Mevcut Durum		Senaryo 1		Senaryo 2		Pandemi	
	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.
Portföy Müşterisi	4,49	58,33	3,98	60,98	2,89	44,84	5,37	54,95
Kitle Müşterisi	5,78	70,17	4,96	64,11	3,68	44,57	9,21	61,11
Havuz Müşterisi	6,74	73,60	5,52	68,23	3,97	49,89	13,85	74,84

Tablo 13. Kaynak Kullanım Oranları (%)

	Mevcut Durum	Senaryo 1	Senaryo 2	Pandemi
Banko 1	69	67	81	100
Banko 2	54	51	70	100
Banko 3	43	40	60	-
Banko 4	39	35	100	-

Tablo 14. Kuyrukta Bekleyen Müşteri Sayısına İlişkin Sonuçlar (adet)

	Mevcut Durum		Senaryo 1		Senaryo 2		Pandemi	
	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.	Ort.	Maks.
Kuyrukta Bekleyen Müşteri Sayısı	3,95	55	3,14	46	2,34	35	9,55	35

Tablo 12-14 incelendiğinde mevcut durum ve iki senaryoya ilişkin modeller arasında en iyisi, ikinci senaryoya ait oluşturulan modeldir. Pandemi dönemi, özel bir durum olduğu için bu döneme ait oluşturulan model, diğer modellerle yapılan karşılaştırmaya dahil edilmemiştir. İlgili banka şubesine önerilen ikinci senaryo ile mevcut durum kıyaslandığında; sağlanan iyileşmeler şu şekildedir:

- Müşteri ortalama bekleme süreleri; portföy, kitle ve havuz müşterileri bazında sırasıyla % 36, % 36 ve % 41 oranında, maksimum bekleme süreleri ise sırasıyla % 23, % 36 ve % 32 oranında düşmüştür.

- Personel kaynak kullanım oranları sırasıyla % 17 % 30, % 40 ve % 156 oranında artmıştır.
- Kuyrukta bekleyen ortalama müşteri sayısı % 41, maksimum müşteri sayısı % 36 oranında düşmüştür.

Söz konusu iyileşmeler; sırasıyla Tablo 15, Tablo 16 ve Tablo 17’de özetlenmiştir.

Tablo 15. Kuyrukta Bekleme Sürelerine İlişkin İyileşme Sonuçları

	Ortalama Bekleme Süresi			Maksimum Bekleme Süresi		
	Mevcut (dakika)	Önerilen (dakika)	İyileşme (%)	Mevcut (dakika)	Önerilen (dakika)	İyileşme (%)
Portföy Müşterisi	4,49	2,89	36	58,33	44,84	23
Kitle Müşterisi	5,78	3,68	36	70,17	44,57	36
Havuz Müşterisi	6,74	3,97	41	73,60	49,89	32

Tablo 16. Kaynak Kullanım Oranlarına İlişkin İyileşme Sonuçları

	Kaynak Kullanım Oranları		
	Mevcut Senaryo (%)	Önerilen Senaryo (%)	İyileşme (%)
1. Banko	69	81	17
2. Banko	54	70	30
3. Banko	43	60	40
4. Banko	39	100	156

Tablo 17. Kuyrukta Bekleyen Müşteri Sayısına İlişkin İyileşme Sonuçları

	Ortalama Müşteri			Maksimum Müşteri		
	Mevcut (adet)	Önerilen (adet)	İyileşme (%)	Mevcut (adet)	Önerilen (adet)	İyileşme (%)
Kuyrukta Bekleyen Müşteri Sayısı	3,95	2,34	41	55	35	36

SONUÇ

Müşterilerin şubelerden hizmet alırken uzun süre bekleme, bankacılık hizmetlerine yönelik şikayetlerin başında gelmektedir. Bu durumda müşterinin bekletilmesinden kaynaklanan zaman kaybının; müşteri tatmini ve işletme imajı üzerinde oldukça olumsuz etkisi bulunmaktadır. Rekabetin yoğun bir şekilde yaşandığı bankacılık sektöründe müşterilerde algılanan hizmet kalitesinin azalması, işletmelerin potansiyel müşterilerini kaybetmelerine ve işletme kârlılığının azalmasına neden olmaktadır. Araştırmalara göre sadece % 14 oranındaki müşteri grubu, ürünlerde yaşadığı sıkıntı nedeniyle işletmeyi terk ederken, % 65 oranındaki müşteri grubu hizmet veren çalışanları kayıtsız bulduğundan ya da fazla sıra beklediğinden dolayı işletmeyi terk etmektedir (Tüfekçi vd., 2006: 173).

İşletmelerin kârlılık seviyelerini gösteren geleneksel performans göstergelerinin yerini, günümüzde teknolojinin kullanımı, sunulan mal ve hizmetin kalitesi, müşterinin tatmini ve memnuniyeti gibi ölçülmesi ve modellenmesi zor ölçütler almıştır. Bunun için işletme tarafından yapılması gereken; müşteriye değer sunmak, onlarla uzun süreli ve güven esasına dayalı ilişkiler kurmaktır. Çalışmanın da ana konusu olan hizmet sektöründe zaman faktörü, müşteri memnuniyetinin merkezinde değerlendirilen oldukça önemli bir unsur, aynı zamanda kalite kavramının önemli bir bileşeni olarak değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada, bir banka şubesine ait müşterilerin bekleme süreleri ve hizmet sunan personelin âtil zamanlarını minimuma indirecek, aynı zamanda banka hedef ve stratejilerini gerçekleştirmeye yönelik kapasite düzeyini belirleme problemi, bekleme hattı teorisi ile ele alınmıştır. Bekleme hattı sistemlerinin iyileştirilmesine yönelik farklı senaryoların uygulamalı analizi yapılmıştır. Önceliklendirmede yalnızca müşteri gelişlerini dikkate alan çalışmalardan farklı olarak, yapılan çalışmanın literatürdeki farkını ortaya koymak amacıyla müşteriler önceden belirlenen farklı kriterlere göre önceliklendirilerek bekleme süreleri iyileştirilmiş, müşteri memnuniyeti arttırılmıştır.

Uygulaması yapılan şube, sabah 9.00'da hizmete başlamakta, 12.30-13.30 arası öğle tatili yapmakta ve 17.00'da hizmete kapanmaktadır. Müşterilerin banka şubelerine gelmeleri, tamamen rastgeledir. Tek tek veya gruplar halinde olabilmekte ve günün saatlerine göre değişiklik göstermektedir. Gelen ve kuyrukta bekleyen müşterilere bir sınırlama söz konusu olmadığı için sistem, sonsuz geliş kaynaklı ve sonsuz kuyruk kapasitelidir. Öncelikli kuyruk disiplini uygulanmakta olup tek kuyruklu her biri aynı hizmeti sunan paralel kanallı 4 banko mevcuttur. Müşterilerin banka şubelerine gelişler

arası sürelerinin Weibull dağılımına, hizmet sürelerinin 2 banko için Weibull dağılımına, 2 banko için ise üstel dağılıma uyduğu görülmüştür.

Uygulamanın bilgisayar ortamında işletilmesinde Siman özel amaçlı bilgisayar dilini taban olarak kullanan Arena 14.00 paket programından yararlanılmıştır. Çalışmada özel amaçlı bir simülasyon dilini taban olarak kullanan bir paket programının kullanılma gereği, programın gerçekleşmesi ve modelin doğrulanmasını kolaylaştırması durumlarından kaynaklanmaktadır. Özel amaçlı simülasyon dilleri arasından Siman simülasyon dilinin seçilmesinin nedeni ise en gelişmiş özel amaçlı simülasyon dillerinden biri olmasıdır.

Senaryoların çalışma şekli ve kuyruk disiplinde kullanılan öncelik kriterleri değişince sistem performansının da değiştiği ortaya konulmuştur. Mevcut uygulamada 4 banko çalışanı görev yapmakta, çalışma büyüklüğü dikkate alınarak müşterilerin öncelikli sıraya sahip olmaları sağlanmaktadır. Ancak müşterilerin uzun bekleme sürelerinden dolayı şikâyetler söz konusu olmakta, bekleme holündeki yoğunluk personel üzerinde psikolojik baskı oluşturmaktadır.

Bekleme sürelerini iyileştirmek ve banka hedeflerine ulaşmak amacıyla iki farklı alternatif senaryo için geliştirilen bekleme hattı modellerinin bekleme süreleri ve kaynak kullanım oranları açısından simülasyonu yapılmıştır. Mevcut uygulama, beş kriterin kullanıldığı öncelikli hizmet kuyruk disiplini ile oluşturulmuş birinci senaryo, dördüncü bankonun belli bir kuyruk sınırına ulaşıldığında açıldığı ikinci senaryo ve pandemi dönemi için oluşturulan dört ayrı model ve sonuçları analiz edilmiştir. Pandemi dönemi, özel bir durum olduğu için bu döneme ait oluşturulan model, sadece bu dönemdeki sonuçları görmek amacıyla raporlanmış olup karşılaştırmaya dahil edilmemiştir.

Yapılan analizler sonucu, mevcut sistem iyileştirilmiş ve ikinci alternatif senaryo için oluşturulan model, en uygun bekleme hattı modeli olarak önerilmiştir. Müşterilerin ortalama bekleme süreleri portföy, kitle ve havuz müşterileri bazında sırasıyla % 36, % 36 ve % 41 oranlarında düşmüştür. Personel kaynak kullanım oranları sırasıyla % 17, % 30, % 40 oranlarında artmıştır. Dördüncü bankonun tam kapasite ile çalışması sağlanmıştır. Kuyrukta bekleyen ortalama müşteri sayısı ise % 41 oranında düşmüştür.

Kuyruk beklemeleri; sunulan hizmete ilişkin kalite algısını, müşteri sadakatini ve işletme imajını olumsuz yönde etkilediği için işletmelerin müşteri bekleme sürelerini optimal düzeye indirmeleri önerilmektedir. Özellikle sektördeki yoğun rekabet göz önüne alındığında, müşteri memnuniyeti ve müşteri sadakati oluşturmanın önemi daha açık bir

şekilde ortaya çıkmaktadır. Beklemelerin azaltılması, işletmenin hizmet kalitesini arttıracak gibi daha fazla müşteriye hizmet verebilme olanağı sunacağı için kârlılıklar da artacaktır. Hizmet sistemlerinin etkinliğini ölçmek, varsa problemleri ve bu problemlerin kaynağını belirleyerek çözüme kavuşturan çalışmaların sektördeki işletmeler için referans olacağı düşünülmektedir. İşletmelerin de uygun bir bekleme hattı modeli ile hizmet sistemlerini analiz etmeleri ve iyileştirmeleri önerilmektedir.

