

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI
YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI BİLİM DALI

**KUYRUK TEORİSİNİN ÇAĞRI MERKEZİ İÇİN UYGULAMASI:
BEYAZ EŞYA SEKTÖRÜNDE BİR ARAŞTIRMA**

Yüksek Lisans Tezi

GÜLLER KOÇ GÜLBAZ

İstanbul, 2020

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI
YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI BİLİM DALI

**KUYRUK TEORİSİNİN ÇAĞRI MERKEZİ İÇİN UYGULAMASI:
BEYAZ EŞYA SEKTÖRÜNDE BİR ARAŞTIRMA**

Yüksek Lisans Tezi

GÜLLER KOÇ GÜLBAZ

Danışman: DR. ÖĞR. ÜYESİ NACİYE TUBA YILMAZ SOYDAN

İstanbul, 2020

GENEL BİLGİLER

İsim ve Soyadı	: Güller Koç Gülbaz
Anabilim Dalı	: Ekonometri
Programı	: Yöneylem Araştırması
Tez Danışmanı	: Dr. Öğr. Üyesi Naciye Tuba Yılmaz Soydan
Tez Türü ve Tarihi	: Yüksek Lisans - Ekim 2020
Anahtar Kelimeler	: Kuyruk Teorisi, Çağrı Merkezi, Bekleme Süresi

ÖZET

KUYRUK TEORİSİNİN ÇAĞRI MERKEZİ İÇİN UYGULAMASI: BEYAZ EŞYA SEKTÖRÜNDE BİR ARAŞTIRMA

Teknolojik gelişmeler ile birlikte, yeni ve güncel donanım ve yazılımlara sahip olmanın yanında, çağrı merkezi verimliliğinin, müşteri memnuniyeti açısından artırılması zorunlu hale gelmiştir. Verimliliğin artırılması için, doğru zamanda yeterli sayıda müşteri temsilcisinin çalışmasını sağlayacak planlamanın yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada, gelen çağrılar bekleme hattı modeli ile analiz edilerek problemler tespit edilmiş ve bu problemlerle ilgili çözümler üretmeye çalışılmıştır. Araştırmanın verileri beyaz eşya sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın çağrı merkezinden toplanmıştır. Çağrı merkezine 182 gün boyunca gelen çağrılar analize tabi tutulmuştur. Çalışmanın amacı, müşterilerin kuyrukta bekleme sürelerinin en aza indirilmesi ve müşteri temsilcisi sayısı ile sistemin kapasite kullanım oranı arasındaki ilişkiyi inceleyerek uygun müşteri temsilcisi sayısını belirleyip sistem kapasite kullanımını arttırmaktır. Çalışmanın sonucunda, çağrı merkezinde oluşan kuyruklarda bekleme sorunu olmadığı görülmüş, kuyruk modeli oluşturularak performans analizleri yapılmıştır. Analiz neticesinde; mevcut müşteri temsilcisi sayısı ile sistemin kapasite kullanım oranı yüzde 59,48, servis hizmet süresi 3,27 dakika olarak tespit edilmiştir. Aynı anda çalışması gereken çalışan sayısı hesap edilerek önerilerde bulunulmuştur.

GENERAL KNOWLEDGE

Name and Surname	: Güller Koç Gülbaz
Field	: Ekonometri
Programme	: Operations Research
Supervisor	: Dr. Öğr. Üyesi Naciye Tuba Yılmaz Soydan
Degree Awarded and Date	: Master – October 2020
Keywords	: Queueing Theory, Call Center, Waiting Time

ABSTRACT

APPLICATION OF TAIL THEORY FOR CALL CENTER: A RESEARCH IN THE WHITE GOODS SECTOR

With the technological developments, it has become necessary to increase the efficiency of the call center in terms of customer satisfaction, as well as having new and up-to-date hardware and software. In order to increase efficiency, planning should be made to ensure that sufficient number of customer representatives work at the right time. In this study, problems were determined by analyzing the incoming calls with the waiting line model and it was tried to find solutions for these problems. The data of the research were collected from the call center of a company operating in the white goods sector. The calls received from the call center for 182 days were analyzed. The aim of the study is to minimize the waiting times of customers in the queue and to increase the system capacity utilization by determining the appropriate number of customer representatives by examining the relationship between the number of customer representatives and the capacity utilization rate of the system. As a result of the study, it was observed that there was no problem of waiting in the queues at the call center, and performance analyzes were made by creating a queue model. As a result of the analysis; With the number of customer representatives available, the capacity utilization rate of the system was 59.48 percent, and the service time was 3.27 minutes. Suggestions were made by calculating the number of employees who need to work at the same time.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezimin hazırlanma sürecinde bana göstermiş olduğu sabır, hoşgörü, güven ile birlikte benimle paylaşmış olduğu bilgi birikimi ve deneyimlerinden ötürü çok değerli danışman hocam Sayın Naciye Tuba Yılmaz Soydan'a teşekkürü bir borç bilirim.

Eğitim ve tez hazırlama dönemim boyunca bana desteğini esirgemeyen değerli eşim Gökhan Gülbaz'a, aileme, çalıştığım kurumda bu süreçte bana göstermiş olduğu hoşgörü ve kolaylıklardan dolayı Sayın Osman Fırat ve Sayın Yahya İsmail Bölge'ye, çok teşekkür ederim.

İstanbul, 2020

Güller KOÇ GÜLBAZ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No.

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. ÇAĞRI MERKEZİ	3
2.1 Çağrı Merkezi Tanımı	3
2.2 Çağrı Merkezi Gelişim Süreci	5
2.3 Çağrı Merkezinde Kullanılan Kavramlar	7
2.4 Çağrı Merkezlerinde Sunulan Hizmetler	9
2.5 Çağrı Merkezlerinde Kullanılan Operasyonel tanımlar	11
2.6 Çağrı Merkezlerinde Performans Göstergeleri	12
3. KUYRUK TEORİSİ	15
3.1 Kuyruk Kuramı ve Tarihçesi	15
3.2 Bekleme Hattı Sistemi Bileşenleri	16
3.3 Kuyruk Teorisi Performans Göstergeleri	19
3.4 Kuyruk Teorisinde Maliyet Kavramı	21
3.5 Kuyruk Teorisinde Kullanılan Dağılımlar	22
3.5.1 Poisson Dağılımı	23
3.5.2 Üstel Dağılım	23
3.6 Kuyruk Teorisi Modelleri	24
3.6.1 Tek servisli-sınırsız kuyruk modeli (M/M/1)	26
3.6.2 Çok Kanallı Kuyruk Modeli (M/M/m)	27
3.6.3 Sabit Servis Süresi Modeli (M/D/1)	27
3.6.4 Sonlu Geliş Kaynak Kuyruk Modeli (M/M/1 Sonlu Kaynaklı.)	28
4. UYGULAMA	29
4.1 Literatür Taraması	29
4.2 Firma Çağrı Merkezi Yapısı	32
4.3 Araştırmanın Amacı	33

4.4 Araştırmanın Yöntemi.....	34
4.5 Verilerin İncelenmesi ve Analizi.....	34
4.5.1 Servis Sürelerinin Dağılımı.....	35
4.5.2 Müşteri Geliş Sayılarının Dağılımı.....	36
4.5.3 Sistemin Modeli.....	41
5. SONUÇ	49
EKLER	51
Ek1. Müşteri Temsilcisi Sayısı.....	51
Ek2. Çağrı Merkezi İstatistikleri ...	53
Ek3. Kapasite Analizi.....	57
Ek4. Hizmet Veren Kişi Sayısına Göre Duyarlılık Analizi.....	59
KAYNAKÇA.....	63

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No.
Tablo 1 : Normallik Testi.....	34
Tablo 2 : Servis Süreleri Kolmogorov-Smirnov Test Sonuçları.....	35
Tablo 3 : Müşteri Geliş Adetleri Kolmogorov-Smirnov Test Sonuçları	36
Tablo 4 : Ortalama Çağrı Merkezi Verileri	37
Tablo 5 : Günlere Göre Ortalama Çağrı Merkezi Verileri	37
Tablo 6 : Hafta içi Hafta Sonu Ortalama Çağrı Merkezi Verileri	38
Tablo 7 : Aylara Göre Ortalama Çağrı Merkezi Verileri	38
Tablo 8 : Tanımlayıcı İstatistikler.....	39
Tablo 9 : Sistem Performans Özeti İçin Programa Girilen Veriler.....	41
Tablo 10 : Sistem performans özeti.....	42
Tablo 11 : Müşteri Temsilcisi Sayılarına Göre Karşılaştırma.....	43

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No.
Şekil 1 : Servis Sistemi Çeşitleri.....	19
Şekil 2 : Optimum Servis Düzeyi	22
Şekil 3 : Kuyruk Modelleri.....	24
Şekil 4 : Çağrı Merkezi IVR Şeması.....	33
Şekil 5 : Müşteri temsilci sayısı - Sistem Kullanım Oranı.....	45
Şekil 6 : Toplam Maliyet ile Servis Veren Müşteri Temsilcisi Sayısı.....	45
Şekil 7 : Sistemdeki Ortalama Müşteri Sayısı – Müşteri Temsilcisi Sayısı.....	46
Şekil 8 : Müşterinin Sistemde Ortalama geçirdiği Süre – Müşteri Temsilcisi Sayısı...46	
Şekil 9 : Müşteri Temsilcisi Sayısı – Bekleyen Müşteri Maliyeti.....	47
Şekil 10 : Müşterinin Sistemde Bekleme Olasılığı– Müşteri Temsilcisi Sayısı.....	48

GİRİŞ

Bekleme, gündelik hayatta özellikle hizmet sektöründe sıklıkla görülen bir olaydır. Bankalarda beklenen kuyruklar, alışveriş noktalarının kasa önlerinde oluşan sıralar, örnek olarak verilebilmektedir. Hizmet veren açısından maddi kayıplara neden olurken hizmet alan açısından zaman kayıplarına sebep olmaktadır. Müşteriler açısından firmalar arasında tercih yapma durumlarında sorunsuz hizmet almak, beklemeden hizmet alabilmek çok önemli faktörlerdir.

Firmalar, maliyet artmadan hem müşteri memnuniyetinin hem de hizmette kalitenin sağlanmasını isterler. Bu kalitenin yüksek olabilmesi, ilgili hizmet verenin eğitilmiş ve verimli çalışanlara sahip olması, bununla birlikte oluşan müşteri memnuniyeti ile müşteri sadakati ve yeni müşterilerinin kazanılması, firmalar için amaç haline gelmiştir.

Bekleme durumunun yaşandığı hizmet işletmelerinde iki önemli sorun yaşanmaktadır. İlki müşterinin bekletilmesi ve bekletme nedeniyle oluşan müşteri kaybı, diğeri hizmet biriminin boş kalmasıdır. Bu problemlerin çözümü bilimsel tekniklerin kullanımını günümüzde zorunlu hale getirmektedir.

Zaman içerisinde çağrı merkezleri teknolojilerinin sektörde yer edinmesiyle birlikte, bekleme süreleri rekabet konusu olmuş, bekleme sürelerinin ve maliyetlerin nasıl düşürülebileceği, servis kalitesinin nasıl yükseltilebileceği ile ilgili alanlarda firmaları araştırma geliştirme faaliyetlerine yöneltmiştir. Bu şartlar altında kuyruk (sıra) problemi, hizmet sektörünün en önemli sorunlarından biri olmuş ve birçok yazılımla birlikte bu problem çözülmeye çalışılmıştır. Çağrı merkezi etkinliğini ve müşteri memnuniyetini arttıracak, maliyetleri minimum seviyeye çekecek planlamayı yapacak analizlerden biri Kuyruk Teorisidir. Çalışmada beyaz eşya sektöründen bir firmanın çağrı merkezinin 6 aylık verileri incelenmiş analizleri yapılmış kuyruk teorisinden faydalanılarak model çıkarılmış, performans göstergeleri üzerinden durum tespiti yapılmış ve öneriler getirilmiştir.

Problemlerin ve sorunların yaşandığı dönemlerde karşılama oranları düşmekte, bekleme süreleri artmakta ve buna bağlı olarak, müşteri temsilcilerinin performansında da düşmeler yaşanmaktadır. Müşteri temsilcilerinin boşta kalması durumunda ise iş gücü atıl duruma gelmekte ve bu durum, firmalar için fazladan bir maliyet unsuru olmaktadır.



2. ÇAĞRI MERKEZİ

2.1 Çağrı Merkezi Tanımı

Çağrı merkezi, telefon ve görsel görüntüleme teknolojilerinin bütünleşmesinden oluşmaktadır. Yakın zamanda mevcut teknolojilerle birlikte aktif ses yanıt teknolojisine de sahiptir.¹ Çağrı merkezleri müşterilerine yetkili bir müşteri temsilcisi sağlayarak gün içinde her hangi bir saatte istediği kanaldan (telefon, mobil telefon, internet, sosyal medya) hizmet sağlamaktadır. Çağın gerektirdiği yeniliklerle birlikte müşterilerinin taleplerini karşılamak ve memnuniyetini sağlamak için hem kamu hem de özel firmalarca kullanılmaktadır.²

Günümüzde hem küreselleşmenin hem de bilim ve teknolojiye yaşanan yeniliklerin, pazarlar arasındaki engelleri kaldırması ve ürün çeşitliliğinin artması; müşterileri daha bilgili, seçici ve istekli bir hale getirmiş iken üretici işletmeler arasında ise rekabeti daha zorlu bir hale getirmiştir. Müşteri talep, istek ve beklentilerini karşılamak ve onlara ulaşabilmek firmaların birinci öncelikli hedefleri arasında olup bu hedef doğrultusunda müşterileri ile irtibata geçmek, onlar için daha kaliteli hizmetler sunabilmek adına çağrı merkezleri; müşteriler ve işletmeler arasında iletişimi sağlayan bir köprü görevini üstlenmiştir.³

Çağrı merkezi, müşteriye ve organizasyona değer yaratmak amacı ile organizasyon kaynaklarının ve farklı iletişim kanallarının etkili bir biçimde bütünleşmiş, insanlardan, süreçlerden, teknolojiden ve stratejilerden oluşan koordineli bir sistem olarak tanımlanmıştır.⁴ Bir başka tanıma göreyse çağrı merkezi; üreticilerin veya örgütlerin kendileri ile irtibata geçmek isteyen müşterileri, bayileri, tedarikçileri vb.

¹ Robinson George, Morley Clive ,” Call Centre Management: Responsibilities and Performance”, **International Journal of Service Industry Management**, Vol:17, No:3,(2006) p.284-300

² Sariyer Nilsun, “Çağrı Merkezi Tüketici Profili: Banka Çağrı Merkezleri’nde Bir Uygulama”, **Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, Cilt:10, Sayı:2,(2007) s.473-493.