Banka yöneticilerinin konu ile ilgili alacağı kararlarda bu tez çalışmasının ve yapılan analizlerin faydalı olacağı düşünülmektedir. Ancak banka şubesinden alınan verilerin 10 iş günü ile sınırlı olması, araştırmanın bir kısıtı olarak kabul edilmektedir. Veri sayısı artırılarak, modelin güvenilirliği artırılabilir. İşletmenin amaç ve stratejileri doğrultusunda müşteri öncelik kriterleri ve bu kriterlere atanan öncelik puanlarının değiştirilmesi ile farklı işletme hedeflerine ulaşılabilir. Analizlere kuyruktan kaçınma veya kuyruktan ayrılmalardan dolayı ortaya çıkan maliyetlerin eklenmesi, işletmenin hizmet maliyetleri ile ilgili detaylı bilgilerin elde edilmesini sağlayacaktır.

Çalışmada tüm çalışanların, aynı oranda ve aynı özveri ile çalışmadıkları bilindiği için her birinin işlem süreleri ayrı ayrı analiz edilmiş ve olasılık dağılımları ayrı ayrı hesaplanarak sisteme giriş yapılmıştır. Ödüllendirme sistemi gibi performans destekleyici sistemler kullanılarak çalışanların performansı artırılabilir Böylece işlem süreleri, dolayısıyla bekleme süreleri azaltılabilir. Pandemi gibi olağan dışı dönemlerde randevu sistemi ile çalışarak bekleme süreleri düşürülebilir. Algılanan bekleme süresinin hissedilen olumsuz etkilerini azaltmak için çeşitli yöntemler uygulanabilir. Örneğin müşteri bekleme holünde, haber panosu veya televizyon yayını gibi yöntemlerle bekleme zamanlarını daha verimli geçiren müşterilerin sızlanmaları azaltılabilir. Belirsiz bekleme süreleri, belirli olanlara göre daha uzun hissedildiği bilindiği için (Maister, 1985), beklemeye maruz kalanlar bekleme süresinin ne kadar olacağı konusunda bilgilendirildiğinde bekleme stresleri azaltılabilir ve beklemeyi daha kısa süre olarak algılayabilir. Bankaya duyulan güvenin ve uzun süreli memnuniyetin artacağı düşünülerek, müşterilere ne kadar bekleyecekleri hakkında bilgi veren ve bu beklemenin nedenlerini açıklayan bir sistem kurulabilir.

KAYNAKLAR

- Abusair, M., Sharaf, M., Hamad, T., Dahman, R. ve AbuOdeh, S. (2021, March). "An Approach for Queue Management Systems of Non Critical Services", *7th International Conference on Information Management*, 167-171.
- Adan, I. J., Boxma, O. J. ve Resing, J. A. C. (2001). "Queueing Models with Multiple Waiting Lines", *Queueing Systems*, 37/1, 65-98.
- Aebersold, M. (2016). "The History of Simulation and Its Impact on The Future", *AACN Advanced Critical Care*, 27/1, 56-61.
- Akarçay A. E. (2008). *Hizmet Üreten Sistemlerde Bekleme Hattı (Kuyruk) Modeli ve Bir Uygulama*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat.
- Akgün, H. ve Kılıçarslan, Ü. M. (2021). Merkezi Hekim Randevu Sistemi ve Rndevusuz Hastaların Bekleme Sürelerine Yönelik Çalışma: Bir Kamu Hastanesi Örneği, *Winter 2021*, 13/49, 112-121.
- Aksaraylı, M., Kıdak, L. B. ve Güneş M. (2009). "Sağlık İşletmelerinde Yatak Kullanım Etkinliğinin Benzetim Yoluyla Optimizasyonu: Bir Eğitim ve Araştırma Hastanesi" *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1-21.
- Alagöz, M. A. (2013). *Kamu Hastanelerinde Kuyruk, Randevu Sistemleri: Merkezi Hastane Randevu Sistemi*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Beykent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Albright, S. C., Winston, W. L., Zappe, C. J. ve Broadie, M. N. (2011). *Data Analysis and Decision Making* (Vol. 577), South-Western/Cengage Learning.
- Al-Jumaily A. S. ve Al-Jobori H. K. (2011). "Automatic Queuing Model for Banking Applications, *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*", 2/7, 11-15.
- Al-Refaie, A., Fouad, R. H., Li, M. H. ve Shurrab, M. (2014). "Applying Simulation and DEA to Improve Performance of Emergency Department in a Jordanin Hospital", *Simulation Modelling Practice and Theory*, 59-72.
- Aniyeri, R ve Nadar, R. (2018). "Passengers Queue Analysis in International Airports Terminals in Kerala Using Multiphase Queuing System", *International Journal of Mathematics in Operational Research*, 12/1, 1-30.
- Antonides, G., Verhoef, P. C. ve Van Aalst, M. (2002). "Consumer perception and evaluation of waiting time: A field experiment", *Journal of consumer psychology*, 12/3, 193-202.

- Arslan, F. (2011). *Hastaneye Muayene İçin Gelen Hastaların Bekleme Süreleri ile İlgili Kuyruk Modelleri ve Analitik Bir Uygulama*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Haliç Üniversitesi, İstanbul.
- Aslan, E. ve Özderir, N. (2021). “Bir Üniversite Öğrenci Yemekhanesinde Simülasyon Uygulaması”, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18/2, 965-978.
- Aslan, M. ve Hocaoğlu, Ç. (2017). “Yaşlanma ve Yaşlanma Dönemiyle İlişkili Psikiyatrik Sorunlar”, *Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7/1, 53-62.
- Augustine, A. (2013). “Queuing Model as a Technique of Queue Solution in Nigeria Banking Industry”, *Developing Country Studies*, 3/8, 188-195.
- Aydın, G. (2008). *Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHS) ve Bir Sanayi İşletmesinde Uygulanması*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Kocaeli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Aydın, K., (2007). *İstanbul Deniz Otobüsleri Seferlerinin Simülasyon Yardımıyla Planlanması*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Azad, T. (2020). “Performance Improvements Using Multi Server Queuing Model by Reducing Customer Wait”, *Research Journal of Management*, 9/1, 1-10.
- Baessler, F. F., Jahnsen, H. ve DaCosta, M. (2003). “The Use of Simulation and Design of Experiments for Estimating Maximum Capacity in an Emergency Room”, *In Winter Simulation Conference*, 2/1, 1903-1906.
- Bakari, H. R., Chamalwa, H. A. ve Baba A. M. (2014). “Queuing process and its application to customer service delivery” (A case study of Fidelity Bank Plc, Maiduguri). *International Journal of Mathematics and Statistics Invention*, 14-21.
- Balakrishnan, K. (2019). *Exponential Distribution: Theory, Methods and Applications*, Routledge.
- Banks, J. (1998). *Principles of Simulation*. Handbook of simulation: Principles, methodology, advances, applications, and practice.
- Banks, J. (2005). *Discrete event system simulation*, Pearson Education India.
- Bayuk, M. N. ve Küçük, F. (2007). “Müşteri Tatmini ve Müşteri Sadakati İlişkisi”. *Marmara Üniversitesi İİBF Dergisi*, 22/1, 285-292
- Beaverstock, M., Greenwood, A., Lavery, E. ve Nordgren, W. (2011). *Applied Simulation. Modeling and Analysis using Flexsim*, Flexsim Software Products, Inc., Canyon Park Technology Center, Orem, USA.

- Berhan E. (2015). "Bank Service Performance Improvements using Multi-Sever Queue System", *IOSR Journal of Business and Management*, 65-69.
- Bhaskar, V. ve Lavanya, G. (2010). "Equivalent Single-Queue–Single-Server Model for a Pentium Processor", *Applied Mathematical Modelling*, 34/9, 2531-2545.
- Bhat, U. Narayan. (2015). *An Introduction To Queueing Theory: Modeling and Analysis in Applications*, Second Edition, Birkhäuser, USA.
- Birişçi, E. (2021). "Simio ile Çalışma Stratejilerinin Müşteri Memnuniyeti Üzerindeki Etkisinin Benzetimi: Banka Örneği", *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 60, 235-258.
- Blackwell, R. D., Miniard, P. W. ve Engel, J. F. (2001). *Consumer Behavior* 9th. South-Western Thomas Learning. Mason, OH.
- Bouazzi, I., Bhar, J. ve Atri, M. (2017). "Priority-Based Queuing and Transmission Rate Management Using a Fuzzy Logic Controller in WSNs", *ICT Express*, 101-105.
- Bowen, J. T. ve Shoemaker, S. (2003). "Loyalty: A Strategic Commitment", *The Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, 44/5, 31-46.
- Bozkaya, K. (2006). *A Study on the Reliability Analysis During Preliminary Design-A Rocket Motor Example*, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bratley, P., Fox, B. L. ve Schrage, L. E. (2011). *A Guide to Simulation*. Springer Science and Business Media.
- Brenner, S., Zeng, Z., Liu, Y., Wang, J., Li, J. ve Howard, P. K. (2010). "Modeling and Analysis of the Emergency Department at University of Kentucky Chandler Hospital Using Simulations", *Journal of Emergency Nursing*, 36/4, 303-310.
- Bruner, F. R., Eaker, R. Mark, Freeman, R. E., Spekman, R. E. Teisberg, E. O. Venkataraman S. (2004). *The Portable Mba*. (4th Edition), New Jersey: John Wiley And Sons.
- Carson, J. S. (2004). "Introduction to modeling and simulation", In Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference, 1-8.
- Caulkins J. P. (2010). "Might Randomization in Queue Discipline Be Useful When Waiting Cost is a Concave Function of Waiting Time?", *Socio-Economic Planning Sciences*, 44/1, 19-24.
- Cernea, S. O., Jaradat, M.ve Jaradat, M. (2010). "Characteristics of Waiting Line Models-the Indicators of the Customer Flow Management Systems Efficiency", *Annales Universitatis Apulensis: Series Oeconomica*, 12/2, 616-622.

- Chowdhury, M. S. R. (2013). "Queuing Theory Model Used To Solve The Waiting Line Of A Bank -A Study On Islami Bank Bangladesh Limited. Chawkbazar Branch, Chittagong", *Asian Journal Of Social Sciences And Humanities*, 468-478.
- Chung, C.A. (2004). *Simulation Modeling Handbook*, (1.Baskı). USA: CRC Pres.
- Cinemre, N. (2004), *Yöneylem Araştırması*, Beta Basım, İstanbul.
- Cowdrey, K. W., Lange J., Malekian R., Wanneburg J. ve Jose A. C. (2018). "Applying Queueing Theory For The Optimization of a Banking Model. *Journal of Internet Technology*", 381-389.
- Çalışkan, G. (2020). *Bir tekstil işletmesinde simülasyonoptimizasyon yaklaşımı ile hat dengeleme çalışması*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Çelik, F. (1994). *Hizmet Üreten Sistemler ve Bekleme Hattı Modelinin Bankacılık Sistemlerine Uygulanması ve Analizi*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi.
- Çelik, E ve Sezen, H. K. (2017). "Üstel Dağılım için Rassal Değişkenlik Üretimi ve VBA Uygulaması", *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 36(2), 23-38.
- Çelikkıran, S. (2019). *Dokuma Kumaş Üretiminde Makine Girişim Modeli Uygulaması* (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Namık Kemal Üniversitesi.
- Çevik, O. ve Yazgan, E. (2008). "Hizmet Üreten Bir Sistemin Bekleme Hattı Modeli ile Etkinliğinin Ölçülmesi", *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt 1, 2, 119-128.
- Çiçek, E ve Atılğan, K. Ö. (2012). "Hizmet İşletmelerinde Çağrı Merkezi ve Bekleme Hattı Uygulamalarına Tüketici Odaklı Bir Yaklaşım", *SÜ İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 12/23, 81-102.
- Çiftçi, A. G. (2006). *Hizmet Kalitesi ve Bankacılık Sektöründe Hizmet Kalitesi Ölçümüne Yönelik Bir Uygulama*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), DEÜ Sosyal Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Çoban, S. (2005). "Müşteri Sadakatinin Kazanılmasında Veri Tabanlı Pazarlamanın Kullanımı", *Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1/19, 295-307.
- Çunkuş, N., Yiğitoğlu, G. T. ve Akbaş, E. (2019). "Yaşlılık ve Toplumsal Dışlanma", *Geriatik Bilimler Dergisi*, 2/2, 58-67.