³ Yüksek Erdiç, (2013). “Çağrı Merkezi Tanımı”. Çağrı Merkezi Yönetimi-I, Editör: Kamil ÇEKEROL, 1. Baskı, Eskişehir, s.3-5

⁴ GÜMÜŞ, M. (2002). “Günümüzün Gelişen Sektörü Çağrı Merkezleri”. **Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 6(2), s.134-141.

telefon, internet, faks, posta, eposta, sosyal medya gibi iletişim araçlarının kullanılmasını sağlayan, kalifiye çok sayıda personelin çalıştığı sektör olarak tanımlanmıştır.⁵

Çağrı merkezleri günümüzde birçok sektörde hem müşteri memnuniyetini hem de hizmet kalitesini yükseltmek için faydalanılan, firmalara ait departmanlar halini almıştır. Turizm firmaları, otel ve sağlık işletmeleri, otomotiv, beyaz eşya ve bankacılık kurumları, devlet kurumları gibi birçok kuruluşa fayda sağlamaktadır.⁶ Çağrı merkezleri; “Müşteri Hizmetleri Merkezi, Müşteri Temas Bölgesi, Çok Kanallı Çağrı Merkezi, Bağlantılı Çağrı Merkezi, Destek Merkezi, Satış ve Hizmet Merkezi, Rezervasyon Merkezi, Teknik Destek Merkezi, Bilgi Masası ve Yardım Masası, Müşteri Etkileşim Merkezi, Müşteri Haberleşme Merkezi” gibi birçok farklı isimlerle nitelendirilmektedir.⁷ Birbirinden farklı isimler kullansalar da çağrı merkezleri; bilgi, randevu, müşteri, yardım, satış ve pazarlama hizmetleri vermektedir.⁸

Çağrılarının türleri bakımından çağrı merkezleri; “Gelen Çağrı Merkezi (Inbound) ve Giden Çağrı Merkezi (Outbound)” olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. “Gelen Çağrı Merkezleri” gelen aramaları karşılamaktadır. Yani belli bir telefon numarası aracılığıyla kendilerine gelen aramalara cevap verip, genel olarak hizmet, destek, yardım, bilgi alma/verme ve işlem yapma gibi ihtiyaçlara cevap vermektedirler. “Giden Çağrı Merkezi” ise dışarı arama yapan, arama gerçekleştiren, belirli bir amaç için bir grup insan tarafından, istenilen hedef doğrultusunda hazırlanmış, belirli telefon numaralarının aranmasıdır. Bu tip çağrı merkezleri genellikle telefonla satış ve pazarlama yapan yani tele-satış, tele-pazarlama yapan merkezlerdir.⁹

⁵ Sarıyer, s. 474

⁶ Ayar Sercan, (2011). “Çağrı Merkezlerindeki Çalışma Koşullarının Örgüte Yabancılaşma, Devamsızlık Ve İşten Ayrılma Eğilimi Üzerine Etkileri: Bir Araştırma”. Beykent Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, s.4

⁷ Candaner Pembe, Kohen Alp. (2011). Bu Yerin Kulağı Var. 3.Baskı, İstanbul, s.45

⁸ Candaner, s. 46

⁹ Candaner, s. 49

2.2 Çağrı Merkezi Gelişim Süreci

Bilinen ilk çağrı merkezi, 1960 yılının sonlarında Ford firmasının kendi müşterilerinin sorunlu araçlarını şirkete bildirmeleri için kurulan çağrı merkezidir. Şikâyetleri toplayabilmek için Ford ve AT&T firması 800 ile başlayan bir danışma hattı kurmuşlardır.1970'lerin başında Continental Havayolları'nın tedarik ettiği ilk ACD (Automatic Call Distributor – Otomatik Çağrı Dağıtıcısı) uygulaması günümüz ile karşılaştırıldığında hem daha pahalı hem de az fonksiyoneldir. Başka alanlarda olduğu gibi çağrı merkezi teknolojileri de zaman içinde gelişmiş ve yaygın hale gelmiştir.¹⁰

90'lı yılların ikinci yarısından sonra bilgisayar, internet ve mobil iletişimdeki ilerlemelerle birlikte yaşanan değişim özellikle müşterilerle olan iletişim çeşitliliği sağlamış, telefon aramaları yanında e-mail, posta, fax, web sayfaları üzerinden yapılan yazışmalar da eklenmiştir. 2000'li yıllarla birlikte, internet kullanımının yaygınlaşması, teknoloji ile birlikte mobil cihazlardan çevrimiçi erişim, sms gibi alternatif kanallar, otomatik santral sistemleri, görüşme kayıt sistemleri, interaktif sesli yanıt sistemleri (Interactive Voice Response-IVR) ve ses teknolojileri gibi birçok otomasyon imkânları sunulmaya başlanmıştır.¹¹

Dünyada 60'lı yıllarda başlayan çağrı merkezi hizmeti, Türkiye'de ilk olarak 1988 yılında Pamukbank tarafından kurulmuştur. 118 bilinmeyen numaralar servisi de ilk kurulan çağrı merkezlerindedir.¹²

Türkiye'de çağrı merkezi sektörü yıllar içerisinde oldukça hızlı bir biçimde gelişmiştir. Bu gelişim süreci, dört dönem olarak özetlenebilir. 1996 öncesi : “Bozulan Ürünü Mağazaya Götürme” dönemidir. Bu dönemde DHL, Cine 5, Citibank, Arçelik gibi az sayıda firmanın çağrı merkezi bulunmaktaydı. Bilgisayar teknolojisinin fazla gelişmemiş olmasından kaynaklı, yapılabilecekler kısıtlıydı. İşletmelerin ve müşterilerin,

¹⁰ Keser Aşkın, (2006). “Çağrı Merkezi Çalışanlarında İş Yükü Düzeyi İle İş Doyumu İlişkisinin Araştırılması”, *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* , (11)1, s. 100-119

¹¹ Yüksel, s. 15-16

¹² Ayar, s. 10

çağrı merkezleri ilgili çok fazla bilgisi bulunmamaktaydı. Tüketiciler, firmalar ile yüz yüze iletişim kurabilmekteydi. 1996 – 2001: “Ayaklanma ve Öğrenme” Dönemi: Bu dönemde özellikle GSM ve banka sektörünün öncülüğünde ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu dönemde en çok kullanılan hizmet CRM (Customer Relationship Management) olmuştur. Pazarlama anlamında müşteri sadakati, segmentasyon, veri tabanları gibi konular talep görmekteydi. Bu dönemde Teleperformance, Metis, Cmc, Global Bilgi gibi firmalar kurulmuştur. 2001 – 2008: “Sahiplenme” Dönemi: Bu dönem artık hem müşteriler hem de işletmelerin çağrı merkezlerini tanıma ve sahiplenme dönemidir. Özellikle teknolojik gelişmelerin ve yatırımların arttığı dönem olmuştur. 2008 – 2014: “Büyüme ve Yayılma” Dönemi: Çağrı merkezlerinin asıl büyüdüğü dönem olmuştur. Outsource (dış kaynak) şirketler artmıştır. Devlet, çağrı merkezi sektörüne daha çok katkı sağlamış, istihdama katkısını desteklemek açısından sektöre teşvik ve destekler sunmuştur. Türkiye’nin çok çeşitli illerine çağrı merkezleri açılmıştır. Sosyal medyadaki gelişmelere paralel olarak, bu kanal da bir temas kanalı olarak müşterilere sunulmuştur.

13

Türkiye Çağrı Merkezleri Derneği tarafından hazırlanan Türkiye Çağrı Merkezi Pazarı 2018 verilerine göre; 2018 yılında 2017 yılına göre pazarın büyüklüğü yüzde 21.5 artmıştır. İstihdam 2017 yılına göre yüzde 5.5 artmış, 91.000 kişiden 96.000 kişiye çıkmıştır. 2019 yılı için 99.000 kişi olacağı öngörülmektedir. En çok istihdamın sağlandığı sektörler; Telekomünikasyon, Finans, Kamu ve Tüketim Ürünleri (Gıda Tekstil, Otomotiv, Beyaz Eşya) olmuştur. Çalışan müşteri temsilcilerinin yüzde 66’sı kadınlardır. Türkiye genelinde 67 ilde çağrı merkezi yatırımı mevcuttur. Hizmet kanallarına bakıldığında en fazla kullanılan telefon, sosyal medya ve e-mail olmuştur.¹⁴

¹³ Kohen Alp, (2015). “Türkiye’de Çağrı Merkezi Sektörünün 4 Evresi”. www.uniq-tr.com/en/turkiyede-cagri-merkezi-sektorunun-4-evresi/

¹⁴ Çağrı Merkezleri Derneği, (2018). “Türkiye Çağrı Merkezi Pazarı 2018 Verileri”, <https://www.cagrimerkezleridernegi.org/Public/Upload/Catalog/CG6TJAF7SNOIW6M.pdf>

2.3 Çağrı Merkezine Kullanılan Kavramlar

Çağrı Merkezleri, telefon, internet, mail gibi kanallar yoluyla müşterilere ulaşan veya müşterilerin ulaştığı bir veya daha fazla telekomünikasyon aracının kullanıldığı, firmalara ait departmanlardır. Çağrı merkezlerinde abandoned call, after call work, agent gibi kavramlar kullanılmaktadır.¹⁵

Abandoned Call; kaçan çağrı anlamlarına gelmekte, cevaplanamayan çağrı olarak da isimlendirilmektedir. Arayan kişinin, müşteri temsilcisine ulaşmadan hattı kapatması anlamına gelmektedir.

Adherence to Schedule; vardiya planına uygun olmayı ifade etmektedir. Müşteri temsilcilerinin çalışma saatlerine uyumlarını göstermeye yarayan genel bir ifadedir.

After call work; çağrı sonrası süreyi ifade etmekte, yapılan görüşme sonrasındaki işi, toparlama süreci anlamına gelmektedir.

Agent; çağrı merkezi müşteri temsilcisine verilen isimi ifade etmektedir.

Agent Status; müşteri temsilcisinin bulunduğu konumu belirten kavramdır. Answered Call; yanıtlanan çağrı anlamına gelmektedir.

Automatic Call Distributor ACD; otomatik çağrı dağıtıcısı anlamına gelmektedir. Genel çağrı merkezlerinde kullanılan özel bir telefon sistemidir. Çağruları otomatik olarak yanıtlayan, sıraya sokan, temsilcilere dağıtan, gecikme anonslarını devreye sokan ve tüm bu faaliyetlerle ilgili eş zamanlı ve geçmiş raporlar tutan, programlanabilir bir aygıttır.

Available Time; uygun, çağrı karşılanmayan zaman anlamına gelmektedir. Müşteri Temsilcisi veya müşteri temsilci gruplarının, çalıştıkları zaman içinde, müşteri aramalarını bekledikleri toplam süre anlamına gelmektedir.

Average time of delay; çağrılardaki gecikme sürelerinin ortalamasını ifade etmektedir. Bütün gelen çağrılardaki gecikme sürelerinin toplamının, kuyrukta bekleme durumunda kalan çağrılara bölünmesi ile elde edilmektedir.

¹⁵ Elvin Coşkun, **Çağrı Merkezinin Matematiği**, Telephone Doctor Türkiye, (2011), s. 85

Average Handle Time; ortalama ele alma süresini ifade etmektedir. Ortalama servis süresi ve ortalama çağrı sonrası süre toplamlarından elde edilmektedir.

Average Number of Agents; ortalama müşteri temsilcisi sayısı anlamına gelmektedir. Çalışma zamanı içerisinde, müşteri temsilcilerinin ortalama sayısını ifade etmektedir.

Average Speed of Answer (ASA); ortalama çağrı cevaplama hızı veya ortalama gecikme süresini ifade etmektedir. Gelen çağrılardaki toplam gecikme sürelerinin, çağrı sayısına bölünmesi ile elde edilmektedir.

Average Time to Abandonment; ortalama terk süresini ifade eden kavramdır. Arayan müşterilerin görüşmeyi sonlandırmadan önce sırada beklediği ortalama süreyi ifade etmektedir. Call; telefon çağrıları, görüntülü aramalar, web ve diğer farklı ulaşım yollarını ifade etmektedir. Gateway Giriş, bir şebekeye işlem sağlamayı amaçlayan bir sunucudur. Grade of service; servis seviyesi anlamına gelmektedir. Bir çağrının, bütün kanallar dolu olduğu için bağlanamaması olasılığını ifade etmektedir. Servis seviyesi genelde "p.01" olarak ifade edilmekte, çağrıların yüzde 1'inin bloke olacağı anlamına gelmektedir. Handling Time; temsilcinin çağrı sonrası işinde harcadığı toplam süreyi ifade etmektedir.

Incoming Call; inbound call olarak da ifade edilmektedir. Genel anlamda, bir merkeze gelen çağrı olarak kullanılan bu terim, çağrı merkezlerinde, dış hatlardan gelen ve bir ACD kuyruğu operatöründe sonlandırılan çağrı anlamında kullanılmaktadır.

Next Available agent; bir sonraki uygun temsilciyi ifade etmektedir. Çağrıları müsait hale gelen bir temsilciye aktaran, çağrı dağıtım metodudur.

Occupancy; temsilci kullanımı (utilization) olarak ifade edilmektedir. Temsilcilerin çağrıları ele almak için harcadıkları sürenin, çağrıların gelmesini bekledikleri zamana yüzde oranı olarak hesaplanmaktadır.

Predictive dialing; dışarıdan gelen çağrıları temsilcilere yönlendiren ve otomatik olarak temsilciyi dışarıyı arama imkânı veren sistemdir. Ring Time; telefonun çalma süresini ifade etmektedir.

Service Level; servis seviyesi, gelen çağrıların belirli bir süre içinde ele alınması olarak ifade edilmektedir.

Skill-Based Routing; yeteneğe göre yönlendirme, arayanın özel ihtiyaçlarını çağrıyı ele alabilecek yeteneğe sahip olan bir temsilciyle, o anda buluşturan bir ACD yeterliliğidir.

Staffed Time; bağlanma süresi, çalışanın toplamda sistemde geçirdiği süreyi ifade etmektedir.

Talk Time; görüşme süresi, bir müşteri temsilcisinin görüşme esnasında arayan müşteri ile harcadığı süreyi ifade etmektedir.

Time in lunch; müşteri temsilcisinin, çalıştığı süre içinde kullandığı öğle yemeği süresini ifade etmektedir.

Time in break; müşteri temsilcisinin, çalıştığı süre içinde kullandığı mola süresini ifade etmektedir.

Total Logged in agents; toplam oturumu açılan temsilci sayısını ifade etmektedir. Visible Queue (Görünen Kuyruk); arayan müşterilerin bekledikleri kuyruğun, ne kadar sürede ilerlediği ifade etmektedir.¹⁶

2.4 Çağrı Merkezlerinde Sunulan Hizmetler

Çağrı merkezlerinde sunulan hizmetlerden bazıları, müşteri hizmetleri, şikâyet yönetimi, teknik destek, kampanya yönetimi, tele pazarlama ve satış, borç hatırlatma ve tahsilat, ikna yönetimi ve analitik hizmetlerdir.¹⁷

Müşteri Hizmetleri; çağrı merkezlerinde işletme müşterilerinin firmanın ürünleri, hizmetleri, kampanyaları gibi konularda bilgi taleplerinin karşılandığı, aynı zamanda müşterilerin şikâyetleri, önerileri, yardım taleplerini ve düşüncelerini alarak, gerekli çözümlerin üretildiği ve ilgili birimlere iletilmesi hizmetlerinin verildiği yerdir.

Şikâyet Yönetimi; müşterilerin kullandığı ürün ve/veya hizmetle ilgili olarak yaşamış oldukları sorunları, problemleri ilettiği ve bu doğrultuda müşteriye gerekli bilgilerin verildiği, çözümlerin sağlandığı bölümdür.

¹⁶ Coşkun, s. 86-95

¹⁷ Kamil Çekerol (Ed.), **ÇAĞRI MERKEZİ YÖNETİMİ I**, Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açık öğretim Fakültesi Yayını, 2011, s. 17-18

Teknik Destek; müşterilerin sahip olduğu araç, cihaz, ürün veya almış oldukları hizmetle ilgili olarak yaşamış oldukları kullanıma yönelik, arıza veya problemlerle ilgili olarak bilgi, teknik anlamda destek veya ilgili birimlere yönlendirme şeklinde desteklerin verildiği birimlerdir. Uzaktan erişim, Sorunların önce kayıt altına alınması, sonra ilgili bir uzmana iletilmesi ve müşterinin geri aranması, müşteri evinde veya yerinde destek verilmesi, müşterinin servis hizmeti verilen yere çağırılması gibi farklı şekillerde hizmetler sunulmaktadır.

Kampanya Yönetimi; müşterilerin, firmanın yaptığı güncel kampanyalarla ilgili olarak, aranarak bilgilendirilmesidir. Bu noktada, müşterinin talebi olur ise başvurusu, kaydı alınıp, varsa yenileme ya da iptal talepleri alınmaktadır.

Tele Pazarlama ve Satış; firmanın, mevcut veri tabanı üzerinden potansiyeli olan müşterileri için, ürünleri ve/veya hizmetlerini pazarlamak için telefon yolu ile tanıtımını ve bilgilendirmesini yaptığı faaliyetlerdir. Bu faaliyetler sonucu satışın gerçekleşmesinin amaç edinilmesidir. Tele pazarlama ile satış arasındaki en temel fark, müşterinin aranması esnasında direkt satışın amaçlanmasıdır.