- Dağdeviren M., Akay D. ve Kurt M. (2004). “İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Uygulaması”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19/2, 131-138.
- Dayı, F. ve Yıldız, B. (2020). “Banka Hizmet Kalitesinin Kurumsal İmaj, Müşteri Tatmini ve Tekrar Satın Alma Davranışı Üzerindeki Etkisinin Yapısal Eşitlik Modeli ile Analizi”, *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 12/1, 1-17.
- Dharmawirya, M. ve Adi, E. (2011). “Case Study for Restaurant Queuing Model”, *In 2011 International Conference on Management and Artificial Intelligence, Bali*, 6/2011, 52-55.
- Dick, A. S. ve Basu, K. (1994). “Customer Loyalty: Toward an Integrated Conceptual Framework”, *Journal of the Academy of Marketing Science*, 22/2, 99-113.
- Dinçer, H. ve Görener, A. (2011). “Analitik Hiyerarşi Süreci ve VIKOR Tekniği ile Dinamik Performans Analizi: Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama”, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10/19, 109-127.
- Doğanşahin, K., Uslu, A. F. ve Kekezoğlu, B. (2019). “İki Bileşenli Weibull Dağılımı ile Rüzgâr Hızı Olasılık Dağılımlarının Modellenmesi”, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 15, 315-326.
- Dombacher, C. ve Lenaugasse, N. (2010). *Queueing models for call centres*, A-2232 Deutsch-Wagram, Germany.
- Donio, J., Massari, P. ve Passiante, G. (2006). “Customer Satisfaction and Loyalty in a Digital Environment: An Empirical Test”, *Journal of Consumer Marketing*, 23/7, 445-457.
- Drucker, P. F. (1958). “Marketing and Economic Development”. *Journal of Marketing*, 22/3, 252-259.
- Duguay, C. ve Chetouane, F. (2007). “Modeling and Improving Emergency Department Systems Using Discrete Event Simulation”, *Simulation*, 83/4, 311-320.
- Ehsanifar, M., Hamta, N. ve Hemesy, M. (2017). “A Simulation Approach to Evaluate Performance Indices of Fuzzy Exponential Queuing System (An M/M/C Model in a Banking Case Study)”. *Journal of Industrial Engineering and Management Studies*, 4/2, 35-51.
- Erdoğan, G. (2010). *Kuyruk Teorisi ve Bir Çağrı Merkezi Uygulaması*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Erk Ç. (2009). *Müşteri İçin Değer Yaratma, Müşteri Sadakati Oluşum Süreci ve Şirket Performansına Etkileri Üzerine Araştırma*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

- Eroğlu, E. (2019). *Yöneyem Araştırması Ders Notları*, İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi.
- Evanschitzky, H., Iyer, G. R., Plassmann, H., Niessing, J. ve Meffert, H. (2006). “The Relative Strength of Affective Commitment in Securing Loyalty in Service Relationships”, *Journal of business research*, 59/12,1207-1213.
- Eze E. O. ve Odunukwe, A. D. (2015). “On Application of Queuing Models to Customers Management in Banking System”, *American Research Journal of Bio Sciences*, 1/2, 14-20.
- Famule, F. Ve Dais, F. (2010). “Analysis Of M/M/1 Queueing Model With Applications To Waiting Time Of Customers In Banks”, *Global Journal of Computer Science and Technology*, 10/13, 28-34.
- Forbes, C., Evans, M., Hastings N. ve Peacock B. (2011). *Statistical Distributions*, John Wiley & Sons. 4th Edition, Hoboken, New Jersey.
- Gerpott, T. J., Rams, W ve Schindler, A. (2001). “Customer Retention, Loyalty, and Satisfaction in the German Mobile Cellular Telecommunications Market”, *Telecommunications Policy*, 25/4, 249-269.
- Gerson, R.F. (1997). *Müşteri Tatmininde Süreklilik*, Rota Yayınları, İstanbul.
- Giffin, W.C. (1978). *Queuing, Basing Theory and Applications*, Columbus, Ohio: Grid Inc.
- Golub, B. ve McAfee, R. P. (2006). “Firms, Queues, and Coffee Breaks: A Flow Model of the Corporation with Human Delays”, *Rev. Econ. Design*, 89/4, 1-24
- Greasley, A. (2017). *Simulation Modelling for Business*. Routledge.
- Grozev, D., Milchev, M. ve Georgiev, I. (2020). “Study the work of specialized car service as queue theory”, *Mathematical Modeling*, 4/1, 31-34.
- Gunther, J.N. (2011). *Analyzing Computer System Performance with Perl: PDQ*, (2th edition), Berlin.
- Gupta, N. ve Grover, S. (2013). “Introduction to Modeling and Simulation”, *Int. J. IT, Eng. Appl. Sci. Res*, 2/4, 45-50.
- Gül, M., (2011), *Servis Sistemlerinde Kaynakların Etkin Kullanulmasına Yönelik Benzetim Tabanlı Optimizasyon*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Güneş, F., Bayraklı, S. Ve Zaim, A. H. (2020). “Sinyalize bir kavşakta oluşan trafik akımının kuyruk teorisi ile performansının incelenmesi”, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 19, 56-65.

- Halaç, O. (2001). *Kantitatif Karar Verme Teknikleri (Yöneylem Araştırması)*, Alfa Kitabevi, 5. Baskı, Bursa.
- Hammann, J. E. Ve Markovitch, N. A. (1995). "Introduction to Arena Simulation Software", *In Winter Simulation Conference Proceedings*, 519-523.
- Hao, T. ve Yifei, T. (2011). "Study on Queuing System Optimization of Bank Based on BPR", *3rd International Conference on Environmental Science and Information Application Technology*, China, 640-646.
- Hillier, F. ve Lieberman, G. (2001). *Introduction to Operations Research*, McGraw-Hill Higher Education.
- Hu, H. (2008). "Poisson Distribution and Application. A course in Department of Physics and Astronomy", *University of Tennessee at Knoxville*, 19/2, 344-352.
- Hwang, U. ve Concato, J. (2004). "Care in the emergency department: how crowded is overcrowded?" *Academic Emergency Medicine*, 11/10, 1097-1101.
- Ittmann, H. W. (2009). "Recent Development in Operational Research: A Personal Perspective", *Orion*, 25 /2, 87-105.
- Iwu, H. C., Ogbonna, C. J. ve Jude, O. (2013). "Graphical and Queuing Model of Banking Operations in Intercontinental Bank Plc, Nigeria", *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 2/6, 282-292.
- İmal, M., Şekkeli, M., Yıldız, C. (2013). "Investigation and Evaluation of wind power estimation at the Campus area of Kahramanmaraş Sutcu İmam University". *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15/2, 11-16.
- İnanç, Ö. G. Ş. ve Şenaras, A. E. (2018). "Makine Arızalarının Monte Carlo Benzetimi İle Tahmin Edilmesi", *Cataloging-In-Publication Data*, 524.
- Jalali, S. Gh., Sabbagh, M. S., Hoseini, S. F. ve Baghersad, M. (2014). "Performance Evaluation and Improvement of Queuing System in Iran Khodro Agency", *A Case Study. International Journal of Applied Operational Research*, 4/2, 43-51.
- James, J. C. (1989). *Process Modeling, Simulation and Control for Chemical Engineers*, McGraw-Hill.
- Karahan, A ve Gürpınar, K. (2009). "Hastanelerde Kuyruk ve Randevu Sisteminin Etkinliği Üzerine Bir Araştırma: Afyon Devlet Hastanesi Örneği", *SÜ İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 9/17, 156-171.

- Karanfil Kostak, G. (2016). *Çağrı Merkezi Bekleme Süresinin Kuyruk Modelleri ile incelenmesi ve iyileştirilmesi*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Kazan, H., Ergülen, A. ve Çoruhlu, N. (2012). “Banka Çağrı Merkezlerinde Bekleme ve Müşteri İlişkiler Yönetimi: Bir Kamu Bankası Uygulaması”, *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14/1, 251-268.
- Kembe, M. M., Onah, E. S. ve Iorkegh, S. (2012). “A Study of Waiting and Service Costs of a Multi-server Queuing Model in a Specialist Hospital”, *International Journal of Scientific & Technology Research*, 1/8, 19-23.
- Keskin, G. A., Çolak, M. ve Kostak, G. K. (2018). “Bir Çağrı Merkezindeki Bekleme Sürelerinin Kuyruk Modelleri ile İyileştirilmesi”, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20/1, 55-68.
- Khalaf, R. (2012). *On Some Queueing Systems with Server Vacations, Extended Vacations, Breakdowns, Delayed Repairs and Stand-bys*, (Doctoral dissertation, Brunel University, School of Information Systems, Computing and Mathematics).
- Kleijnen, J. P. (1995). “Sensitivity Analysis and Optimization in Simulation: Design of Experiments and Case Studies”, *In Winter Simulation Conference Proceedings*, 133-140.
- Koka, T. A., Badshah, V. H. ve Shah, R. A. (2017). “Single and Multi Server Queuing Models: A Study”, *International Journal of Mathematics And its Applications*, 55/7, 595-603.
- Kokkinou, A. ve Cranage, D.A. (2013). “Using Self-Service Technology to Reduce Customer Waiting Times”, *International Journal of Hospitality Management*, 33, 435-445.
- Kumar, S. A. ve Suresh, N. (2009). *Operations Management*. New Age International.
- Kumar, V. ve Shah D., (2004) “*Building and Sustaining Profitable Customer Loyalty for the 21st Century*”, *Journal of Retailing*, 80/4, 317-330.
- Larson, R. C. (1987). “Perspectives on Queues: Social Justice and the Psychology of Queueing”, *Operations Research*, 35/6, 895-905.
- Law, A. M. (2019, December). “How to Build Valid and Credible Simulation Models”, *In 2019 Winter Simulation Conference (WSC)*, 1402-1414.
- Law, A. M. ve Mc Comas, M. G. (1987). “Simulation of Manufacturing Systems”. *In Proceedings of the 19th conference on Winter simulation*, 631-643.

- Lee, J., Lee, J. ve Feick, L. (2001). "The Impact of Switching Costs on the Customer Satisfaction-Loyalty Link: mobile phone service in France", *Journal of services marketing*, 15/1, 35-48.
- Loso, J. M., Filipp, S. L., Gurka, M. J. ve Davis, M. K. (2021). "Using Queue Theory and Load-Leveling Principles to Identify a Simple Metric for Resource Planning in a Pediatric Emergency Department", *Global Pediatric Health*, 8, 23/33.
- Madadi, N., Roudsari, A. H., Wong, K. Y. ve Galankashi, M. R. (2013). "Modeling and Simulation of a Bank Queuing System. Computational Intelligence, Modelling and Simulation", *2013 IEEE International Conference*, 209-215.
- Maria, A. (1997, December). *Introduction to Modeling and Simulation*. In Proceedings of the 29th conference on Winter simulation, 7-13.
- Maruf, M., Özdemir, A., (2018). "Bekleme Hattı Problemlerinde Hizmet Hızının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Farklılaştırılması", *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 20/3, 470-482.
- Medeiros, D. J., Swenson, E. ve DeFlicht, C. (2008). "Improving Patient Flow in a Hospital Emergency Department", *In 2008 Winter Simulation Conference*, 1526-1531.
- Mehri, H., Djemel, T. ve Kammoun, H. (2008). "Solving Of Waiting Lines Models İnThe Airport Using Queuing Theory Model And Linear Programming, The Practice Case: A.I.M.H.B", *Hyper Articles en Ligne*, hal-00263072, 1-17.
- Mehta, S., Chafle, G., Parija, G. ve Kedia, V. (2011). "A System For Providing Differentiated QoS in Retail Banking", *Proceedings of the 22nd International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), Barcelona*, 2494-2499.
- Melamed, B. ve Altıok, T. (2010). *Simulation Modeling and Analysis with Arena*. Elsevier.
- Moreno, A. R., Anderson, C. J. ve Butcher, C. W. (2010). *Emergency Department Patient Flow Simulation at HealthAlliance*. Project proposal, Worcester Polytechnic Institute.
- Morrow, L. (1984). "Waiting as a Way of Life". *Time*, July, 23, 65.
- Nafees, A. (2007). "Queuing Theory and Its Application: Analysis of the Sales Checkout Operation in ICA Supermarket", *Department of Economics and Society University of Dalarna*, 2/20.
- Najmaldin, D. E. (2016). Weibull dağılımı için uyum iyiliği testlerinin karşılaştırılması (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Yüzüncü Yıl Üniversitesi.
- Naylor, T. H. Ve Finger, J. M. (1967). "Verification of Computer Simulation Models", *Management Science*, 14/2, B-92.

- Newbold, P. (2009). *İşletme ve İktisat İçin İstatistik*, Çeviren Ümit Şenesen, Literatür Yayınları 44, 7. Basım, İstanbul.
- Ngamsirijit, W. (2012). "Using Queueing Theory For Evaluating Flexibility Performance In Banking" *International Journal Services and Operations Management*, 12(4), 387-404.
- Norman, D. A. (2008). *The Psychology of Waiting Lines*, Excerpt of, 3.
- Nosek, Jr R. A. Ve Wilson, J. P. (2001). "Queueing theory and customer satisfaction: a Review of terminology, trends, and applications to pharmacy practice". *Hospital pharmacy*, 36/3, 275-279.
- Olusola, M. S., Okolie, S. O. ve Adesina, A. K. (2013). "Queue Management Systems for Congestion Control: Case Study of First Bank, Nigeria", *International Journal of Advanced Studies in Computers, Science and Engineering*, 2/5, 54-58.
- Osgood, D. W. (2000). "Poisson-based Regression Analysis of Aggregate Crime Rates", *Journal of Quantitative Criminology*, 16/1, 21-43.
- Ömürbek, N., Makas, Y., Ömürbek, V. (2015). "AHS VE TOPSIS Yöntemleri ile Kurumsal Proje Yönetim Yazılımı Seçimi", *Journal of Suleyman Demirel University Institute of Social Sciences*, 21, 367-380.
- Özdağoğlu, A., Özdağolu G, Yalçinkaya Ö. (2009). "Ege Bölgesindeki Bir Araştırma ve Uygulama Hastanesinin Acil Hasta Verilerinin Simüle Edilerek Analizi", *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 61-71.
- Özdağoğlu, A., Özdağolu, G, Öz E. (2010). "Müşteri Sadakatinin Sağlanmasında Müşteri İlişkileri Yönetiminin Önemi: İzmir'de bir Hipermarket Araştırması", *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 22/1, 367-388.
- Özkan, F. (2010). *Bekleme Hattı (Kuyruk) Modelleri ve Bir Çağrı Merkezi Uygulaması*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Öztürk, A. (2012) *Yöneylem Araştırması*, Ekin Yayınları, 14. Basım, Bursa.
- Öztürk, A. (2013). "Yöneylem Araştırmasının Tarihi Gelişimi ve Özellikleri", *The Journal of Operations Research, Statistics, Econometrics and Management Information System*, 1-11.
- Öztürk, F. ve Özbek, L. (2004). *Matematiksel Modelleme ve Simulasyon*. Gazi Kitabevi.
- Paradi, J. C. ve Zhu, H. (2013). "A Survey on Bank Branch Efficiency and Performance Research With Data Envelopment Analysis Omega", *University of Toronto, Canada*, 41-2013, 61-79.

- Parlar, M. ve Sharafali, M. (2008). "Dynamic Allocation of Airline Check-in Counters: A Queuing Optimization Approach", *Management Science*, 54/8, 1410-1424.
- Paschou, M., Sakkopoulos, E., Sourla, E. ve Tsakalidis, A. (2012). "MobiQ: Mobile Based Processes for Efficient Customer Flow Management Enterprise" *Business-Process and Information Systems Modeling Lecture Notes in Business Information Processing*, 113, 211-225.
- Patel, J. J., Rajeshkumar, M. ve Makwana, P. (2012). "Minimize the Waiting Time of Customer and Gain More Profit in Restaurant Using Queuing Model", *In International Conference on Management, Humanity and Economics (ICMHE'2012)*, 77-80.
- Patır, S., Uslu, A. ve Uyrun, A. (2017). "Bekleme Hattı (Kuyruk) Modeliyle Servis Sisteminin Analizi: Bingöl Üniversitesi Merkezi Yemekhanesi Örneği", *Journal of Recreation and Tourism Research*, 4/3, 13-28.
- Patvivatsiri, L. (2003). *A simulation-based Approach for Optimal Nurse Scheduling in an Emergency Department*, (Doctoral Dissertation), Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Paul, S. A., Reddy, M. C. Ve DeFlicht, C. J. (2010). "A Systematic Review of Simulation Studies Investigating Emergency Department Overcrowding", *Transactions of The Society for Modeling and Simulation*, 559-571.
- Pop-Andonov, G., Mirakovski, D. ve Despodov, Z. (2012). "Simulation Modeling and Analyzing in Underground Haulage Systems with Arena Simulation software", *International Journal for Science, Technics and Innovations for the Industry MTM*, 1313/0226, 48-50.
- Priyangika, J.S.K.C. ve Cooray, T. M. J. A. (2015). "Analysis of the Sales Checkout Operation in Supermarket Using Queuing Theory". *Proceedings of 8th International Research Conference, KDU*, 42-48.
- Pruyn, A. ve Smidts, A. (1998). "Effects of Waiting on The Satisfaction with the Service: Beyond Objective Time Measures", *International Journal of Research in Marketing*, 15/4, 321-334.
- Ramachandran, A. ve Chidambaram, V. (2012). "A Review of Customer Satisfaction Towards Service Quality of Banking Sector", *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*, 20/2, 71-79.
- Ramachandran, A., Chidambaram, V., Swaminathan, V.B. ve Kesavan, S. (2013). "A Pragmatic Study On Waiting Line Strategies Of An Indian Private Sector Bank". *Journal of Applied Economic Sciences*, 8/4, 405-415.
- Ramamurthy, P. *Operations Research*, 1st ed., Global Media, Mumbai, 2007.

- Ramasamy, S., Daman, O. A. ve Sani S. (2015). "Discrete-time Geo/G/2 queue under a serial and parallel queue disciplines", *IAENG International Journal of Applied Mathematics*, 45/4, 354-363.
- Rao, S. S. (1983). "Optimization theory and applications", John Wiley and Sons Inc. , New York, USA, 550.
- Render, B. ve Stair Jr, R. M. (2016). *Quantitative Analysis for Management*, 12e. Pearson Education India.
- Reynolds, J., Zeng, Z., Li, J. ve Chiang, S. Y. (2010). "Design and Analysis of a Health Care Clinic for Homeless People Using Simulations", *International Journal of Health Care Quality Assurance.*, 607-620.
- Rivero, L. E. B. (2004). "Applications In Logistics Using Simulation With ProModel" *In Second LACCEI International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2004)*, Miami, Florida, 2-6.
- Rofaeel, I. W. T. (2012). *Emergency Department Design Evaluation and Optimization Using Discrete Event Simulation*, A Thesis Submitted to The Department of Construction and Architectural Engineering, USA.
- Rossetti, M. D. (2015). *Simulation modeling and Arena*, John Wiley and Sons.
- Rossetti, M. D., Trzcinski, G. F. ve Syverud, S. A. (1999). "Emergency Department Simulation and Determination of Optimal Attending Physician Staffing Schedules", *In WSC'99. 1999 Winter Simulation Conference Proceedings. 'Simulation-A Bridge to the Future*, 1532-1540.
- Rubinstein, R. Y. ve Kroese, D. P. (2016). *Simulation and the Monte Carlo method* (Vol. 10). John Wiley & Sons.
- Saaty, T. L. (1994). "How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process". *Interfaces*, 24/6, 19-43.
- Saaty, T. L. (2000). *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process*, RWS Publications, Pittsburgh, USA.
- Samson, K., Abubakar, M. A., Kuje, H. A. ve Moses, L. D. (2020). "Statistical Analysis on the Waiting Line System in Automated Teller Machines (ATM): A Study of Fidelity Bank Plc, Service Point", *Plateau State, Nigeria. Asian Journal of Probability and Statistics*, 34-53.
- Sargent, R. G. (2010). "Verification and Validation of Simulation Models", *In Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference*, 166-183