Borç Hatırlatma ve Tahsilat; firmaların gerek müşterilerinden gerek bayilerinden, tedarikçilerinden veya birlikte çalıştığı diğer kuruluşlardan, kişilerden olan alacaklarını takip etmek ve tahsil etmek için yürütmüş olduğu hizmetlerdir. Vadesi yaklaşmış, geçmiş veya yasal sürece girmiş olan borçların hatırlatılması ve tahsil edilmesidir.

İkna Yönetimi; günümüzde, küreselleşmenin ve rekabetin artmasıyla birlikte, mevcut müşterilerin korunması firmalar için önemli bir öncelik haline gelmiştir. Bu bakımdan hem mevcudu korumak hem de kaybedilen müşterilerin yeniden kazanılması için çalışan birimdir. Uygulamada ilişkisini sonlandırmak isteyen ve ilişkisi sonlanmış olan müşterilere yönelik olarak, onları firmada tutmak veya yeniden kazanmak adına sunulan teklifler, avantajlar ile onları kazanmaya yöneliktir. Ayrıca günümüz teknolojisinde müşterilerini iyi analiz eden müşteri hizmetleri yönetimi, müşterilerin

kullanım alışkanlıklarından, veri tabanında bulunan şikâyetlerinden, talepleri veya sahip olduğu ürünlerinden, aldıkları hizmetlere bakarak, bir risk değerlendirmesi yapıp, durum daha ortaya çıkmadan gerekli önlemleri alarak, daha düşük maliyetlerle müşterilerini kazanmasıdır.

Analitik Hizmetler; henüz belli olmayan ihtiyaçları, risk ve fırsatları ve buna benzer konuları öngörmek ve ortaya çıkartmak amaçlı yapılan işlemlerdir. ¹⁸

2.5 Çağrı Merkezlerinde Kullanılan Operasyonel Tanımlar

Çağrı merkezlerinde kullanılan operasyonel kavramlar, İnteraktif sesli yanıt sistemi (IVR), Otomatik çağrı dağıtımı (ACD), bilgisayar telefon entegrasyonu (CTI), otomatik numara tanımlaması (ANI) ve IP üzerinden ses (VOIP – Voice over IP olarak isimlendirilmişler). ¹⁹

İnteraktif sesli yanıt sistemi (IVR); çağrı merkezine gelen çağrıları karşılayan ve birçok parametreye göre gelen çağrıyı yönlendiren karşılama sistemidir.

PBX (Private Branch Exchange); firmalara özel telefon santrali olup, işletme içi dâhili haberleşmeyi ücretsiz sağlamaktadır. Gelen çağrıyı bekletme, karşılama, dağıtma gibi özelliklere sahiptir.

Otomatik çağrı dağıtımı (ACD); çağrıları otomatik olarak cevaplayan, sıralayan, müşteri temsilcilerine dağıtan, arayanlara gecikme anonsları yapan ve bu aktiviteler hakkında gerçek zamanlı ve tarihi raporlar sağlayan programlanabilir bir cihazdır.

Bilgisayar telefon entegrasyonu (CTI); telefon hizmetlerini geliştirmek için verileri ses sistemleriyle birleştirmektir.

¹⁸ Çekerol, s. 19

¹⁹ Zekeriya Arslan, A'dan Z'ye Çağrı Merkezi Dünyası - Çağrı Merkezi Terimleri, VodaSoft Bilişim Sistemleri, (2006), <http://www.vodasoft.com.tr/terimlerkisaltmalar-131.html>

Otomatik numara tanımlaması (ANI), çağrı uygun tarafa yönlendirirken, arayan numarasının veri tabanından alınmasına izin vermektedir.

IP üzerinden ses (VOIP – Voice over IP); IP ağları üzerinden ses iletimini ifade etmektedir. Hem ses hem de verinin aynı ağ altyapısı üzerinden iletişimini ifade etmektedir.

2.6 Çağrı Merkezlerinde Performans Göstergeleri

Çağrı merkezlerinde uygulanan ölçme ve takip sistemleri, ulaşılabilirlik, verimlilik ve kalite kriterlerinden oluşmaktadır.²⁰

Ulaşılabilirlik kriterleri; bir çağrı merkezinde tüm sürecin ulaşılabilir olması gerektiğini ifade etmektedir. Servis level, abandon call rate, ASA (ortalama yanıt hızı) ulaşılabilirlik kriterlerine örnek olarak verilebilmektedir.

Service Level (Hizmet Seviyesi); çağrılarının yüzde a'sının b saniyeden önce karşılanması anlamına gelmektedir. Uygulamada en fazla kullanılan hedefler; çağrılarının yüzde 80'nin ilk 20 saniyede karşılanması veya %70'nin ilk 30 saniyede karşılanması gibidir. Hedef, sadece gün ve ay ortalamalarından oluşmamaktadır. Bir çağrı merkezi için önemli olan her zaman ulaşılabilir olabilmektir. Dolayısıyla planlanan her saat aralığı için bu hedefin olması gerekmektedir. Günün ortalaması üzerinden yapılmamalıdır. Hedef ulaşılabilir düzeyde verilmelidir. Sürekli değişen bir hedef olmamalıdır.

Abandon Call Rate – (ACR Kaçan Çağrı Oranı); belirli bir zaman aralığı içinde, gelen çağrılarının karşılama oranını ifade etmektedir.

Average Speed of Answer – ASA (Ortalama Yanıt Hızı); ortak veri seti kullanımından dolayı, service level hedefi ile paralel hedeflerdir. Çağrı merkezini yanıtlamış olduğu tüm çağrılarının ortalama ne kadar sürede yanıtlandığını ölçmektedir.

²⁰ Alp Kohen, “Çağrı Merkezi Performans Göstergeleri”, [Electronic Version], www.callschool.org/index.php?q=node/58, 13/09/2019

Çağruların karşılanmadan önce kuyrukta ortalama ne kadar beklediğini göstermektedir. ASA = abandon edenler hariç tüm çağruların kuyrukta bekleme süresi / tüm yanıtlanan çağrılar (calls answered) olarak formülize edilmiştir. ASA, bir müşterinin IVR'da geçirdiği süreyi kapsamayıp, müşteri temsilcisine bağlanmak için beklediği süreyi ifade etmektedir.

ATA: Average Time of Abandonment (ortalama terk süresi); bekleyip kapatan müşterilerin ortalamada ne kadar süre bekleyerek kapattıklarını gösteren ifadedir. Longest Call / Oldest Call; en uzun süre bekleyen çağrıyı ifade etmektedir.

Verimlilik kriterleri; ortalama konuşma süresi, ortalama çağrı sonrası süre, vardiya planına uyum ve doluluk, verimlilik kriterlerine ait kavramlardır. Bir çağrı merkezinde verimlilik, mümkün olan en az insan kaynağı ile en fazla çağrının yanıtlanma çabası olarak özetlenebilmektedir.

Ortalama konuşma süresi (average talk time); yapılan tüm görüşme süreleri toplamının, karşılanan çağrı sayısına bölümü ile hesaplanabilmektedir. Yüksek seviyelerde olması, daha fazla çalışana ihtiyaç duyulmasına sebep olabilecek ve bir maliyet unsuru oluşturması anlamına gelecektir.

Ortalama çağrı sonrası iş süresi (after call work time); çağrı tamamlandıktan sonra o çağrı ile ilgili yapılması gereken iş/işlere verilen isimdir. Çağrı sonrası yapılan işler esnasında müşteri temsilcisi çağrı alamamaktadır ve bu durum verimlilik kaybına sebep olabilmektedir.

Vardiya planına uyum (schedule adherence) ve uyumluluk (compliance); doğru zamanda doğru yerde olmak olarak da özetlenebilir bir göstergedir. Müşteri temsilcilerinin vardiya planına uyumunu ifade eden genel bir terimdir.

Doluluk (Occupancy); müşteri temsilcilerinin verimli geçirdikleri sürenin (Talk Time + ACW) çağrı almak dâhil beklerken toplam masalarında buldukları süreye olan

oranıdır. Çalışanın, sistemde çevirim içi kaldığı süreden, müşteri temsilcisinin mola zamanı, yemek arası, eğitim alma sürelerinin çıkarılması ile hesaplanabilmektedir.

Kalite Kriterleri; çağrı denetimi, ilk seferde çözülen çağrı oranı ve hata oranı, kalite ölçütlerini oluşturmaktadır.

Çağrı Denetimi / Çağrı Dinleme; çağrı merkezlerinde sunulan hizmetin kalitesini ölçmek için, çoğunlukla çağrı merkezlerinde kullanılan bir hizmettir. Çeşitli kriterlere göre dinlenen kayıtlara not verilmesidir. Tek olumsuz görülebilecek yanı tek taraflı olmasıdır. Değerlendirme yapan kişinin bilgi birikimi, deneyimleri, bakış açısı, süreçleri anlaması gibi birçok parametreye bağlı olarak değişebilmektedir.

İlk seferde çözülen çağrı oranı (First Call Resolution); ilk seferde çözülen / sonuçlanan çağrıların toplam çağrılara oranıdır. Hizmette kalitenin sağlanması adına, problemlerin tespiti ve kök sebebe inilmesi ve iyileştirilmesi için kullanılmaktadır. Ayrıca mükerrer, tekrar eden çağrılarının azaltılması ile maliyet tasarrufu sağlanmaktadır.

Hata / Tekrar Oranı; müşteri temsilcilerinin yaptığı hataların, toplam temas sayısına oranıdır. Hataların gruplanması, hazırlanması açısından zaman alabilecek bir göstergedir.

3. KUYRUK TEORİSİ

3.1 Kuyruk Kuramı ve Tarihçesi

Yöneylem araştırması, daha iyi karar verebilmek amacıyla, ileri analitik yöntemlerin uygulanma disiplini olarak tanımlanabilmektedir. Beklene, günlük yaşamın her alanında karşılaşılabilecek bir olaydır. Banka gişelerinde oluşan kuyruklar, marketlerde ödeme yapabilmek amacıyla kasada oluşan kuyruklar, hastanede hasta kuyrukları örnek olarak verilebilmektedir.

Kuyruk teorisi, bekleme hatlarını matematiksel olarak analiz etmektedir. Özellikle mevcut kapasiteyi aşan durumlarda oluşan kuyrukların çözülebilmesi, bazen zor şartlar altında yapılabilmektedir. Bazen hizmet süresini uzatmak durumunda kalınmakta ve bu durum maliyetlerin artmasına neden olmaktadır. Uzun kuyruklar, firma için itibar kaybına dahi neden olabilmektedir. Kuyruk teorisi bu problemi tek başına çözmekte yeterli olmaz, ancak firmaya birçok bilgi sunup, karar alma süreçlerinde önemli katkılar sağlayabilmektedir.²¹

Hizmet almaya gelen müşterinin hemen karşılanamaması, servis altyapısının yetersiz kalması ve kuyrukta bekleme problemi, sistemde yoğunluk ve birikme oluşturmaktadır. Bu birikim durumuna "Bekleme Hattı" veya "Kuyruk", probleme ise "Bekleme Hattı Problemi" veya "Kuyruk Problemi" adı verilmektedir. Bu yöndeki kurumsal çalışmalara da "Bekleme Hattı Kuramı" veya "Kuyruk Kuramı" adı verilmektedir.²²

Firmalar, müşteri ihtiyaçlarını karşılamak ve memnuniyeti sağlamak amacıyla, servis sağlayıcı için birim sayısına ve niteliğine karar verme süreciyle karşı karşıya kalmaktadırlar. Kuyruk teorisinin temel amacı, birimlerin servis ihtiyacına yönelik bir

²¹ Güngör Sevgin, "Sıra bekleme sistemlerine benzetim tekniği yaklaşımı ve bir hastane uygulaması", **Doktora Tezi**, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2000, s. 63

²² Osman Çevik ve Ayşe Elif Yazgan, "Hizmet Üreten Bir Sistemin Bekleme Hattı (Kuyruk) Modeli İle Etkinliğinin Ölçülmesi", **Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt.1, Sayı.2, Aralık 2008, S. 119-128

matematiksel model oluşturmak ve bu model sayesinde kuyruk uzunluğunu ve bekleme sürelerini optimize etmektir.²³

Kuyruk teorisiyle ilgili ilk çalışma (matematiksel anlamda) Agner Krarup Erlang'ın 1909 yılındaki "Olasılık teorisi ve telefon konuşmaları" isimli çalışmasıdır.²⁴ Erlang bu çalışmasında, telefon santrali üzerinden telefon etmek isteyen, bununla birlikte santralin sürekli meşgul olmasından dolayı beklemek zorunda kalınmasının nedenleri üzerinde çalışmıştır. Bu çalışmada sürekli meşgul olma nedeninin, operatörlerin çalışma hızından kaynaklandığını tespit etmiştir. Bu noktada gecikmelerin operatör başına hesaplanamaması sorunu Erlang'ın üstünde çalıştığı ana sorundur. Sorun ile ilgili çalışmaları ilerledikçe çağrı başına düşen müşteri sayısı için Poisson ve konuşma süreleri için de üstel dağılımın uyduğunu gözlemledikten sonra, araştırmalarını bu alanlara doğru kaydırmıştır. Bu çalışmalar diğer bilim adamlarına da esin kaynağı olmuştur. 1930 – 1950 yılları arasında Crommelin telefon sistemi için bekletilen telefonlarla ilgili olasılıklar üzerine formüller geliştirilmiştir.²⁵

3.2 Bekleme Hattı Sistemi Bileşenleri

Bekleme durumunda oluşan maliyetler, hizmet sunma maliyeti ve hizmet sunmadaki gecikmenin (müşteri bekleme süresinin) maliyetidir. Kuyrukta beklerken geçen süre insan, makine, ekipmanlar vb. için maliyet olarak kabul edilmektedir. Bu sürenin azaltılması için mevcut hizmet kapasitesinin artırılması gerekmektedir. Hizmet sunma ve hizmet sunmadaki gecikmelerin maliyetlerine bakarak, uygun seviyelere getirilmesi gerekmektedir.²⁶

Bekleme hattı sistemi, müşterilerin mevcut geliş sistemi yapısına göre geldikleri ve tanımlı olan servis hizmetlerine göre hizmet aldıkları sistemlerdir. Bu sistemde hizmet

²³ Tekin, s. 32

²⁴ Khalaf Rehab, (2012). "On some queueing systems with server vacations, extended vacations, breakdowns, delayed repairs and stand-bys", **Yayınlanmamış Doktora Tezi**, England, Brunel University, s. 15

²⁵ Halil Sariaslan, **Sıra Bekleme Sistemlerinde Simülasyon Tekniği**, Ankara Üniversitesi Yayınları, (1986), Ankara\ 37-38

²⁶ Mahmut Tekin, **Sayısal Yöntemler (Bilgisayar Çözümlü Alıştırmalar)**, 6. Baskı, Konya: Selçuk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, 2008, s. 328

talep eden ve sađlayan kiřilerin sayısı bir veya birden fazla da olabilmektedir. Műřteri hatta ilk girdiđinde eđer sistem bořta ise hemen hizmet alırken, meřgul olması durumunda kuyruđa girmektedir.²⁷

Bekleme hattı problemlerinin temel kavramları, müşteriler, geliş özellikleri (λ), kuyruk disiplini, servis disiplini, servis olanaklarının yapısı ve servis oranı (μ) olarak tanımlanabilmektedir.

Müşteriler; hizmet almak isteyen kişiler olarak ifade edilebilmektedir. Kuyruk sistemine gelişleri rastgele olabileceği gibi, önceden de bilinebilmektedir.