- Sariaslan, H. (1986) *Sıra Bekleme sistemlerinde Simülasyon Tekniği*, Ankara, Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları, 1986.
- Sarioğlu, Ö. (2017). *Konteyner Terminallerinde Rıhtım Vinç Operasyonlarının Simülasyon Yaklaşımı ile İyileştirilmesi*, (Basılmamış Doktora Tezi), Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın
- Sarkar, A., Mukhopadhyay, A. R. ve Ghosh, S. K. (2015). “Productivity Improvement by Reduction of Idle Time Through Application of Queuing Theory”. *Opsearch*, 52/2, 195-211.
- Saygın, A. (2020). *Bekleme Hattı Modeli Simülasyonu ve Bir İşletmede Uygulanması*, (Basılmamış Doktora Tezi), Bursa Uludağ Üniversitesi.
- Singh, C. J., Jain, M. ve Kumar, B. (2012). “Analysis of M/G/1 queueing model with state dependent arrival and vacation”, *Journal of Industrial Engineering International*, 8/1, 1-8.
- Söyler, H. ve Koç, A. (2014). “Bir Kamu Hastanesi için Acil Servis Simülasyonu ve Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümü”, *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6/2, 115-132.
- Stahlbuhk, T., Shrader, B. ve Modiano, E. (2021). “Learning algorithms for minimizing queue length regret”, *IEEE Transactions on Information Theory*, 67/3, 1759-1781.
- Stauffer, M. D ve Capuzzi, D. (2014). *Foundations of addictions counseling*, Pearson.
- Stigler, S. M. (1982). “Poisson on the Poisson Distribution”, *Statistics and Probability Letters*, 1/1, 33-35.
- Suh, J. C. ve Youjae, Y. (2006). “When Brand Attitudes Affect the Customer Satisfaction-Loyalty Relation: The Moderating Role of Product Involvement”, *Journal of Consumer Psychology*, 16/2, 145-155.
- Swisher, J. R. ve Jacobson, S. H. (2002). “Evaluating the Design of a Family Practice Healthcare Clinic Using Discrete-event Simulation”, *Health Care Management Science*, 5/2, 75-88.
- Taha, H. A. (2011). *Operations Research: an introduction (Vol. 790)*, Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson/Prentice Hall.
- Takcı, E. ve Doğan, N. Ö. (2013). *Bir İmalat İşletmesinde Simülasyon Yardımıyla Süreç İyileştirme Uygulaması: Kayseri Gürkar Tekstil Örneği*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi.
- Takus, D. A. ve Profozich, D. M. (1997). “ARENA Software Tutorial”, *In Proceedings of the 29th Conference on Winter Simulation*, 541-544

- Taufemback, C., ve Silva, S. D. (2012). "Queuing Theory Applied to the Optimal Management of Bank Excess Reserves. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*", *Federal University of Santa Catarina, Florianopolis, Brazil*, 391/4, 1381-1387.
- Thomopoulos, N. T. (2012). *Fundamentals of Queuing Systems: Statistical Methods for Analyzing Queuing Models*, USA: Springer-Verlag New York Inc.
- Tosun, D. (2020). Hazır giyim sektöründe benzetim tekniği kullanılarak üretim hattı dengelemesi, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Tüfekçi, N. ve Tüfekçi, K. (2006). "Bankacılık Sektöründe Farklı Olma Üstünlüğünün ve Müşteri Sadakatinin Yarattığı Değer: Isparta İlinde bir Uygulama", *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 4, 170-183.
- Ullah, A., Zhang, X. D., Iqbal, K. ve Ayat, M. (2014). "Sub-optimization of Bank Queuing System by Qualitative and Quantitative Analysis, Service Systems and Service Management", *2014 IEEE International Conference*, 1-6.
- Urfalı, T. ve Eymen, A. (2020). "CBS ve AHS Yöntemi Yardımıyla Kayseri İli Örneğinde Rüzgâr Enerji Santrallerinin Yer Seçimi", *Geomatik*, 6/3, 227-237.
- Uriarte, A. G., Zúñiga, E. R., Moris, M. U. ve Ng, A. H. (2015). "System Design and Improvement of an Emergency Department Using Simulation-Based Multi-objective Optimization", *In Journal of physics: conference series*, 616/1, 1-11.
- Uyrun, A. (2012). *Bekleme Hattı (Kuyruk) Modeliyle Servis Sisteminin Analizi: Hızlı Yiyecek İçecek İşletmesinde Bir Uygulama*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Düzce Üniversitesi, Düzce.
- Valle, M. ve Norvell, T. (2013), "Using Monte Carlo Simulation to Teach Students about Forecast Uncertainty", *Business Education Innovation Journal*, 5, 35- 41.
- Wagner, H. M. (1975). *Principles of Operations Research: with Applications to Managerial Decisions*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Weng, S. J., Tsai, B. S., Wang, L. M., Chang, C. Y. ve Gotcher, D. (2011). "Using Simulation and Data Envelopment Analysis in Optimal Healthcare Efficiency Allocations", *In Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference (WSC)*, 1295-1305.
- Winston, W. L., ve Goldberg, J. B. (2004). *Operations research: applications and algorithms*, Belmont: Thomson Brooks/Cole., (Vol. 3).
- Yalçın, M. (2009) *Acil Servis Hizmetlerinin Simülasyonu: Karşıyaka Devlet Hastanesi Uygulaması*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

- Yerli, G. (2017). “Yaşlılık Dönemi Özellikleri ve Yaşlılara Yönelik Sosyal Hizmetler”, *Journal of International Social Research*, 10/52, 1278-1287.
- Yıldız, A. (2010). *Benzetim Modellemesi ile Üretim Sistemlerinde Süreç Optimizasyonu ve Bir Uygulama Çalışması*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Yıldız, Y. ve Kanburoğlu, M. K. (2021). “Cocuk Acil Servisinde Saglik Hizmetleri Sunum Kalitesi ve Hasta Memnuniyeti/Health Service Delivery Quality and Patient Satisfaction in Pediatric Emergency Department”, *Journal of Pediatric Emergency and Intensive Care Medicine*, 8/1, 7-15.
- Yılmaz, A. N. (2008). *Kuyruk Simülasyonu Modellerinin Eleştirisel Gözden Geçirilmesi ve Bir Banka Şubesi Uygulaması*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi) Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Yılmazer, M. (2013). *Dünyada ve Türkiye’de Yaşlılarda Demografik Değişiklikler*. Ed. Altındış M., *Yaşlılarda Güncel Sorunları ve Bakımı*, İstanbul Medikal Yayıncılık, İstanbul.
- Zandi, P., Rahmani, M. ve Azimi, P. (2021). “Proposing a Model for Analyzing and Improving a Service System through Queue Theory and Simulation Approach (Case: Hamedan Power Company)”, *Journal of Industrial Management Perspective*, 67-100.

Elektronik Yayınlar ve Linkler

<http://www.simulationmodel.com/murat.gunal/eBook/ArenaLab.v.1.0.pdf> (15.02.2021).

<http://www.expertchoice.com/about/history.html> (22.11.2021).

<https://www.arenasimulation.com/> (05.09.2020).

<https://endustrimuhendisligi.blogspot.com/arena-programi-ile-simulasyon-html>

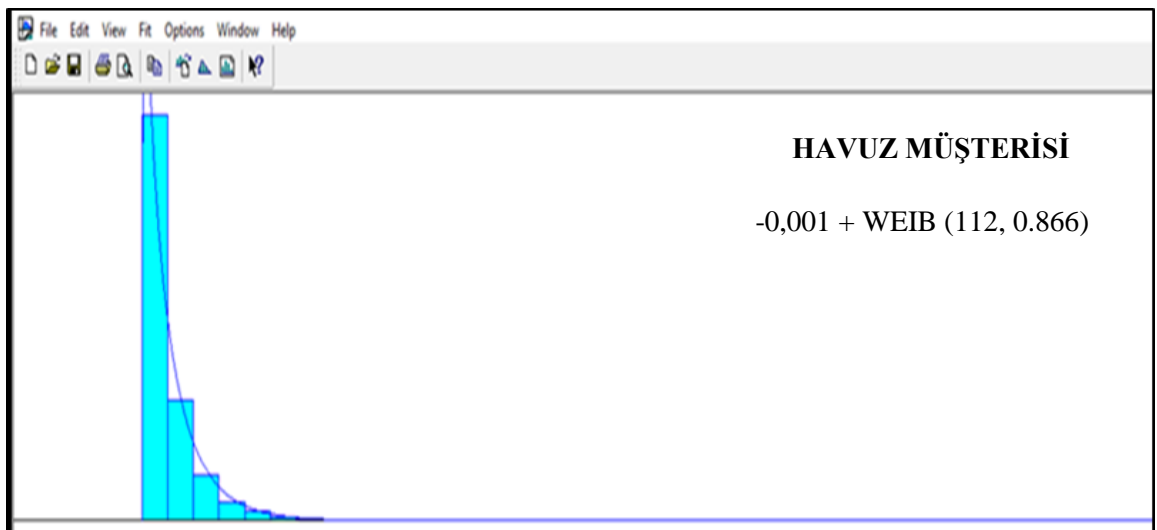
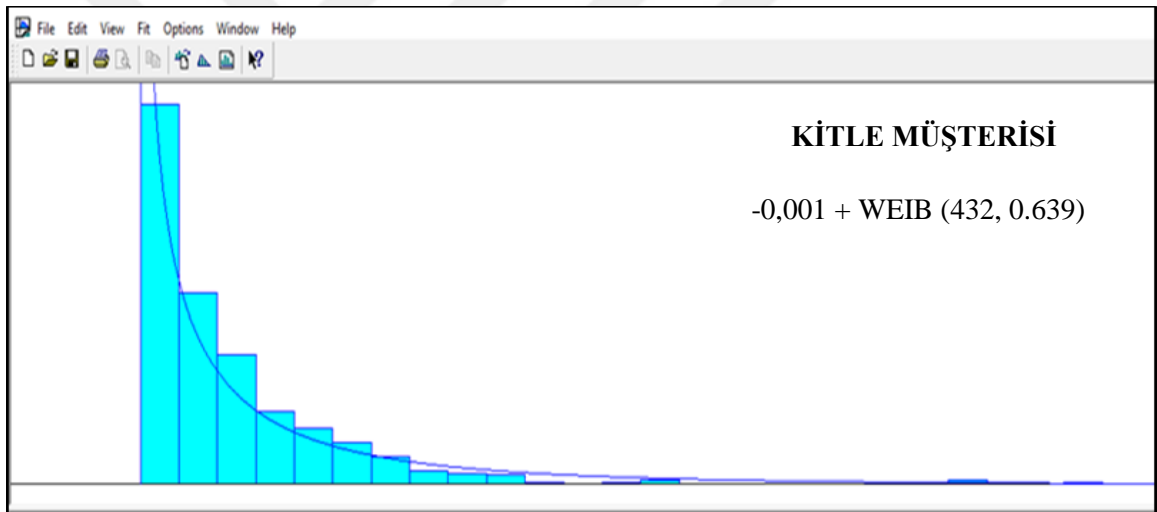
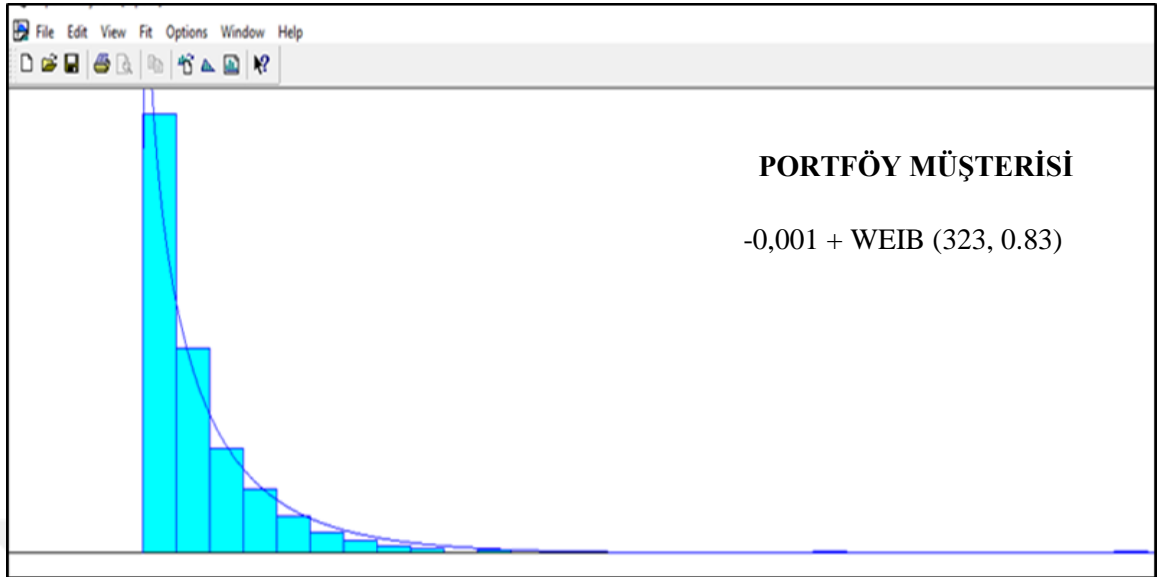
<https://rockwellautomation.com/> Arena Simulation Software