Geliş özellikleri (λ); birim zamanda servis hizmeti almak için gelen müşterilerin sayısı olarak ifade edilebilmektedir. Normal olarak geliş özelliklerinin, Poisson Dağılımına göre rastgele dağılım verdiği varsayılmaktadır.²⁸ Ayrıca geliş özelliklerini açıklamak için sabit dağılım, Üstel Dağılım ve Erlang Dağılımı kullanılmaktadır. Müşterilerin sisteme gelişleri farklı özelliklere sahip olmaktadır. Müşterilerin geldiği kaynak bir veya birden fazla, sonlu veya sonsuz; kuyruğa gelişleri tek tek ya da gruplar halinde olabilmektedir. Kuyruk disiplini; kuyruktan seçilen müşterilerin sırasını gösteren kuyruk disiplini, kuyruk modellerinin analizinde önemli bir faktördür. Eğer gelen müşteri sayısı, servis veren kapasitesinden büyük ise kuyruk oluşacaktır. Kuyrukta müşterilerin göstereceği tepki ve davranışlara göre oluşabilecek çeşitli durumlar söz konusu olmaktadır. Eğer kapasite dolmuş ise, gelen çağrı kabul edilmeyecektir. Hizmet almak isteyen müşteri, kuyrukta uzun zaman bekleyeceğini düşünürse, kuyruğa girmeden çıkış yapacaktır. Sisteme giren ve kuyrukta bekleyen bir müşteri, bir süre bekledikten sonra çıkış yapabilir ve çok kanallı sistemlerde müşteri daha az zaman harcayacağını düşündüğü için, kuyruğa girerek yer değişikliği yapabilecektir.²⁹

²⁷ Christian Dombacher, (2010). "Queueing Models for Call Centres ", **Yayınlanmamış Doktora Tezi**, Deutsch-Wagram, Austria , Technische Universität Wien, s. 53

²⁸ İbrahim Doğan, **Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları**, 1. Basım, İstanbul: Bilim Teknik Yayınevi, 1995, s. 429

²⁹ Hamdy A. Taha, Alp Baray ve Şakir Esnaf, **Yöneylem Araştırması**, 5. Baskı, İstanbul: Literatür Yayıncılık, 2007, s. 599

Servis disiplini; kuyrukta beklemekte olan müşterilerin servis hizmetine dâhil edilme sırası ve öncelik verilmesi ile ilgili olup, FCFS, LIFO, SIRO ve PRI olarak dört tip servis disiplininden söz edilebilmektedir.³⁰

FCFS – İlk gelen ilk servis alır (First Come First Served); ilk gelen ilk servisi almakta, müşterinin hangi amaçla geldiği değil sisteme geliş sırasına bakılmaktadır.

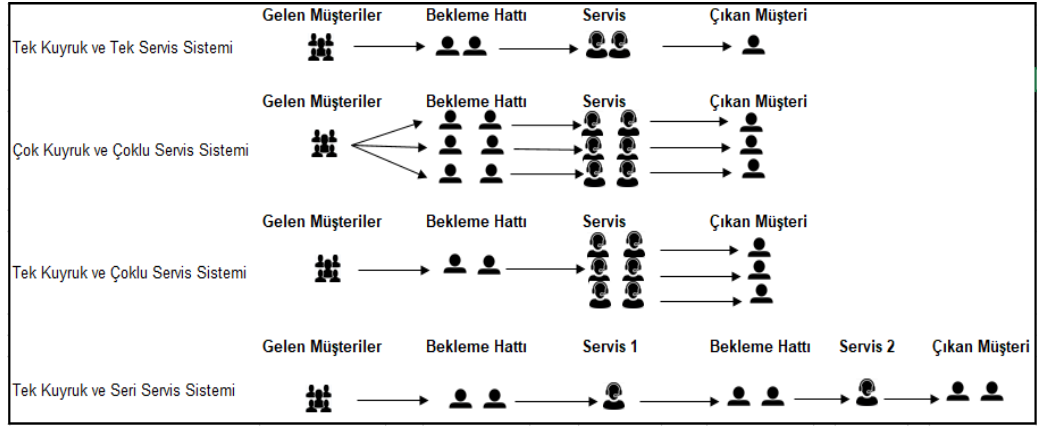
LIFO – Son gelen ilk servisi alır (Last In First Out); son gelen ilk servisi alıp sistemde yeni gelen müşteriler ilk sıradan işleme alınmaktadırlar. Eğer servis hizmeti alan bir müşteri var ise, yeni gelen müşterinin işlemi bitene kadar bekletilmektedir.

SIRO- Rastgele Sırayla Servis (Service In Random Order); rassal sırada, rastgele hangi müşteri denk gelir ise ona hizmet verilmektedir.

PRI- Öncelikli Servis Disiplini (Priority Queue Discipline); bu disiplin, iki biçimde uygulanmaktadır. İlki; eğer öncelikli bir müşteri sisteme gelir ise o anda hizmet almakta olan müşteri sistemden çıkartılıp yerine gelen müşteri alınmaktadır. Tam öncelikli servis olarak ifade edilmektedir. Hizmet alan kişinin hizmeti biter ardından kuyrukta bekleyen müşterilerden önce yeni gelen müşteri alınır ise, tam öncelikli olmayan hizmet servisini ifade etmektedir.

Servis olanaklarının yapısı; servis sağlayıcılarının birim anlamında fiziki olanaklarının özelliklerini yansıtmaktadır. Genellikle servis olanaklarının düzenlenmesinde, hizmet yapısı tek kanallı ve çok kanallı şeklinde bir ayırım yapılmaktadır.

³⁰ Sarıaslan, s.11



Şekil 1: Servis Sistemi Çeşitleri

Kaynak: http://kisi.deu.edu.tr/gokce.baysal/kuyruk%20teorisi_sunum.pdf

Servis oranı (μ); hizmet almaya gelen müşterilerin isteklerini karşılamak için, birim zamanda verilen hizmetin servis süresini ifade etmektedir. Müşterilerin servis süreleri aynı miktarda süreyi gerektirirse, servis oranının Uniform Dağılıma uyduğu, karmaşık olan servis oranları ise Erlang veya Üstel Olasılık Dağılımları ile ifade edilmektedir.³¹

3.3 Kuyruk Teorisi Performans Göstergeleri

Performans ölçümünde kullanılan kriterler, bekleme süresinin ve sistemde geçirilen sürenin dağılımları, sistemde müşteri sayılarının dağılımı, sistemdeki iş yükü miktarının dağılımı ve servis istasyonunun meşgul süresinin dağılımı olarak ifade edilmektedir. Sistemde geçirilen süre, bekleme süresi ile servis süresinin toplamlarından oluşmaktadır. Sistemdeki iş yükü miktarının dağılımı, bekleyen müşterilerin servis süreleri ile servis alan müşteriden artan servis süresinin toplamlarından oluşmaktadır. Servis istasyonunun meşgul süresinin dağılımı ise, servis istasyonunun devamlı suretle çalıştığı zamanı içermektedir.

Bunların içinden ortalama bekleme süresi, sistemde geçirilen ortalama süre gibi temel performans ölçütleri, özellikle mevcut sistemin performansının anlaşılmasında

³¹ Ahmet Öztürk, **Yöneylem Araştırması**, 14. Baskı, Bursa: Ekin Yayınevi, 2012, s. 690-691

önem arz etmektedir. ³² Bu noktada kararlı durumdaki kuyruk sistemlerinin performans ölçütleri aşağıda açıklanmıştır.

λ = Birim Zamanda Servis Görmek Üzere Gelen Müşterilerin Sayısı. (Ortalama geliş oranı)

μ = Zaman Birimi Başına Servis Sayısı. (Ortalama servis oranı)

c = Sistemde Açık Bulunan Gişe Sayısı.

ρ = Sistemin Ortalama Etkinliği (Doluluk Oranı)

L_q = Kuyrukta Ortalama Müşteri Sayısı

L_s = Sistemde Ortalama Müşteri Sayısı

W_q = Kuyrukta Bekleme Süresi

W_s = Sistemde Bekleme Süresi

P_n = Sisteme Gelen Bir Müşterinin Bekleme Olasılığı

P_w = Sisteme Gelen Bir Müşterinin Bekleme Olasılığı

P_0 = Sistemin Boş Olma Olasılığı (Sistemde Müşteri Olmama Olasılığı)

M = Bir Gişenin Birim Zamanda İşletme Maliyeti

Kuyruk sistemlerinin operasyonel karakteristikleri, aşağıda ifade edilen formüller kullanılarak hesaplanmıştır.

$P_0 = 1 - (\lambda/\mu)$ - Sistemde müşteri olmama olasılığı

$P_n = [1 - (\lambda/\mu)] (\lambda/\mu)^n$ - Sistemde “n” müşteri olma olasılığı

$L = \lambda / (\mu - \lambda)$ - Sistemdeki ortalama müşteri sayısı

$L_q = \lambda^2 / [\mu(\mu - \lambda)]$ - Sıradaki ortalama müşteri sayısı

$W = 1 / (\mu - \lambda)$ - Sistemde bir müşteri tarafından harcanan ortalama zaman

$W_q = \lambda / [\mu(\mu - \lambda)]$ - Sırada bir müşteri tarafından harcanan ortalama zaman

$P_w = \lambda/\mu$ - Varış yapan müşterinin hizmet almak için bekleme olasılığı

$\rho = \lambda/\mu$ - Hizmet hattının kullanım oranı

Bir müşterinin, sistemde “t” süresinden fazla bekleme olasılığı; $P(X>t) = e^{-(\mu - \lambda)t}$

³² Tekin, s. 492

Servis oranı, geliş oranından ($\mu > \lambda$) fazla olmalıdır. Eğer fazla olmaz ise, kuyruk çok uzun olabilecektir.³³

3.4 Kuyruk Teorisinde Maliyet Kavramı

Günümüzde firmaların yaşadığı sorunlardan biri, müşterileri için verimli ve etkin bir servis hizmet sisteminin oluşturulamamasıdır. Müşteriler, hizmet talebi ile geldiklerinde, bir an önce işlerinin tamamlanmasını beklerler. İşletme, müşterileri olması gerekenden fazla beklettiğinde, müşteri kaybı ile karşı karşıya kalmaktadır. Aynı zamanda işletme yöneticileri, hizmet sağlama noktasında, mevcut çalışan sayısını da düşünmek zorundadır. Yöneticiler, hizmet kalitesini arttırmak ve aynı zamanda müşterilerinin bekleme sürelerini de en az seviyede tutmayı isterler. Böylece hem firmanın hem de müşterinin çıkarlarının çatışmadığı bir ekonomik dengenin gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu denge, bekleme hattı modelleri ile gerçekleştirilmektedir.³⁴

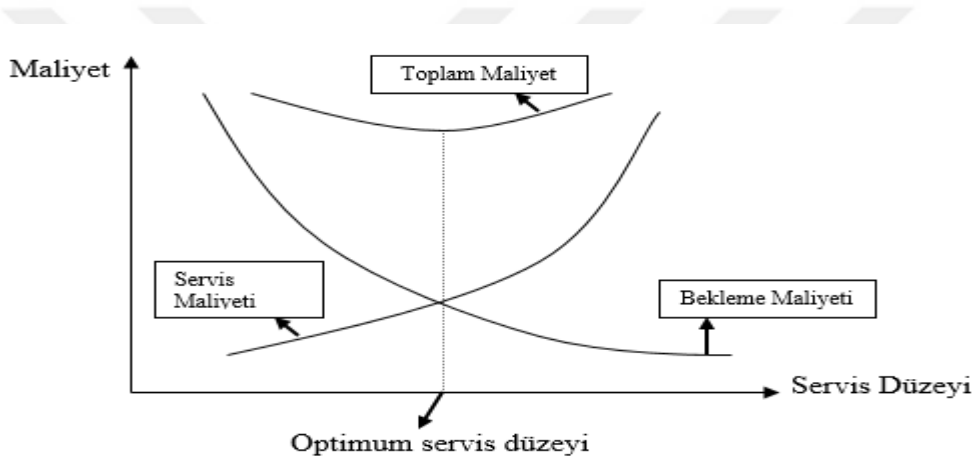
Kuyruk modeli, iki tür maliyet kaleminden oluşmaktadır. Bunlardan ilki müşterilerin beklemekten kaynaklı maliyetleri, diğeri hizmet imkânlarının boşa kalmasından kaynaklanan maliyettir. Hizmet almak isteyen müşterilerin tamamına yakını için hizmet vermek isteyen firma, olası değişiklikleri göz önünde bulundurarak, hizmet kapasitesini gereğinden fazla tutmak durumunda kalmaktadır. Bu nedenle, zaman zaman hizmet kaynaklarının boşa kalması durumu yaşanmaktadır. Boşa kalma sebepleri, müşteri olmamasından olabileceği gibi, hizmet almak için kuyrukta bekleme durumlarından veya müşterilerin sisteme girişleri arasındaki zaman farklılıklarından da kaynaklanmaktadır. Talebin az olmasından dolayı boşa kalan hizmet noktalarındaki işletme giderlerine, boşa kalış maliyeti adı verilmektedir. Bu maliyet, hizmet kapasitesiyle doğru orantılıdır. Kapasite arttıkça maliyet de artacaktır. Taleplerin karşılanmasında sorun yaşandığında, müşterilerin kuyrukta beklemesi söz konusu olmaktadır. Bunun sebebi, işletme kaynaklarındaki yetersizlik veya kaynakların en uygun düzeyde kullanılamamasından kaynaklanmaktadır. Müşterinin kuyrukta beklemesi

³³ Tekin, s. 493

³⁴ Mehmet Şahin, **Üretim Yönetimi**, Anadolu Üniversitesi Yayınları, 1995, s. 255-256

bekleme zamanı maliyeti oluşturmaktadır. Hizmet kapasitesiyle ters orantılı çalışmaktadır. Yani kapasitenin artması, bekleme zaman maliyetini azaltacaktır.³⁵

Yüksek seviyede verilen servis hizmeti, servis maliyetlerini artırırken, bekleme maliyetlerini azaltacaktır. Tersisi durumda ise servis maliyetleri azalırken, bekleme maliyetleri artacak ve kuyrukta bekleme süreleri artarken, müşteri kaybına da sebep olacaktır. Şekil 2’de hem bekleme hem de servis maliyetlerinin toplamı olan toplam maliyetlerin en düşük seviyede olduğu nokta, optimum seviyeyi verecektir. Firmalar, bu optimum seviyede tutmayı amaçlamaktadırlar.



Şekil 2: Optimum Servis Düzeyi

Kaynak: Barry Render ve Ralph M. Stair, “Quantitative Analysis for Management”,1994, s.636-638

3.5 Kuyruk Teorisinde Kullanılan Dağılımlar

Müşterilerin bekleme hattı kuyruk sistemine girişlerinin çoğunlukla tesadüfi şekilde olduğu kabul edilmektedir. Müşterilerin girişleri arasındaki sürenin açıklanmasında genellikle Üstel, Poisson, Erlang ve Sabit Dağılımlar kullanılmaktadır.³⁶

³⁵ Osman Çevik ve Ayşe Elif Yazgan, “Hizmet üreten bir sistemin bekleme hattı (kuyruk) modeli ile etkinliğinin ölçülmesi.”, *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Sayı. 1, No. 2, (Aralık 2008), s. 119-128.

³⁶ Öztürk, s. 430

Müşterilerin geliş sayıları Poisson dağılımdayken, gelişler arasındaki süreler Üstel dağılıma uygundur.

3.5.1 Poisson Dağılımı

Kesikli rassal değişkenlerin olasılık dağılımlarından biri poisson dağılımıdır. Günlük hayatta ve hatta pek çok uygulamada kullanım alanı bulunmaktadır. Bir çağrı merkezine belli bir saat aralığında gelen çağrı sayısı, beyaz eşya sektöründe bir üretici firmanın soğutucu üretim bandına gelen ürün sayısı gibi örneklendirilebilmektedir. Bu dağılımda olaylar rassal gelişmekte olup, belirli bir sıra izlemezler ve önceden tahmin edilemezler. Belirli bir yerde rastgele bir şekilde dağılım göstermiş olayların olasılıklarının hesabında kullanılmaktadır. Poisson dağılımının ortalaması ile standart sapması eşittir.³⁷

$$\text{Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu: } f(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} (x > 0)$$

λ =Birim Zamanda Servis Görmek Üzere Gelen Müşterilerin Sayısı. (Ortalama geliş oranı)

x =Olay sayısı (Ortaya çıkma olasılığına bakılan olay sayısı)

$e=2.71828$ (doğal logaritmanın tabanı)

3.5.2 Üstel Dağılım

Genel anlamda kuyrukta oluşan bekleme süreleri rassal bir karakter göstermektedir. Kuyruk oluşumu, müşterilerin rastgele sisteme girişlerinden oluşmaktadır. Burada rassallık, bir müşterinin gelişinin zaman açısından, bir başka bir müşterinin sisteme gelişinden bağımsız olduğunu göstermektedir. Rassal olarak gelen müşterilerin aralarındaki geliş süreleri ve her birinin aldığı hizmet süreleri kuyruk modeli oluşturmak amacıyla niceleyici olarak Üstel dağılım ile açıklanmaktadır.³⁸

³⁷ Fatma Özkan, "Bekleme hattı (kuyruk) modelleri ve bir çağrı merkezi uygulaması", **Yüksek Lisans Tezi**, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2010, s. 22

³⁸ Taha ve Esnaf, s. 601

Üstel dağılım müşteri geliş süreleri rastgele olan değişkenlerde kullanılmaktadır. Dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu ve birikimli olasılık fonksiyonları alttaki formüller kullanılarak hesaplanmaktadır.³⁹

Olasılık yoğunluk fonksiyonu

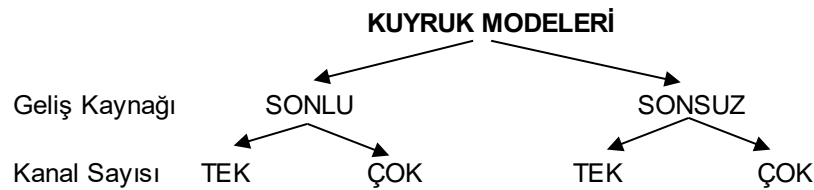
$$f(x) = \frac{1}{\mu} e^{-x/\mu} \quad x \geq 0$$

Birikimli olasılık fonksiyonu

$$P(x \leq x_0) = 1 - e^{-x_0/\mu}$$

3.6 Kuyruk Teorisi Modelleri

Kuyruk teorisi, müşterilere hizmet verebilmek için, kaynakların belirlenmesinde kullanılmaktadır. Modelleme sistemin revize edilmesi ve performansın artırılması için güçlü bir araç olarak kullanılmaktadır. Kuyruk modelleri, geliş kaynağının büyüklüğüne ve kanal sayılarına göre sınıflandırılmış ve şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3: Kuyruk Modelleri

Kuyruk sistemlerini özetlemek için (a/b/c) : (d/e/f) notasyonu kullanılmaktadır. İlk üç elemanı (a/b/c) 1953 yılında D.G. Kendall tarafından önerilmiş ve literatürde Kendall notasyonu olarak bilinmektedir. Daha sonra notasyona 1966 yılında d ve e sembolleri A.M. Lee tarafından ilave edilmiştir. Son olarak notasyon 1968 yılında Hamdy A. Taha tarafından f sembolü de eklenerek son halini almıştır. Bu nedenle kuyruk

³⁹ Abdülkadir Uyrun, "Bekleme Hattı (Kuyruk) Modeliyle Servis Sisteminin Analizi: Hızlı Yiyecek İçecek İşletmesinde Bir Uygulama", **Yüksek Lisans Tezi**, Düzce Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2012, s. 22-23

sistemlerine yönelik bu gösterim Kendall – Lee – Taha notasyonu olarak ifade edilmektedir.⁴⁰ Bu sembollere ilgili açıklamalar aşağıda belirtilmiştir.

(a/b/c) : (d/e/f)

- a. Gelişlerin veya gelişler arası zaman dağılımı,
- b. Servis süresinin veya gidişlerin (ayrılış) dağılımı,
- c. Paralel servis kanalı sayısı,
- d. Servis disiplini,
- e. Sistemde (serviste ya da kuyrukta) müsaade edilen maksimum sayı,
- f. Kaynak kapasitesi (birey sayısı).

Aşağıda belirtilen tanımlamalar sistemin özelliğine göre üstte gösterilen a ve b notasyonlarının yerine gelebilecek dağılımlardır. Bunlar aynı zamanda bir kuyruk sisteminin de bileşenlerini oluşturmaktadır.

M: Poisson geliş veya ayrılış dağılımları (gelişler arası sürenin veya servis süresinin üstel olmasıyla eş anlamlıdır)

D: Sabit gelişler arası veya servis süresi.

E_k : Müşteri geliş süreleri veya aldıkları hizmet sürelerinin Erlang dağılımlıdır. N gelişler arası veya servis dağılımının k parametrelili Erlang veya Gamma dağılımı olması.

GL: Gelişlerin (veya gelişler arası sürenin) bağımsız dağılımı.

G: Ayrılış (veya servis süresinin) genel dağılımı.

Modeller yönelmiş oldukları sistemlere göre çeşitli özellikler taşımaktadır. Bu sebepten modelleri birbirinden ayırt edebilmek için literatürde standart bir biçim bulunmamaktadır. Bazı araştırmacılar geliş kaynağına göre sonlu veya sonsuz, bazı araştırmacılar da servis kanalları sayısına göre tek veya çok kanallı modeller olarak tanımlayabilmektedir.⁴¹

⁴⁰ Osman Halaç, **Kantitatif Karar Verme Teknikleri (Yöneylem Araştırması)**, İstanbul: Arpaz Matbaacılık, 1978, s. 299

⁴¹ Sarıaslan, s. 12

3.6.1 Tek servisli-sınırsız kuyruk modeli (M/M/1)

Bir modelde müşterilerin kuyruğa gelişleri Poisson ve verilen servis süreleri de Üstel dağılıma sahiptir. Tek kanal ve tek aşamalı bir yapısı bulunmakta, geliş kaynağında, bekleme hattında, kuyrukta sınırlama bulunmamaktadır. Bu modelin yedi varsayımı aşağıda belirtilmiştir:

- I. Varışlar FIFO esasına göre servis edilir.
- II. Her varış hattın uzunluğuna bakılmaksızın, servis edilmeyi bekler; başka bir deyişle, herhangi bir engelleme veya yeniden düzenleme söz konusu değildir.
- III. Varışlar, önceki varışlardan bağımsızdır, ancak ortalama varış sayısı (varış oranı) zamanla değişmez.
- IV. Gelişler bir Poisson olasılık dağılımı ile tanımlanır ve sonsuz veya çok büyük bir popülasyondan gelir.
- V. Servis süreleri de bir müşteriden diğerine değişir ve birbirinden bağımsızdır, ancak ortalama oranları bilinir.
- VI. Servis süreleri, negatif üstel olasılık dağılımına göre gerçekleşir.
- VII. Ortalama hizmet ücreti, ortalama varış ücretinden yüksektir.

Belirtilen yedi koşul karşılandığında, kuyruğun çalışma özelliklerini tanımlayan bir dizi denklem geliştirilebilmektedir. Bu denklemler aşağıdaki belirtilmiştir: ⁴²

1. Sistemdeki (hizmet alan ve kuyrukta bekleyen) müşteri sayısı: $L = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$
2. Bir müşterinin sistemde geçirdiği ortalama süre: $W = \frac{1}{\mu - \lambda}$
3. Sıradaki ortalama müşteri sayısı: $L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$
4. Bir müşterinin kuyrukta beklediği ortalama süre: $W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$
5. Sistem kullanımı (etkinliği): $p = \frac{\lambda}{\mu}$ (Eğer bu oran >1 ise sistem dengede değildir.)
6. Sistemde kimsenin olmama olasılığı: $P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu}$

⁴² Barry Render, Ralph M. Stair, Michael E. Hanna, **Quantitative Analysis for Management**, 11, US: Prentice Hall PTR, 2011, s. 499-532

7. Sistemdeki müşteri sayısının k'den fazla olma olasılığı: $P_{n>k} = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{k+1}$

3.6.2 Çok Kanallı Kuyruk Modeli (M/M/m)

Birden fazla kanalın olduğu çok kanallı kuyruk sistemidir. Hangi servis hizmeti veren kanal boş ise müşteri o kanala geçmektedir. Burada sunulan çok kanallı sistem, varışların bir Poisson olasılık dağılımını takip ettiğini ve hizmet sürelerinin katlanarak dağıtıldığını yani üstel dağılım olduğunu varsaymaktadır. Hizmet önce gelir, önce sunulur ve tüm sunucuların aynı hızda çalıştığı varsayılmaktadır. Tek kanallı kuyruk modelleri için geçerli olan varsayımlar, çok kanallı kuyruk modelleri için de geçerli olmaktadır. Sistemdeki kanal sayısı: 'm' olarak kabul edilip, formüller aşağıda belirtilmiştir:⁴³

1. Sistemde sıfır müşteri veya birim bulunma olasılığı:

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{m-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \right] + \frac{1}{m!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^m \frac{m\mu}{m\mu - \lambda}} \quad m\mu > \lambda \text{ için}$$

2. Sistemdeki ortalama müşteri veya birim sayısı: $L = \frac{\lambda\mu(\lambda/\mu)^m}{(m-1)!(m\mu-\lambda)^2} p_0 + \frac{\lambda}{\mu}$

3. Bir birimin bekleme hattında veya serviste geçirdiği ortalama süre:

$$W = \frac{\mu(\lambda/\mu)^m}{(m-1)!(m\mu-\lambda)^2} p_0 + \frac{1}{\mu} = \frac{L}{\lambda}$$

4. Hizmet bekleyen sıradaki ortalama müşteri veya birim sayısı: $L_q = L - \frac{\lambda}{\mu}$

5. Bir müşterinin veya birimin kuyrukta hizmet için beklediği ortalama süre:

$$W_q = W - \frac{1}{\mu} = \frac{L_q}{\lambda}$$

6. Kullanım Oranı: $p = \frac{\lambda}{m\mu}$

3.6.3 Sabit Servis Süresi Modeli (M/D/1)

Bazı hizmet sistemleri sabit hizmet sürelerine sahiptir. Müşteriler veya birimler, (otomatik araç yıkama veya eğlence parkı) sabit bir döngüye göre işlendiğinde, sabit

⁴³ Barry Render, Ralph M. Stair, Michael E. Hanna, s. 511

servis oranları kullanılmaktadır. Sabit hizmet süreleri, tanımlanmamış hizmet sürelerine sahip tek sunuculu modelin özel bir durumudur. Sabit hizmet modeli formülleri aşağıdaki belirtilmiştir: ⁴⁴

1. Ortalama kuyruk uzunluğu: $L_q = \frac{\lambda^2}{2\mu(\mu-\lambda)}$
2. Kuyrukta ortalama bekleme süresi: $W_q = \frac{\lambda}{2\mu(\mu-\lambda)}$
3. Sistemdeki ortalama müşteri sayısı: $L = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$
4. Sistemdeki ortalama süre: $W = W_q + \frac{1}{\mu}$

3.6.4 Sonlu Geliş Kaynak Kuyruk Modeli (M/M/1 Sonlu Kaynaklı)

Sonlu kuyruk kapasiteli tek kanallı bekleme hattı modellerinde sistemde hizmet veren kanal sayısı tek olmakta ve gelişler en fazla N sayıda olabilmektedir. Bu modelde sadece bir sunucu vardır. Gelişler Poisson ve hizmet süreleri Üstel dağılım geçerlidir. Hizmet arayan birimlerin sayısı sınırlıdır. İlk gelen ilk hizmeti alır servis kuralı geçerlidir. Modelinin formülleri aşağıda belirtilmiştir: ⁴⁵

λ = Ortalama varış oranı, μ = Ortalama hizmet oranı, N = Geliş kaynağı büyüklüğü

1. Sistemin boşa olma olasılığı: $P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^N \frac{N!}{(N-n)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}$
2. Ortalama kuyruk uzunluğu: $L_q = N - \left(\frac{\lambda+\mu}{\lambda}\right) (1 - P_0)$
3. Sistemdeki ortalama müşteri (birim) sayısı: $L = L_q + (1 - P_0)$
4. Sıradaki ortalama bekleme süresi: $W_q = \frac{L_q}{(N-L)\lambda}$
5. Sistemdeki ortalama süre: $W = W_q + \frac{1}{\mu}$
6. Sistemdeki n birimin olasılığı: $P_n = \frac{N!}{(N-n)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0 \quad (n = 0,1, \dots, N)$

⁴⁴ Barry Render, Ralph M. Stair, Michael E. Hanna, s. 515

⁴⁵ Mehpare Timor, **Yöneyem Araştırması**, İstanbul: Türkmen Kitapevi, 2010, s. 568

4. UYGULAMA

4.1 Literatür Taraması

Hizmet sektöründe bulunan hemen her işletmede, süreçlerin bazı aşamalarında bekleme problemi oluşmaktadır. Bunun asıl nedeni, mevcut kapasitenin üzerinde gelen çağrılarının olmasıdır. Özellikle çağrı merkezleri kuyruk probleminin yaşandığı yerlerin başında gelmektedir. Literatüre bakıldığında, çağrı merkezleri üzerine yapılmış kuyruk teorisi ile ilgili birçok çalışma vardır.

Martin Van Bruuen ve arkadaşlarının (2017)⁴⁶ yapmış olduğu çalışmada acil servis çağrı merkezleri için üç farklı olay simülasyon modelini sunar ve karşılaştırır: Birinci modelde iletişim görevlerinin bölündüğü iki farklı çağrı merkezi müşteri temsilcisinin olduğu durum, ikincisi tüm iletişim görevlerinin tek bir müşteri temsilcisinde olduğu ve üçüncü olarak her ikisinin birleşimi olan modeldir. Modeller, acil servis çağrı merkezi süreçlerine yeni bir bakış açısı sağlar. Kapasite ve iş gücü planlaması gibi stratejik sorunları ele almak için kullanılmıştır. Benjamin Legros ve diğerlerinin (2015)⁴⁷ gelen bir aramayı giden aramaya dönüştürmeyi sağlayan bir çeşit geri arama imkânı da olan Markov zinciri yöntemi ile sistem performans ölçütlerini en uygun şekilde değerlendirmeyi sağlayan bir çalışma geliştirmişlerdir. Özdağoğlu ve diğerlerinin (2009)⁴⁸ yapmış olduğu çalışma, bir hastanenin acil servisinde hastaların tanı ve önceliklerine göre sınıflandırılması amacıyla belirli bir dönemde başvuruda bulunan hastaların bilgilerine göre, çok aşamalı ve çok kanallı bir simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Hastaların acilde bekleme süreleri ve servis sağlayıcılar hakkında çeşitli önerilerde bulunmuşlardır. Yıldız ve Arslan (2013)⁴⁹ Düzce üniversitesi yemekhanesindeki kuyrukta bekleme verilerini incelemiş ve performans (doluluk oranı) hesabı yapmışlardır. Analizler sonucunda yemekhanede var olan iki turnikeli yemek alma sisteminin ortalama

⁴⁶ Martin Van Bruuen ve Diğerleri, “EMS call center models with and without function differentiation: A comparison”, **Operations Research for Health Care**, Vol.12, (January 2017), s. 16-28

⁴⁷ Benjamin Legros, Oualid Jouini and Ger Koole, “Optimal scheduling in call centers with a callback option”, **Performance Evaluation**, 95, (November 2015), s. 1-40

⁴⁸ Aşkın Özdağoğlu, Özgür Yalçınkaya ve Güzin Özdağoğlu, “Ege Bölgesi’ndeki Bir Araştırma ve Uygulama Hastanesinin Acil Hasta Verilerinin Simüle Edilerek Analizi”, **İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, Sayı.8, No. 16,(2009) s.55-68

⁴⁹ Mehmet Selami Yıldız ve Hakan Murat Arslan, “Bekleme hattı modeliyle servis sisteminin analizi: Düzce Üniversitesi merkez yemekhanesi örneği”, **Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi**, Sayı. 21, (2013), s. 169-184

performansının (doluluk oranının) yüzde 45 olduğu belirlenmiştir. Personel planlama ve sıramatik işletim sistemi konusunda da çeşitli öneriler vermişlerdir.