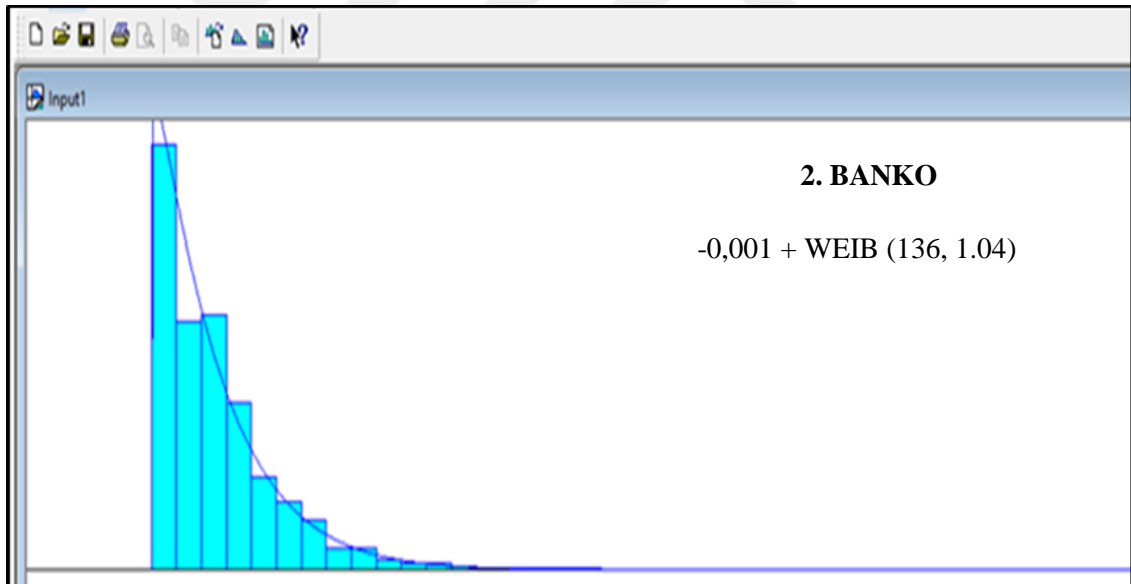
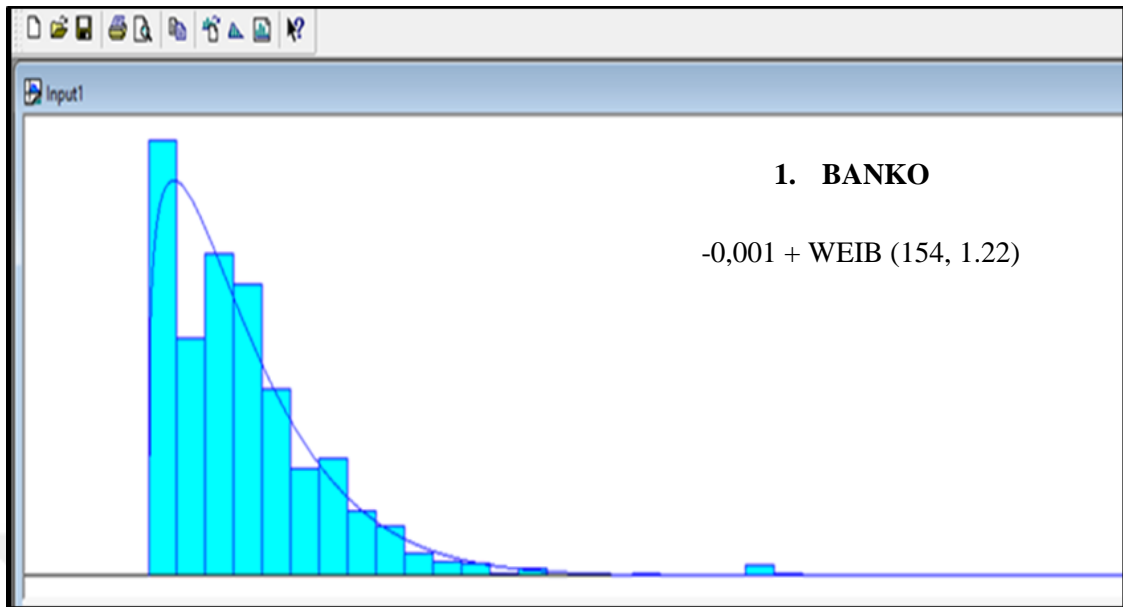
EKLER

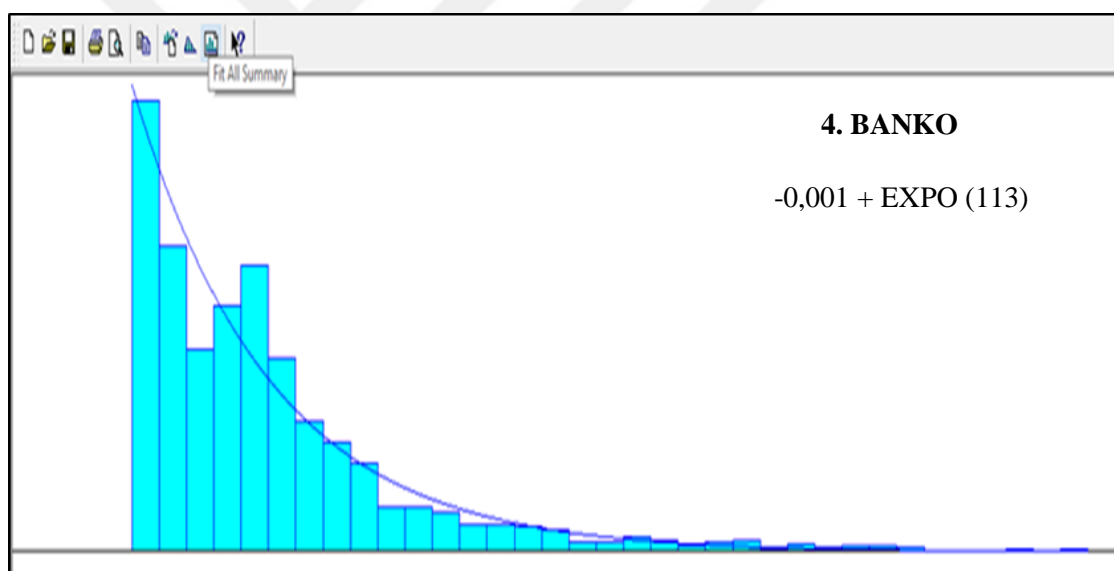
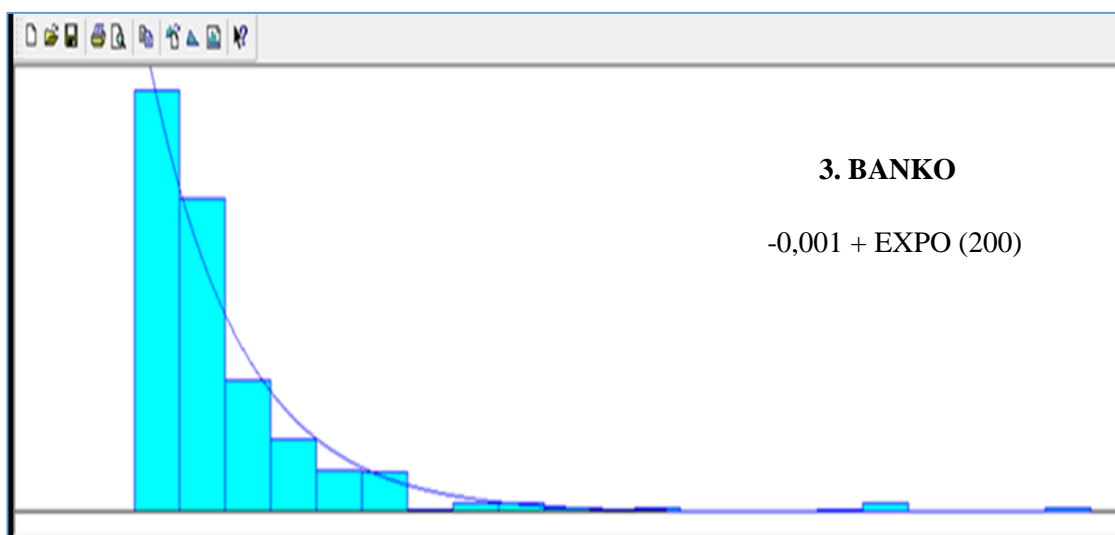