Çevik ve Yazgan (2008)⁵⁰ bekleme hattı modeliyle, bir bankada müşterilerin sıra beklemesiyle ilgili model belirlemiş ve sistemin etkinliğini (doluluk oranı) hesaplamışlardır. Analiz sonucunda, normal durumda sistemin 7 servis kanalı çalışırken, ortalama etkinliği (doluluk oranı) yaklaşık yüzde 18 (yüzde 17,8571) olarak bulunmuştur. Bulunan bu etkinliğin oldukça düşük olmasından dolayı servis kanal sayısı kademeli olarak azaltılarak tekrar analize gidilmiş ve servis kanalı 4 olduğunda sistemin ortalama etkinliğinin (doluluk oranı) yüzde 31,25; 3 olduğunda yüzde 41,67; 2 olduğunda ise yüzde 62,50 olduğu görülmüştür. Böylece söz konusu bankada açık tutulan servis kanalı sayısının 2 veya en fazla 3 olması halinde sistemin kısmen etkin kullanımının sağlanabileceği ve servis kanallarının boş kalmasının işletmeye getirdiği maliyetin düşürülebileceği anlaşılmaktadır. Kazan ve arkadaşları (2012)⁵¹ bir kamu bankasında, müşterilerin kuyrukta bekleme sürelerini ve hizmet veren çalışanların âtil zamanlarını en az seviye indirecek kapasite seviyesinin belirlenmesi konusunda çalışmışlardır. Ertuğrul ve diğerleri (2015)⁵² Denizli ilinde faaliyet gösteren iki bankanın, altı farklı şubesindeki müşterilerin sıra beklemelerine ilişkin bilgilerini, kuyruk teorisi yardımıyla analiz etmiş ve sistemin ortalama etkinliğini hesaplamışlardır. Çalışma sonucunda, personel ve müşteriler hakkında fayda sağlayabilecek birtakım tavsiyeler işletmeye sunulmuştur. Altı adet şubede, farklı sayılarda banko asistanı ile oluşan kuyruklar bekleme süreleri ve maliyetler açısından benzetimi yapılmış ve uygun servis kanalı sayısı belirlenmeye çalışılmıştır. Keskin ve diğerleri (2018)⁵³ bir bankanın çağrı merkezindeki bekleme sürelerini azaltarak müşteri memnuniyetini artırmak amaçlamıştır. Çalışmada ilk olarak mevcut durum analizi ile çağrı merkezinde yapılan işlemler arasında en uzun süreli olanı tespit edilmiştir. Sonraki aşamada, kuyruktaki beklemeleri azaltmak için bu işlemin sesli

⁵⁰ Çevik ve Yazgan, s. 119-128.

⁵¹ Halim Kazan, Ahmet Ergülen ve Nermin Çoruhlu, "Banka çağrı merkezlerinde bekleme ve müşteri ilişkiler yönetimi: Bir kamu bankası uygulaması", **Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi**, Sayı. 14, No.1, (Ocak 2012), s. 251-268

⁵² İrfan Ertuğrul, Burcu Birsan ve Abdullah Özçil, "İki Bankanın Farklı Şubelerindeki Müşteri Bekleme Sürelerinin Kuyruk Modeliyle Etkinlik Analizi", **Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt.5 Sayı. 1, (2015), s. 275-292

⁵³ Gülşen Aydın Keskin, Murat Çolak ve Gülay Karanfil Kostak, "Bir çağrı merkezindeki bekleme sürelerinin kuyruk modelleri ile iyileştirilmesi", **BAUN Fen Bil. Enst. Dergisi**, Cilt. 20, Sayı. 1, (2018), s. 55-68

yanıtlama sisteminde, müşteriler tarafından gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Sonuç olarak, müşteri temsilcisine giden çağrılarda yüzde 5 oranında iyileşme ve kuyrukta bekleme sürelerinde de ortalama 6,84 sn. azalma elde edilmiştir. Bilgehan Tekin (2015)⁵⁴ yaptığı çalışmada kişilerin hastane ve poliklinik sisteminde harcamış oldukları zaman temel alınarak hastanenin ve polikliniğin performansı, kuyruk teorisi performans ölçekleri ile analiz edilmiştir. İncelenen hastanelerde, dönem bazında bakıldığında özel hastanelerde devlete göre bekleme sürelerinin daha fazla olduğu görülmüştür. Topak ve Ünal (2016)⁵⁵ Gümüşhane Devlet Hastanesinde kuyruk ve randevu sisteminin etkinliğini belirlemeye yönelik bir çalışma yapmıştır. Bu amaçla, hastanede bir hafta boyuca 08:00 ve 16:00 saatleri arasında kuyruk ve randevu sistemiyle başvuran hastaların gözlem yöntemi kullanılarak hastaneye gelip tetkik ve tanı işlemlerini ne kadar sürede gerçekleştirdiği tespit edilmiştir. Hastanede sadece kuyruk sistemi veya randevu sisteminin uygulanmasının yerine, tek bir sistemin kullanılmasını ve poliklinik iş süreçlerinde bu sisteme göre gerekli planlamaların yapılmasının daha etkili olacağı önerilmiştir. Özdemir ve Maruf (2018)⁵⁶ araştırmasında bekleme hattında her bir hizmet kanalının, toplam bekleme süresini ne kadar etkilediğinin belirlenmesini sağlayacak yeni bir yaklaşım sunmuşlardır. Bekleme süresi sistem birimlerinin çok kriterli karar verme teknikleri ile ağırlıklandırılması yoluyla hesaplanmıştır. Çalışmada sunulan yeni yaklaşıma göre elde edilen sonuçlarla, mevcut kuyruk kuramı yaklaşımı ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yeni metot ile elde edilen sonuçlara göre bekleme süresinin azaltılması için yapılacak iyileştirme çalışmalarında, hangi hizmet kanallarına öncelik verilmesi gerektiğine yönelik öneriler sunulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, 2. kanalda çalışan personelin verimliliğini artırmak veya bekleme sürelerini kısaltmak için belirlenen kriterlere göre daha yüksek vasıflara sahip bir personel istihdam etmesi gerektiği anlaşılmıştır. Ercan ve Özcan (2012)⁵⁷ araştırmasında hizmet işletmelerinde bekleme hatlarının yönetiminin öneminden ve müşterilerin bekleme durumundaki

⁵⁴ Bilgehan Tekin, "Sağlık hizmeti sistemlerinin etkinliği: Bir kamu hastanesi ve özel hastane karşılaştırması", **Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, Sayı. 6, No. 1, (Eylül 2015), s. 483-506

⁵⁵ Funda Topak ve Aslı Köse Ünal, "Hastaların Bekleme Sürelerinin Değerlendirilmesi", **Sağlıkta Performans Ve Kalite Dergisi**, Sayı. 11, (2016), s. 15-26

⁵⁶ Ali Özdemir ve Muhammed Maruf, "Differentiation of Service Speed With Multi Criteria Decision Making Techniques in Waiting Line Problems", **Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Sayı. 20, No. 3, (Haziran 2018), s. 470-482

⁵⁷ Ercan Çiçek ve Kalender Özcan Atılğan, "Hizmet işletmelerinde çağrı merkezi ve bekleme hattı uygulamalarına tüketici odaklı bir yaklaşım", **Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi**, Sayı. 12, No. 23, (Haziran 2012), s. 81-102

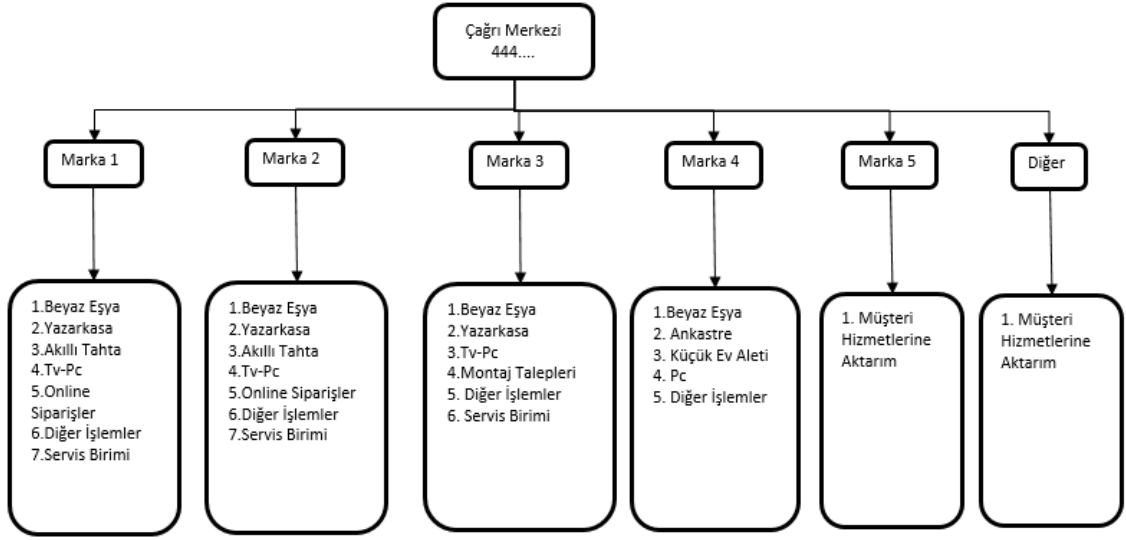
duyarlılıklarından bahsetmiş olup, çeşitli öneriler getirilerek sistematik sonuçlar sağlanmaya çalışılmışlardır. Sonuç olarak, çağrı merkezlerinde bekleyen müşterilere ne kadar bekleyeceklerinin bilgisinin verilmesi, neden ve niçin beklemeleri gerektiğinin söylenmesi, işletme çağrı merkezinin hizmet kalitesinin müşteri tarafından yüksek olarak algılanmasını sağlamakta ve müşteri güveni ile birlikte uzun vadede memnuniyeti arttırmaktadır. Parkan (1987)⁵⁸ makalesinde bir fast food işletmesinde gelen müşterilerin bekleme sırasıyla karşılaştığında, zamanın değeri ve bekleme süresinin karşılaştırması suretiyle, kuyrukta kalma veya ayılma davranışlarının karşılaştırmalı analizini yapmıştır. Sonuç olarak, müşterinin aldığı hizmet için geçen süre ile tahmin ettiği süreye göre kuyrukta bekleme davranışının değiştiği tespit edilmiştir.

4.2 Firma Çağrı Merkezi Yapısı

Uygulama, beyaz eşya sektöründe faaliyette bulunan bir firmanın çağrı merkezi üzerine gerçekleştirilmiştir. İlgili çağrı merkezi Türkiye'nin her yerine 7/24 hizmet vermektedir. Firmanın müşteriye karşı tek yüz olma stratejisi doğrultusunda gelen çağrılar, 3 dış kaynak firma ile yönetilmektedir. Üç farklı şehirde konumlanmışlardır. İstanbul, Balıkesir ve İzmir. Ayrıca yurtdışı olarak Almanya ve Avusturya'daki markaları için de çağrı merkezi hizmetleri verilmekte olup ilgili firmanın merkezinden organize edilmektedir. BackOffice, talep yönetimi, sosyal medya, satış destek, kalite, değişim, outbound ve teknik destek ekipleri firmanın bünyesinde bulunmaktadır. İki yıl öncesine kadar CRM ve alt yapı sistemi değiştirilmiş olup; yeni CRM programı Salesforce ve altyapı programı olan Cisco devreye alınmıştır. Müşterilerin farklı kanallardan da ulaşabilmesini sağlamak amacıyla canlı sohbet bakalı ve whatsapp, kurumsal destek hattı devreye alınmıştır.

Çağrı Merkezinde verilen hizmet konuları çağrı tiplerine göre; beyaz eşya, televizyon, yazarkasa, bilgisayar, notebook ve servis destektir. Çağrı merkezinin IVR şeması (İnteraktif Sesli yanıt Sistemleri) aşağıda şekil 4'te gösterilmiştir.

⁵⁸ Celik Parkan, "Simulation of a Fast-Food Operation Where Dissatisfied Customers Renege", **The Journal of the Operational Research Society**, Sayı. 38, No. 2, (Şubat 1987), s. 137-148



Şekil 4: Çağrı Merkezi IVR Şeması

4.3 Araştırmanın Amacı

Teknolojik gelişmeler ile birlikte, yeni ve güncel donanım ve yazılımlara sahip olmanın yanında, çağrı merkezi verimliliğinin, müşteri memnuniyeti açısından artırılması zorunlu hale gelmiştir. Verimliliğin artırılması için, doğru zamanda yeterli sayıda müşteri temsilcisinin çalışmasını sağlayacak planlamanın yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmada, gelen çağrılar bekleme hattı modeli ile analiz edilerek problemler tespit edilmiş ve bu problemlerle ilgili çözümler üretmeye çalışılmıştır. Araştırmanın verileri beyaz eşya sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın çağrı merkezinden toplanmıştır. Çağrı merkezine 182 gün boyunca gelen çağrılar analize tabi tutulmuştur.

Çalışmanın amacı, müşterilerin kuyrukta bekleme sürelerinin en aza indirilmesi ve müşteri temsilcisi sayısı ile sistemin kapasite kullanım oranı arasındaki ilişkiyi inceleyerek uygun müşteri temsilcisi sayısını belirleyip sistem kapasite kullanımını arttırmaktır.

4.4 Araştırmanın Yöntemi

Seçilen örneklemin konuyu temsil edebilecek nitelikte olması gerekmektedir.⁵⁹ Konu olan çağrı merkezinde, oluşan kuyruklar, bekleme hattı kuramına uygundur. Bu nedenle uygun bir kuyruk modeli oluşturularak performans analizleri yapılmıştır. Müşterilerin firma çağrı merkezine gelişleri rastgeledir ve gelen müşteri sayısı sonsuzdur. Hizmet talep eden müşterilere, kuyruğa ilk giren ilk hizmeti alır prensibi uygulanmaktadır. Aynı hizmeti veren birden fazla yani çok kanallı servis birimi vardır.

4.5 Verilerin İncelenmesi ve Analizi

Çağrı merkezinden alınan verilerin düzenlenmesi MS Excel programında yapılmıştır. (Ek2-Çağrı Merkezi İstatistikleri) Verilerin dağılımları, Kolmogorov-Smirnov testi ile incelenmiştir.⁶⁰ Teste ilişkin hipotezler aşağıdaki şekilde kurulmuştur. Hipotezler:

H_0 = Verilerin dağılımı normal dağılıma uyar.

H_1 = Verilerin dağılımı normal dağılıma uymaz.

Analiz sonuçları incelendiğinde yüzde 5 anlamlılık düzeyinde p değeri $0.001 < 0.05$ olduğundan H_0 hipotezi reddedilir. Verilerin normal dağılıma uymadığı sonucuna varılır. Test sonuçları Tablo1’de gösterilmiştir.

Tablo 1
Normallik Testi

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	df	Sig.	İstatistik	df	Sig.
Gelen Çağrı (Adet)	.091	182	.001	.971	182	.001

a. Lilliefors Önem Düzeltmesi

⁵⁹ Yıldız ve Arslan, s. 176

⁶⁰ Şeref Kalaycı (Ed.), SPSS Uygulamalı Çok Değişken İstatistik Teknikleri, Ankara: Asil Yayın Dağıtım,2005,s.10.

Çok kanallı kuyruk modeli kullanılmış olup, gelişlerin Poisson olasılık dağılımını takip ettiğini ve hizmet sürelerinin Üstel dağılım olduğunu varsaymaktadır. Bu varsayımların dağılım doğruluğu için, Kolmogorov-Smirnov testi uygulanmıştır.

4.5.1 Servis Sürelerinin Dağılımı

Servis sürelerinin dağılımının Üstel dağılıma uygunluğu için, Kolmogorov-Smirnov testi uygulanmıştır. Bu test, gözlemlenen ve beklenen değerlerin birikim fonksiyonları arasındaki farka bakmaktadır.⁶¹ $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde hipotezler aşağıdaki gibidir.

H_0 = Servis süreleri üstel dağılıma uygundur.

H_1 = Servis süreleri üstel dağılıma uygun değildir.

Tablo 2
Servis Süreleri Kolmogorov-Smirnov Test Sonuçları

		06012020	12022020	19032020	22042020	30052020	08062020
N		24	24	24	24	24	24
Üstel parametreler. ^{a,b}	Ortalama	253880.33	241805.08	229481.00	261005.50	163427.87	378400.50
	r.	333	33	00	00	50	00
Uç Noktalar	Mutlak	.238	.259	.246	.228	.197	.244
	Positif	.238	.259	.246	.228	.197	.244
	Negatif	-.182	-.201	-.187	-.172	-.148	-.187
Kolmogorov-Smirnov Z		1.165	1.267	1.204	1.116	.967	1.196
Asymp.Sig.(2kuyruk)		.132	.081	.110	.166	.307	.114
a. Test dağılımı üstel.							
b. Veriden hesaplanmıştır.							

Analiz sonuçları Tablo 2’de incelendiğinde, yüzde 5 anlamlılık düzeyinde p değeri, incelenmiştir. 06012020 için $0.132 > 0.05$, 12022020 için $0.081 > 0.05$, 19032020

⁶¹ Dawn Lacobucci, **Marketing Research: Methodological Foundations**, CreateSpace Independent Publishing Platform, 2018, s. 315-318

için $0.110 > 0.05$, 22042020 için $0.166 > 0.05$, 30052020 için $0.307 > 0.05$ ve 08062020 için $0.114 > 0.05$ olup, yüzde 95 güven ile H_0 hipotezi reddedilmemektedir. Servis süreleri Üstel dağılıma uygundur.

4.5.2 Müşteri Geliş Sayılarının Dağılımı

İlgili çağrı merkezinden alınan verilerde, müşteri gelişlerinin Poisson dağılıma uygunluğu, Kolmogorov-Smirnov testi ile test edilmiştir. Buna göre $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde kurulan hipotezler aşağıda bulunmaktadır.

H_0 = Müşteri gelişleri Poisson dağılıma uygundur.

H_1 = Müşteri gelişleri Poisson dağılıma uygun değildir.

Rastgele seçilen 1 gün için, 60 dakikalık müşteri geliş adetlerine (1'er dakikalık toplam 60 dakika) bu test uygulanmış olup, sonuçları aşağıda tablo 3'te bulunmaktadır.

Tablo 3
Müşteri Geliş Adetleri Kolmogorov-Smirnov Test Sonuçları

		Müşteri Gelişleri
N		60
Poisson Parametreler ^{a,b}	Ortalama	38.65
Most Extreme Differences	Mutlak	.084
	Positif	.084
	Negatif	-.052
Kolmogorov-Smirnov Z		.653
Asymp. Sig. (2-kuyruk)		.788
a. Test dağılımı poisson.		
b. Veriden hesaplanmıştır.		

Analiz sonuçları incelendiğinde, yüzde 5 anlamlılık düzeyinde p değeri $0.788 > 0.05$ olduğundan H_0 hipotezi reddedilemez. Müşterilerin gelişlerinin Poisson dağılıma uyduğu görülmektedir.

Araştırma yapılan çağrı merkezinde, çok kanallı kuyruk sistemi vardır. 2020 yılı Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs ve Haziran ayları itibariyle veriler toplanmış olup, 182

gün üzerinden çalışma yapılmıştır. WinQSB, Microsoft Excel ve SPSS programları ile analiz gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4
Ortalama Çağrı Merkezi Verileri

Aylar	Gelen Çağrı	Cevaplanan Çağrı	KarşılamaOranı	Çalışan Sayısı
Ocak	23,239	22,707	97.71%	331
Şubat	27,230	26,495	97.30%	352
Mart	26,470	24,993	94.42%	320
Nisan	24,772	23,676	95.58%	304
Mayıs	26,113	24,072	92.18%	310
Haziran	38,995	37,549	96.29%	474
6 Aylık Ortalama(182 Gün)	27,765	26,539	95.59%	348

Tablo 4’te ki veriler incelendiğinde günlük ortalama 27.765 adet çağrı geldiği ve bu çağrılarının yaklaşık 26.539 adedinin karşılandığı görülmüştür. Karşılama oranı %95,59’dur. Ay bazında bakıldığında, Mayıs ayı karşılama oranı, en düşük seviyede kalmıştır. Bu noktada çalışan sayıları bakımından aynı miktarda çağrı gelen Mart ayında 320 çalışan varken Mayıs ayında 310 kişi çalışmıştır. Saatlik ortalamalar hesaplandığında; saatte gelen çağrı sayısı $27.765/24=1157$, saatte cevaplanan çağrı sayısı $26.539/24=1106$, saatte kaçan çağrı ise $(27.765-26.539)/24=51$ olarak hesaplanmaktadır.

Tablo 5
Günlere Göre Ortalama Çağrı Merkezi Verileri

Günler	Gelen Çağrı	Cevaplanan Çağrı	KarşılamaOranı	Çalışan Sayısı
Pazartesi	38,793	36,635	94.44%	433
Salı	32,135	31,223	97.16%	402
Çarşamba	31,572	30,197	95.64%	382
Perşembe	31,296	29,444	94.08%	372
Cuma	28,901	27,657	95.70%	364
Cumartesi	22,096	21,356	96.65%	322
Pazar	9,558	9,259	96.87%	162
6 Aylık Ortalama(182Gün)	27,765	26,539	95.59%	348

Tablo 5’te haftanın günleri incelendiğinde, pazartesi gününün, iş yoğunluğunun en yüksek olduğu gün ve buna bağlı olarak en fazla müşteri temsilcisinin çalıştığı gün olduğu görülmüştür. Ortalama haftanın en az çağrı gelen günü pazar günü olurken, ortalama çalışan müşteri temsilcisi sayısının en az olduğu gün de pazar günüdür. Çağrı

merkezinin, gelen çağrılarının yüzde 95'ini karşılama hedefi vardır. Pazartesi ve perşembe gün ortalamalarına bakıldığında, karşılama oranı hedeflerinin tutmadığı gözlemlenmektedir. Karşılama oranı hedefinin, en yüksek olduğu gün, Salı günüdür.

Tablo 6
Hafta İçi Hafta Sonu Ortalama Çağrı Merkezi Verileri

Hafta İçi – Hafta Sonu	Gelen Çağrı	Cevaplanan Çağrı	Karşılama Oranı	Kaçan Çağrı	Çalışan Sayısı
Hafta içi	32,540	31,031	95.36%	1,508	391
Hafta sonu	15,827	15,308	96.72%	519	242
6 Aylık Ortalama (182Gün)	27,765	26,539	95.59%	1,226	348

Tablo6’da hafta sonu ve hafta içi olarak değerlendirildiğinde, hafta sonu hem gelen çağrılarda hem de çalışan müşteri temsilcisi sayısında düşüş gözlemlenmiştir.. Hafta sonu çağrı karşılama oranı, hafta içine göre daha yüksek kalmaktadır. Sebebi, hafta sonu gelen çağrı sayısının daha az olmasıdır. Hafta içi gelen çağrı sayısı hafta sonuna göre yaklaşık iki kat fazladır. Müşteri temsilcisi başına kaçan çağrı sayısı altı aylık veri için ortalama $1226/348= 3,52$ adettir. Hafta içi ortalama 3,86 olurken, hafta sonu 2,15 adet olmaktadır.

Tablo 7
Aylara Göre Ortalama Çağrı Merkezi Verileri

Aylar	Cevaplanan Çağrı (ort.)	Cevaplanan Çağrı (adet)	Toplam Konuşma Süresi (dak.)	Ortalama Konuşma Süresi (dak.)	Toplam Çağrı Sonrası Süre (dak.)	Ortalama Çağrı Sonrası süre (dak.)	Toplam Bekletme Süresi (dak.)	Ortalama Bekletme Süresi (dak.)
Ocak	22,707	703,923	2,309,059	3.28	77,414	0.11	21,842.85	0.03
Şubat	26,495	768,346	2,428,906	3.16	89,341.97	0.12	21,797.58	0.03
Mart	24,993	774,797	2,514,446	3.25	112,413.40	0.15	20,611.27	0.03
Nisan	23,676	710,279	2,327,482	3.28	93,258.85	0.13	17,790.72	0.03
Mayıs	24,072	746,242	2,432,145	3.26	65,704.18	0.09	24,602.30	0.03
Haziran	37,549	1,126,474	3,792,892	3.37	103,002.27	0.09	49,286.48	0.04
6 Aylık Ortalama (182 Gün)	26,539	4,830,061	15,804,930	3.27	541,134.28	0.11	155,931.20	0.03

Tablo 7’de göre veriler incelendiğinde, ortalama servis süresi 3,27 dakikadır. Çağrı sonrası iş takibi ortalama süresi 0,11 dakikadır. Müşteriye verilen hizmetin ortalama süresi için; ortalama servis süresi + ortalama görüşme esnasında müşteri

bekletme süresi + iş takibi ortalama süresi ile bulunmaktadır. Bu hesaplama göre müşteriye verilen hizmetin ortalama süresi 3,27 dakika + 0,03 dakika + 0,11 dakika = 3,42 dakikadır.

Tablo 8
Tanımlayıcı İstatistikler

Değişken	Toplam	Minimum	Maximum	Ortalama		Standart Hata	Varyans
	İstatistik	İstatistik	İstatistik	İstatistik	Std. Hata	İstatistik	İstatistik
Gelen Çağrı adet	182	5586	61547	27764.57	839.696	11328.12	128326221.36
Cevaplanan Çağrı adet	182	5517	54367	26538.80	778.246	10499.11	110231280.11
Kaçan Çağrı adet	182	49	13256	1225.77	138.464	1867.98	3489332.84
Toplam Çalışan Sayısı adet	182	138	641	348.09	8.042	108.49	11770.91
Ortalama Bekleme Süresi dakika	182	.050	1.500	.22004	.014978	.202068	.041
Ortalama Görüşme Süresi dakika	182	2.633	4.300	3.30859	.014887	.200834	.040

Tablo 8’de ki tanımlayıcı istatistik verilerine göre günlük ortalama 27.765 adet çağrı gelmektedir. Yaklaşık günlük ortalama 348 müşteri temsilcisi çalışmakta olup 26.539 adet çağrı karşılanmaktadır. Ortalama servis süresi 3,27 dakika olup ortalama cevaplama süresi 0,220 dakikadır. 182 gün içerisinde en az 138 en fazla 641 müşteri temsilcisi çalışmıştır. Cevaplama süresi en uzun 1,50 dakika, en kısa süre 0,050 dakika olarak gerçekleşmiştir. Günlük, en fazla müşteri geliş adedi 61547, en az 5586 olarak sonuçlanmıştır. Günlük kaçan çağrı adedinin ise en fazla 13256, en az 49 olduğu görülmüştür.

Çağrı merkezinde günlük ortalama 348 kişi çalışmaktadır. Günlük mesai 7.5 saattir. Tüm müşteri temsilcilerinin, günlük ortalama tam zamanlı olarak çalışma süresi $348 \times 7.5 = 2610$ saattir. Bu değere bağlı olarak, $2610/24 \approx 109$ temsilci bir saatte aynı anda çalışmaktadır. Ancak çağrı merkezinde, 00.00 – 08.00 saatleri arasında hizmet veren 7 müşteri temsilcisi olduğu göz önünde bulundurularak, saatte hizmet veren müşteri temsilcisi sayısı $(2610 - 7 \times 8) / 24 \approx 106$ ’dır.

6 aylık ortalama servis süresi üzerinden (3.27 dakika) bir müşteri temsilcisi başına düşen ortalama çağrı sayısı saatte $60/3.27 = 18.35$ ’tir. Çağrı merkezine saate

$27.765 / 24 = 1157$ adet çağrı gelmektedir. Kuyruk kapasitesi 27 olup bir müşteri temsilcisinin çağrı merkezine saatlik ortalama maliyeti 15 TL'dir. Çağrı merkezi veri tabanından alınan verilere göre 348 müşteri temsilcisi için yaklaşık yüzde 58,72 oranında hizmet sağlamıştır. Bu oran aynı zamanda kapasite kullanım oranını da vermektedir. Geriye yüzde 41,28 boşta kapasite kalmaktadır.

Müşteri temsilcisinin boşta kaldığı saat; toplam çalışılan saatin, sistemin boşta kalma oranı ile çarpılmasıyla $2610 * 0,4128 \approx 1077,408$ TL olarak bulunmuştur. Her bir müşteri temsilci için, saatlik boşta kalma maliyetini hesaplarken aşağıdaki hesaplamalar yapılmıştır:

1 saatlik maliyet ile boşta kaldığı süre çarpılarak günlük boşta kalma maliyeti bulunmaktadır. $15 * 1077,408 = 16.161,12$ TL. Elde edilen günlük boşta kalma maliyeti saatlik olarak düzenlenir. $16.162,12 / 24 = 673,38$ TL. Bulunan değeri müşteri temsilcisi sayısına bölünerek, her bir müşteri temsilcisi için, saatte boşta kalma maliyeti hesaplanmıştır. $673,38 / 106 \approx 6,35$ TL. Müşteri temsilcisinin saatlik maliyeti, boşta kalma maliyetine eklendiğinde $15 + 6,35 = 21,35$ TL firma adına, toplam boşta kalma maliyeti elde edilmiştir. Telekomünikasyon operatörü tarafından, arama ücreti dakikası çağrı merkezine 7 kuruş (0,07 TL) olarak ücretlendirilmektedir. Ortalama servis süresi 3,27 dakika ve saatte ortalama cevaplanan çağrının 1106 olduğu hesaplanmıştır. $1106 * 3,27 * 0,07 = 252,91$ TL bir saatte alınan çağrının, çağrı merkezine olan maliyetidir. Müşteri temsilcinin maliyeti ile birleştiğinde $252,91 + (15 * 106) = 1842,91$ TL. Bu tutar bir saatlik hizmet maliyetidir.

Hatta bekleme maliyeti hesaplanırken, sisteme dâhil olduktan sonra telefonu kapatarak sistemden ayrılan ve hatta bekleyip görüşme sağlayabilen müşterilerin bekleme maliyetleri birlikte hesaplanır. Müşterilerin hizmet alma maliyetleri, ortalama görüşme sürelerine göre hesaplanmıştır. Saatte ortalama 51 çağrının 0.94 dakika hatta bekledikten sonra kuyruktan ayrıldığı, 1106 çağrının ise hatta bekledikten sonra cevaplandığı bilinmektedir. Tüm çağrılarının saatte ortalama bekleme ücreti $(51 * 0,94 * 0,07) + (1106 * 0,24 * 0,07) = 21,94$ TL olarak hesaplanmıştır. Hatta beklemenin çağrı merkezine yarattığı ek bir maliyet bulunmamaktadır.

4.5.3 Sistemin Modeli

M/M/m modeli esas alınmış olup, çok kanallı kuyruk modeli olan M/M/106/FCFS/ ∞/∞ modeli ile çalışılmıştır. Sisteme gelen müşteriler Poisson ve servis süreleri Üstel dağılıma uygundur. Gelişlerin kaynağı sonsuzdur. Çağrı merkezine ilk gelen müşteri ilk sırayı alır. Mevcut yapı 24 saat hizmet vermektedir. Sistemin performans sonuçları WinQSB programının kuyruk analizi modülünde ölçülmüştür. Yapılan matematiksel işlemler, Tablo 9’da özetlenmiştir. Bu tablodaki değerler, programa dâhil edildikten sonra, Performans özet tablosundaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 9
Sistem Performans Özeti İçin Programa Girilen Veriler

Tanım	Değer	Açıklamalar
Sunucu Sayısı	106	Çağrı merkezinde saatte hizmet veren müşteri temsilcisi sayısı $(2610-56)/24 \approx 106$ 'dır.
Servis Oranı	18.35	6 aylık ortalama görüşme süresi üzerinden (3,27) bir müşteri temsilcisi başına düşen ortalama çağrı sayısı saatte 18,35'tir.
Müşteri gelişleri	1157	Çağrı merkezine saate $27.765 / 24 = 1157$ adet çağrı gelmektedir.
Kuyruk Kapasitesi	27	-
Müşteri Popülasyonu	M	-
Saatte meşgul sunucu maliyeti	15	Bir müşteri temsilcisinin çağrı merkezine saatlik ortalama maliyeti 15 TL'dir.
Saatte boşta kalma maliyeti	6.35	Kişi başı saatlik maliyeti. $673.38 / 106 \approx 6.35$ TL.
Saatte müşteri bekleme maliyeti	21.94	Saatte ortalama bekleme ücreti $(51 \times 0.94 \times 0.07) + (1106 \times 0.24 \times 0.07) = 21.94$ TL olarak hesaplanmıştır.
Saatte servis maliyeti	252.91	$1106 \times 3.27 \times 0.07 = 252.91$ TL bir saatte alınan çağrının çağrı merkezine olan maliyetidir.
Atılan müşteri maliyeti	0	Hatta beklemenin çağrı merkezine yarattığı ek bir maliyet bulunmamaktadır.
Birim kuyruk kapasite maliyeti	2	Birim kuyruk maliyeti bilinemediğinden, 2 TL olduğu varsayılmıştır.