Ek 1. Örnek Müşteri Veri Sayfası

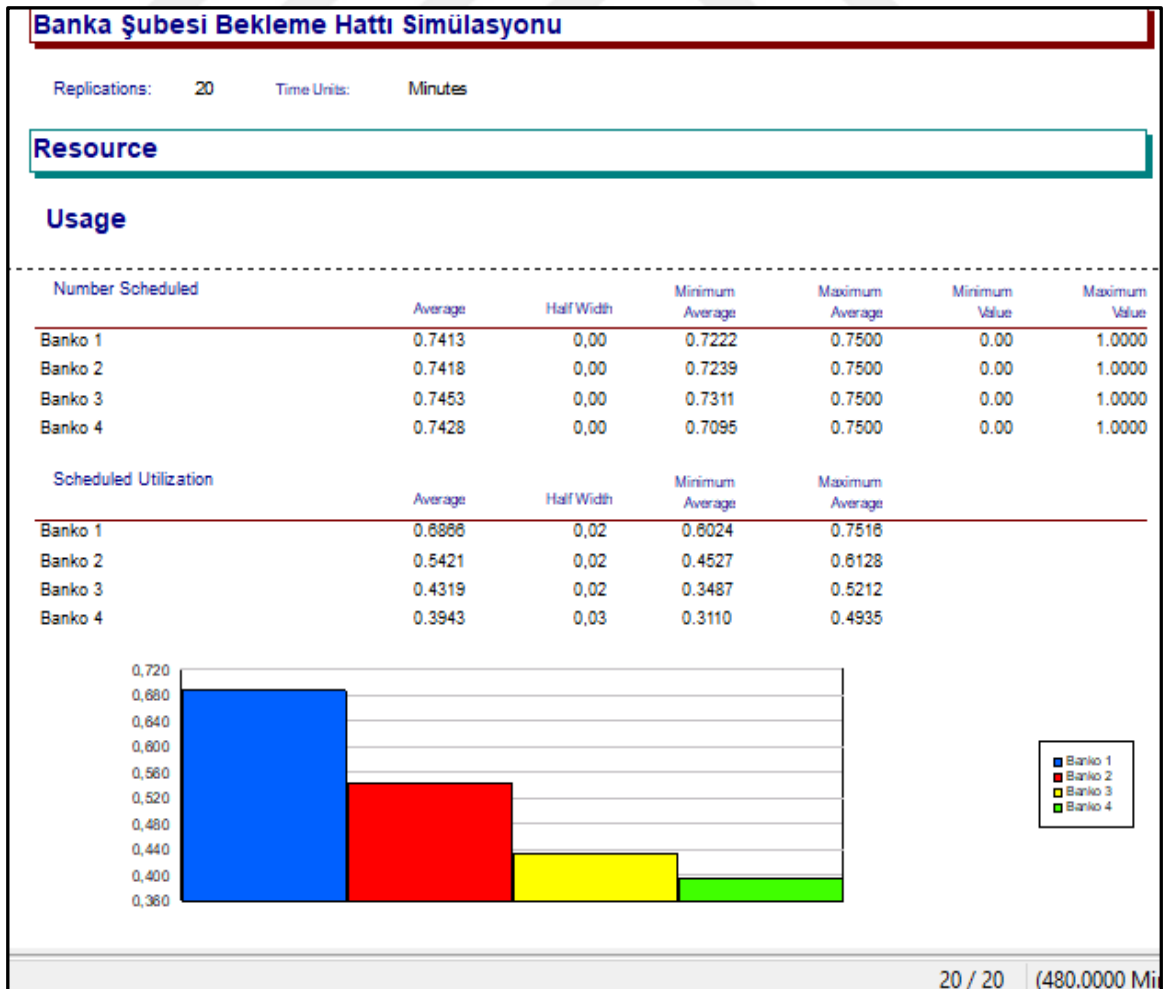
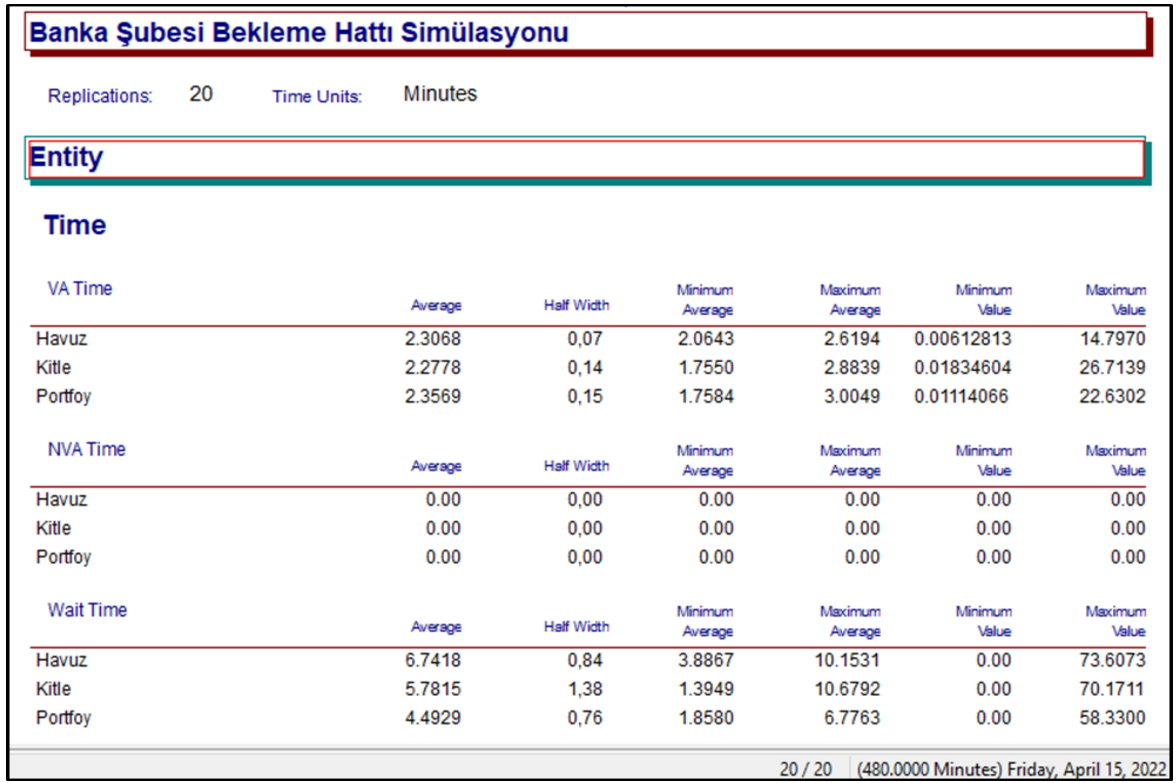
Bilet Önceliği	Verilme Zamanı	Çağırılma Zamanı	Bekleme Süresi	İşlem Süresi	Muhasebe Ekran Adı	BANKACILIK ÜRÜNLERİ								PUAN	SADAKAT	MESLEK	ÇALIŞMA DURUMU	YAŞ	İŞLEM SÜRESİ	
						Vadesiz (8)	Vadeli (5)	Yatırım (5)	Kredi (25)	Avans (5)	Kart (10)	Ödeme (17)	Sigorta (8)							Kanal (17)
H	08:51:36	08:52:39	00:01:03	00:04:23	Döviz / Efektif Alış- Satış Giriş / İptal	x	x	x			x	x		x	62	S	MEMUR	C	44-G	U
K	09:41:04	09:41:08	00:00:04	00:08:20	Döviz Havaleleri (Swift- Western Union)	x								x	25	Ş	EMEKLİ	Ç	66-Y	K
H	08:52:23	08:52:30	00:00:07	00:02:09	Para Yatırma (Vadeli Hesap)		x			1				x	27	Ş	ÇALIŞMIYOR	Ç	43-G	K
K	09:02:25	09:02:54	00:00:29	00:02:32	Para Çekme(Vadesiz Hesap)	x			x	x	x	x			73	S	EMEKLİ	Ç	74-Y	K
K	09:04:31	09:05:10	00:00:38	00:01:44	Online Tahsilat				x	x	x				40	Ş	İŞÇİ	C	42-G	K
H	09:07:27	09:08:24	00:00:56	00:02:39	EFT				x	x				x	47	Ş	ÖZEL SEKTÖR	C	63-G	K
H	09:16:03	09:16:36	00:00:33	00:03:16	Para Yatırma (Vadesiz Hesap)	x									8	Ş	ÇALIŞMIYOR	Ç	21-G	K
H	09:17:34	09:17:59	00:00:25	00:01:16	Havale /Virman Giriş						x				10	Ş	ÖĞRENCİ	C	20-G	K
H	09:19:08	09:19:11	00:00:03	00:04:50	Bankkart Yenileme	x									8	Ş	ÇALIŞMIYOR	Ç	37-G	U
P	09:19:53	09:20:08	00:00:15	00:00:18	Para Yatırma (Vadesiz Hesap)					x	x		x	x	40	Ş	İŞYERİ SAHİBİ	C	50-G	K
P	09:26:13	09:26:28	00:00:15	00:17:01	Vadeli Hesap Açılış (ZFU)	x	x					x			30	Ş	EMEKLİ	Ç	86-Y	U
H	09:27:06	09:27:23	00:00:17	00:00:16	Havale /Virman Giriş	x			x	x	x			x	65	S	ÇİFTÇİ	C	68-Y	K
P	09:29:53	09:30:07	00:00:14	00:04:43	Döviz / Efektif Satış Giriş / İptal	x	x						x	x	38	Ş	MEMUR	C	58-G	U
H	09:31:03	09:33:34	00:02:31	00:04:01	Bankkart Bilgi Güncelleme				x	x		x		x	64	S	EMEKLİ	Ç	58-G	U

Ek 2. Müşterilerinin Şubeye Gelişer Arası Sürelerinin Dağılımı

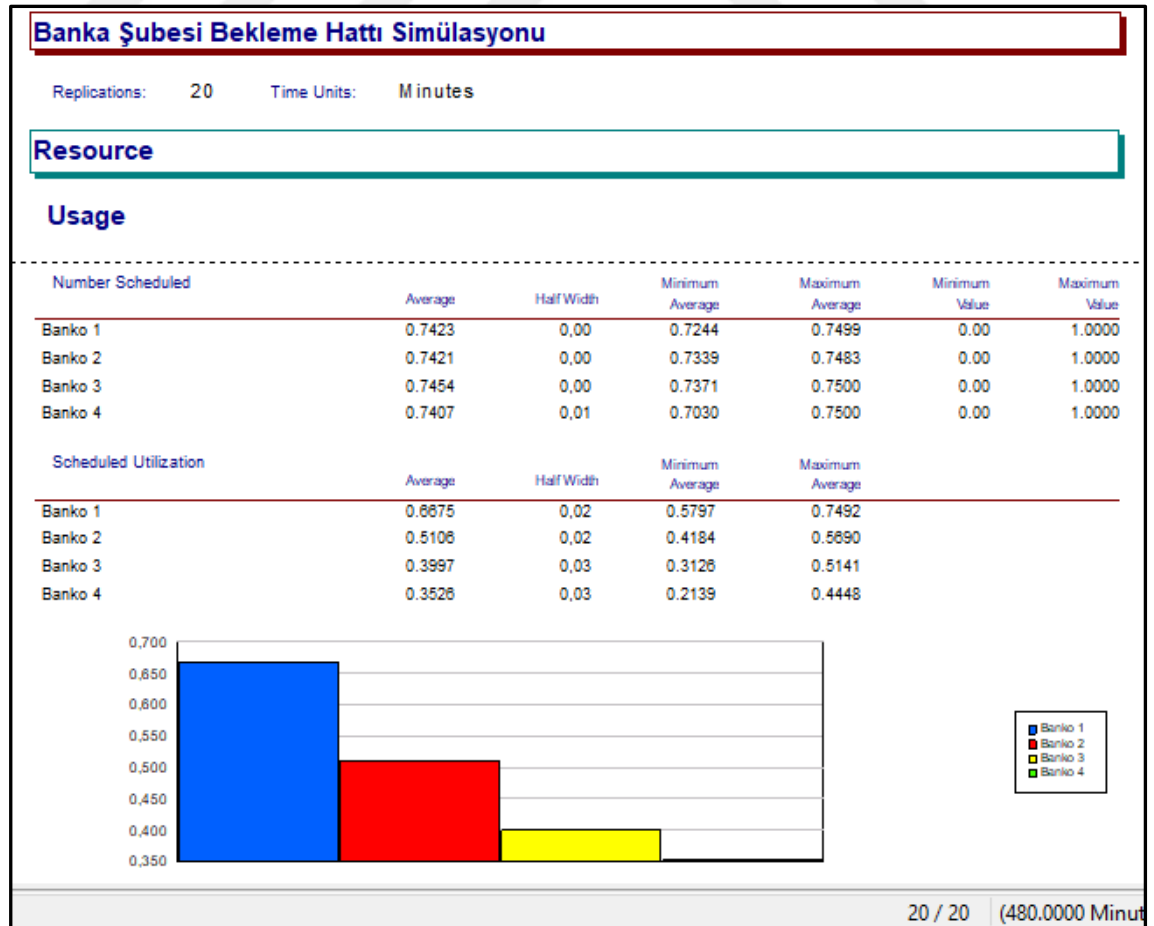
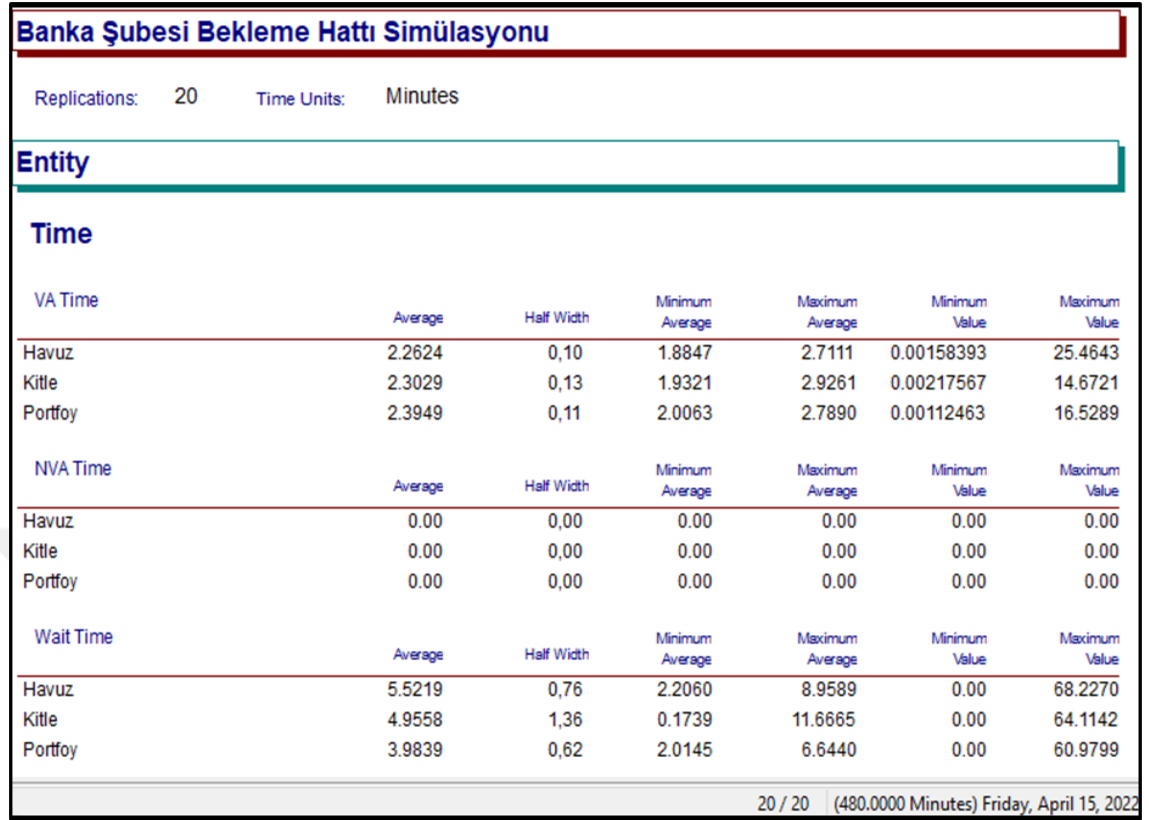
Ek 3. Bankaların Hizmet Sürelerinin Dağılımı



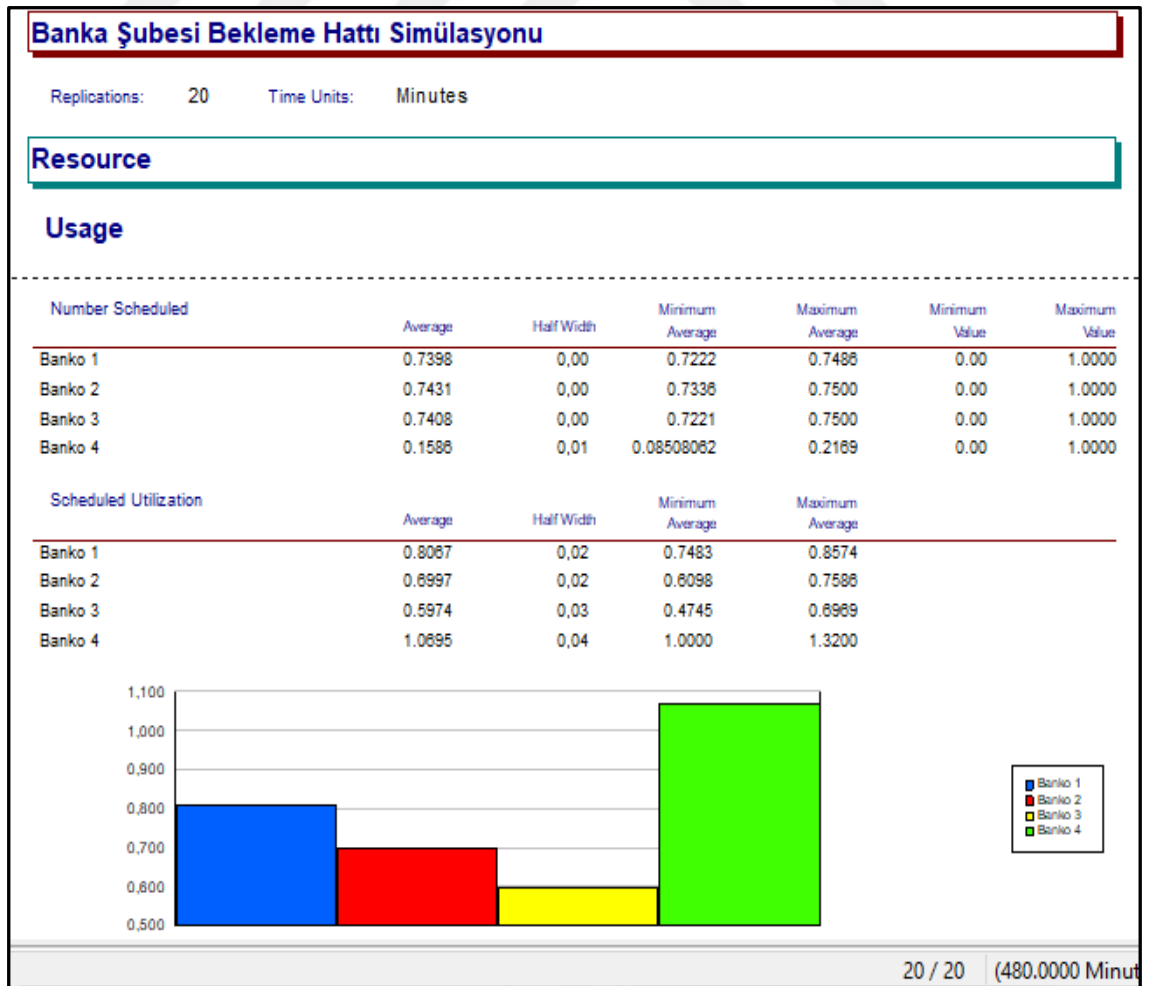
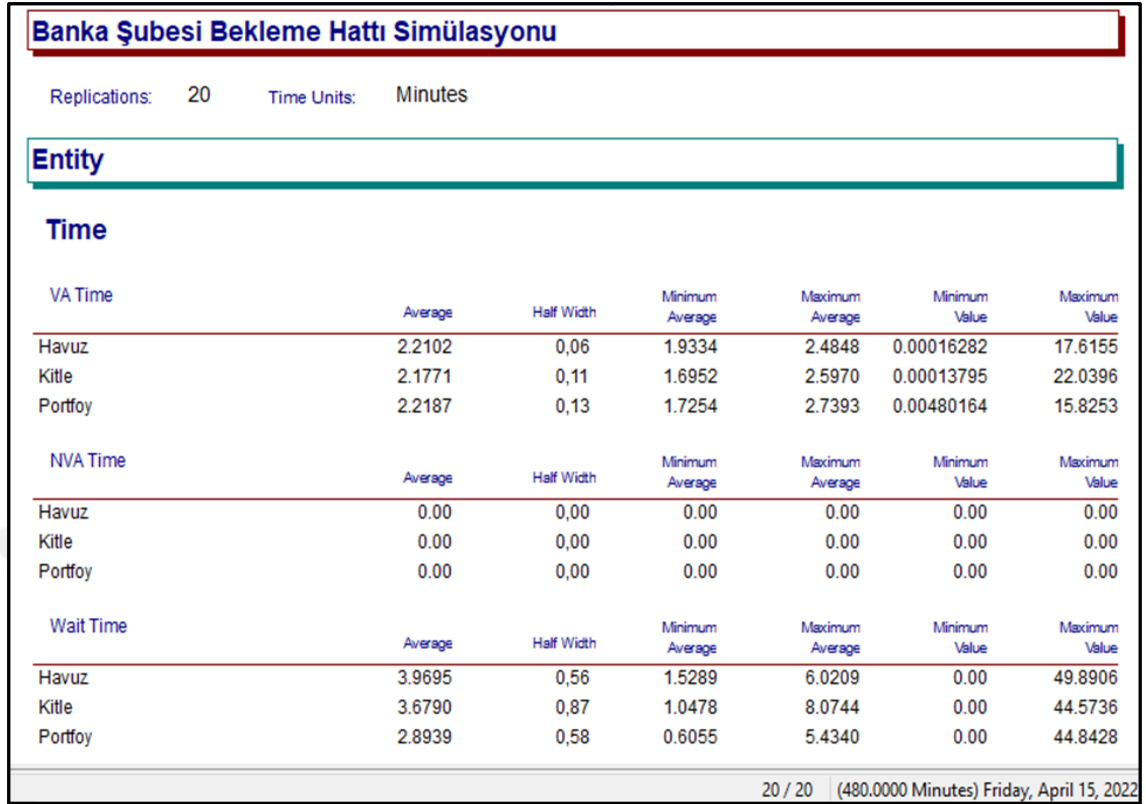
Ek 4. Mevcut Durum Arena Rapor Görüntüleri



Ek 5. Senaryo 1 Arena Rapor Görüntüleri



Ek 6. Senaryo 2 Arena Rapor Görüntüleri



Ek 7. Pandemi Dönemi Arena Rapor Görüntüleri