Tablo 10
Sistem performans özeti

Performans Ölçütleri	Sonuç
Sistem: M/M/106/133	-
Saatlik Müşteri Gelişleri	1157
Saatlik Servis Oranı	18.35
Saatlik Sistem Efektif Geliş oranı	1157
Saatlik Sistem Efektif Servis oranı	1157
Sistem Kullanımı	59.48%
Sistemdeki Ortalama Müşteri Sayısı	63.052
Kuyruktaki Ortalama Müşteri Sayısı	0
Meşgul Sistemdeki Kuyruktaki Ortalama Müşteri Sayısı	1.2954
Sistemde Harcanan Ortalama Süre	0.0545 saat
Kuyrukta Harcanan Ortalama Süre	0.0000 saat
Meşgul Sistemdeki Kuyrukta Harcanan Ortalama Müşteri Sayısı	0.0011 saat
Tüm Sunucuların Boşta Kalma Olasılığı	0%
Gelen Müşterinin Bekleme ya da Sistemin Meşgul Olma Olasılığı	0.0001%
Meşgul Sunucuların Saatlik Toplam Maliyeti	₺ 945,78
Boştaki Sunucuların Saatlik Toplam Maliyeti	₺ 272,7213
Toplam Saatlik Müşteri Bekleme Maliyeti	₺ -
Toplam Saatlik Müşteri Servis Maliyeti	₺ 15.946,42
Toplam saatlik bekleme kapasitesi maliyeti	₺ 54.00
Sistemin Saatlik Toplam Maliyeti	₺ 17.218,92

Tablo 10 Sistem performans özeti tablosuna göre, saatteki ortalama müşteri temsilcisi sayısı 106 iken sistemi kullanım oranı yaklaşık yüzde 59,48 olarak gerçekleşmektedir. Sistemde saatlik ortalama müşteri sayısı (μ) = 18,35 ‘tir. Sisteme müşteri geliş adedi saatlik (λ) = 1157, sistemde bulunan ortalama müşteri sayısı (L) = 63,051, kuyrukta bekleyen müşteri yoktur ve (Lq). Değer = 0’dır. Sistemin dolu iken kuyrukta bekleyen ortalama müşteri sayısı (Lb)= 1, müşterilerin sistemde ortalama geçirdiği süre (W): $60 \cdot 0,0545 = 3,27$ dakikadır. Müşterilerin kuyrukta geçirdikleri ortalama zaman (Wq): $60 \cdot 0,0000 = 0$ dakika, tüm müşteri temsilcilerinin boşta kalma olasılığı (P0) = %0, sisteme gelen bir müşterinin beklemek zorunda kalma ihtimali = %0.0001’dir. Hizmet vermekte olan müşteri temsilcilerinin saatteki toplam maliyeti = 945.77TL’dir. Boşta kalan müşteri temsilcilerinin saatteki toplam maliyeti = 272,7213TL, müşterilerin saatte hatta bekleme maliyetleri = 0 TL, bir saatlik hizmet alma maliyetleri = 15.946,42 TL, bir saatlik toplam bekleme maliyeti = 54 TL, Bir saatlik toplam sistemin maliyeti = 17.218,92 TL olduğu, performans özeti tablosunda görülmektedir.

Sistemde aynı anda çalışan 49-120 arası müşteri temsilci sayısı için Duyarlılık Analizi yapılmıştır. Bu analiz model parametrelerindeki değişimlerin sistem performansını nasıl değiştirdiğini gösteren bir analizdir. Sonuçlar Ek4’ de verilmiştir. Buna göre, sistem kullanım oranının müşteri temsilci sayısı arttıkça azaldığı görülmektedir. Aynı anda 49 müşteri temsilci çalışırken, sistem kullanım oranı yüzde 100’dür. 106 kişi olduğunda yüzde 59.48 olmaktadır. 98’nci müşteri temsilci ile birlikte sistemde bulunan ortalama müşteri sayısı 63 (L) olarak sabit kalmaktadır. Müşterilerin sistemde ortalama geçirdikleri zaman (W) 82’nci müşteri temsilci ile birlikte 3.27 dakika olarak (0.0545 saat) sabit kalmaktadır. Bu süre 106 kişi olması durumunda da aynı kalmaktadır. Kuyrukta bekleyen müşteri sayılarına (Lq) bakıldığında, 99’ncü müşteri temsilci ile birlikte kuyrukta bekleyen müşteri kalmamaktadır.

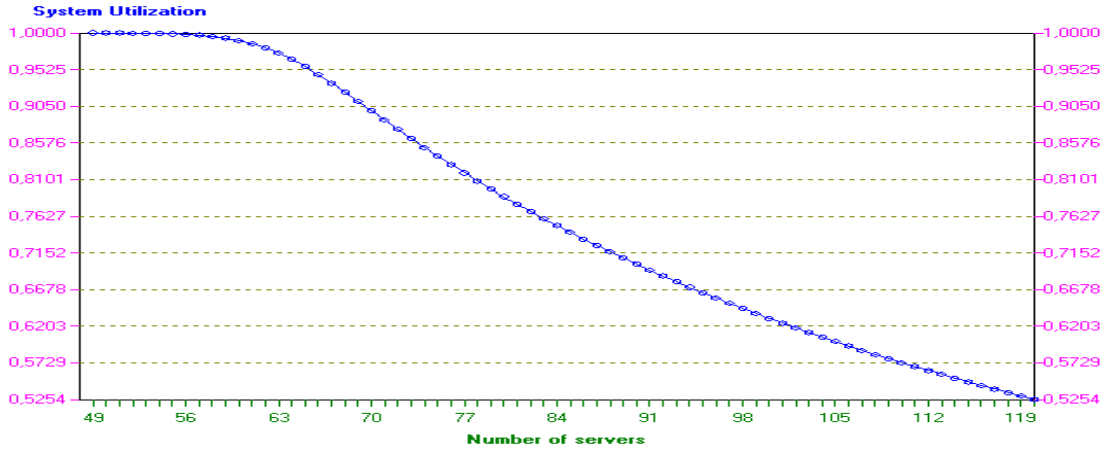
Tablo 11
Müşteri Temsilci Sayılarına Göre Karşılaştırma

Performans Ölçütleri	106 Kişi	49 Kişi	84 Kişi
Sistem: M/M/106/133	M/M/106/133	M/M/49/76	M/M/84/111
Saatlik Müşteri Gelişleri	1157	1157	1157
Saatlik Servis Oranı	18.35	18.35	18.35
Saatlik Sistem Efektif Geliş oranı	1157	899,108	1156.999
Saatlik Sistem Efektif Servis oranı	1157	899,108	1156.999
Sistem Kullanımı	59.48%	99.9953%	75.0616%
Sistemdeki Ortalama Müşteri Sayısı (L)	63.052	72.518	63.074
Kuyruktaki Ortalama Müşteri Sayısı(Lq)	0	23.5206	0.0224
Meşgul Sistemde Kuyruktaki Ortalama Müşteri Sayısı (Lb)	1.2954	23.5370	3.0007
Sistemde Harcanan Ortalama Süre (W)	0.0545 saat	0.0807 saat	0.0545 saat
Kuyrukta Harcanan Ortalama Süre (Wq)	0.0000 saat	0.0262 saat	0.0000 saat
Meşgul Sistemdeki Kuyrukta Harcanan Ortalama Müşteri Sayısı (Wb)	0.0011 saat	0.0262 saat	0.0026 saat
Tüm Sunucuların Boşta Kalma Olasılığı (P0)	0%	0%	0%
Gelen Müşterinin Bekleme ya da Sistemin Meşgul Olma Olasılığı (Pw ya da Pb)	0.0001%	99.9304%	0.7479%
Meşgul Sunucuların Saatlik Toplam Maliyeti	₺ 945.78	₺ 734.9656	₺ 945.7758
Boştaki Sunucuların Saatlik Toplam Maliyeti	₺ 272.7213	₺ 0.0146	₺ 133.0216
Toplam Saatlik Müşteri Bekleme Maliyeti	₺ -	₺ 516.0416	₺ 0.4924
Toplam Saatlik Müşteri Servis Maliyeti	₺ 15,946.42	₺ 12,392.0100	₺ 15,946.41
Toplam saatlik bekleme kapasitesi maliyeti	₺ 54.00	₺ 54.00	₺ 54.00
Sistemin Saatlik Toplam Maliyeti	₺ 17,218.92	₺ 13,697.0300	₺ 17,079.7000

Winqsb programında, 49 ve 84 kişi ile mevcut 106 kişilik yapıyı performans göstergelerine göre karşılaştırmış olup, sonuçları Tablo 11’de gösterilmiştir. Buna göre, sistem kullanım oranı aynı anda çalışan müşteri temsilcisi sayısına göre değişiklik göstermektedir. 49 kişi çalışması durumunda, sistem yaklaşık yüzde 100 kullanılmaktadır. Tam kapasiteye yakın bir değer vermektedir. Mevcut yapıda 106 kişi olması durumunda yüzde 59.48, 84 kişi olması durumunda ise yüzde 75.06 olmaktadır. Ortalama olarak saatte kaç müşteriye hizmet verileceğini Saatlik Sistem Efektif Servis oranı ve Saatlik Sistem Efektif Geliş oranı değerleri vermektedir. 49 kişinin aynı anda çalışması durumunda 899 müşteriye, 84-106 arası müşteri temsilcisinin çalışması durumunda 1157 müşteriye hizmet verilmektedir. Sonuç olarak 84 kişi olması ile 106 kişi olması arasında bir fark olmadığı görülmektedir.

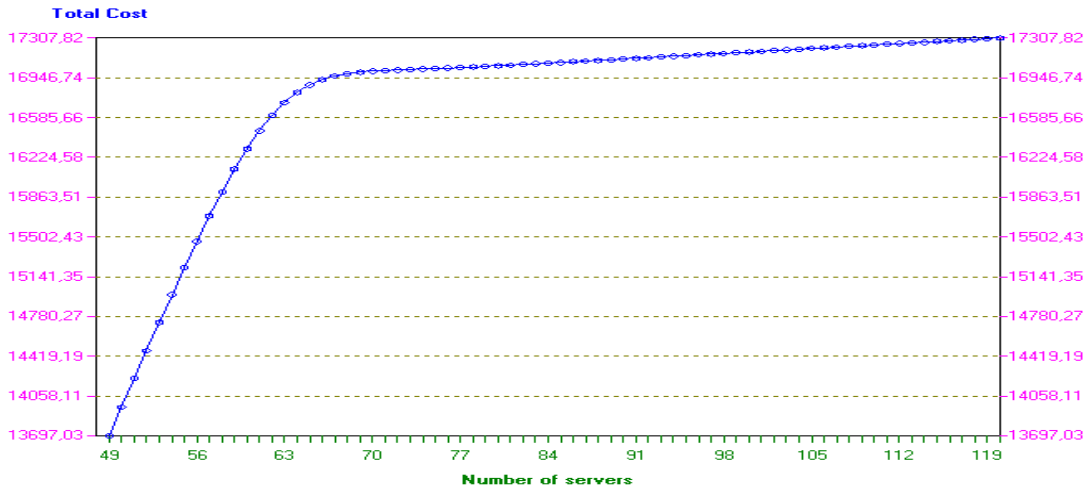
Müşterinin sistemde ve kuyrukta harcadığı süre, 106 kişi olması ile 84 kişi olması durumunda da aynı olup 3.27 dakikadır. 49 kişi olması durumunda 4.84 dakikaya çıkmaktadır. Gelen müşterinin bekleme, sistemin meşgul olma olasılığının en yüksek olduğu nokta 49 kişi olup yüzde 99.93’tür. 84 kişi olması durumunda yüzde 0.74 ve 106 kişilik mevcut durumda ise yüzde 0.0001 gibi bir oranda kalmaktadır. Maliyetler açısından bakıldığında, meşgul sunucuların saatlik toplam maliyetleri 106 kişi ile 84 kişi aynı tutarlarda gerçekleşirken 945.78 TL, 49 kişi olması durumunda düşmektedir. 734.96 TL. Boştaki sunucuların saatlik toplam maliyetleri açısından en düşük değer 49 kişidir. 0.0146 TL. 84 kişi maliyeti ise 106 kişinin maliyetinin yaklaşık yarısı kadardır. 133.02 TL. Toplam saatlik müşteri bekleme maliyeti 106 kişide 0 iken, 84 kişi için 0,5 olup oldukça yakın seviyededir. 49 kişi için değer çok yüksek kalmaktadır. 516.04 TL. Toplam saatlik müşteri servis maliyeti 106 kişi ile 84 kişi olması arasında fark yoktur. 49 kişi olması durumunda daha düşüktür. Sistemin saatlik toplam maliyeti 49 kişi için düşük kalırken 84 kişi ile 106 kişi olması arasında 139.22 TL’lik bir fark olmaktadır.

Duyarlılık analizi tablosunda, aynı anda 49 müşteri temsilcisi çalıştığında, sistem kullanım oranının yüzde 100 olduğu görülmektedir. Aynı tabloda, servis alan müşteri maliyetlerine bakıldığında, 84 temsilci aynı anda çalıştığında, ortalama müşteri sayısı ve müşterinin ortalama sistemde geçirdiği sürenin, 120 temsilciye kadar aynı kaldığı gözlemlenmiştir.



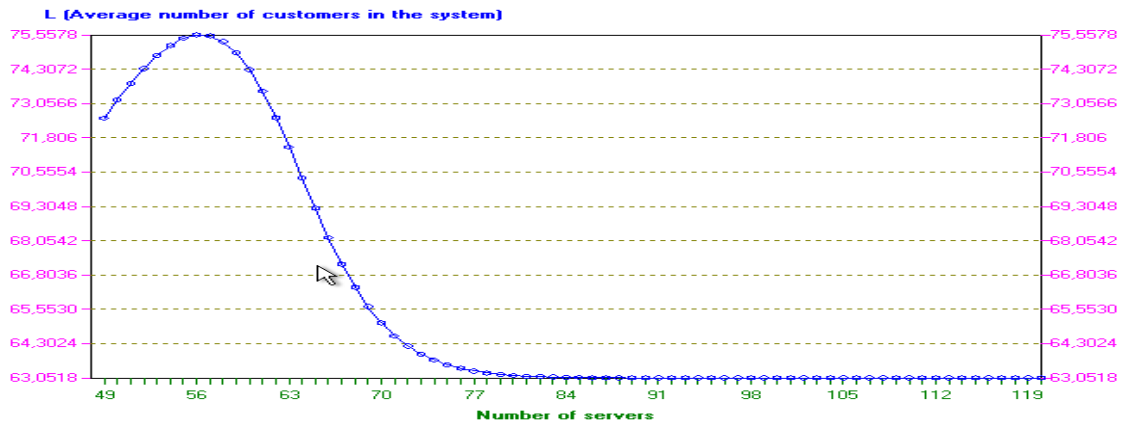
Şekil 5: Müşteri temsilci sayısı - Sistem Kullanım Oranı

Müşteri temsilci sayısının sistem kullanım oranı üzerindeki etkisi grafik olarak Şekil 5’te gösterilmiştir. Sistem kullanım oranının maksimum yüzde 100 olabilmesi için, yaklaşık 49 müşteri temsilcisinin aynı anda çalışıyor olması gerektiği görülmektedir. Bu rakamdan sonra artan her bir müşteri temsilcisi ile birlikte, sistem kullanım oranı da düşmektedir. Çünkü müşteri temsilcisi sayısı arttıkça, sistem kapasitesi de artacak, bu durum sisteme gelen müşteri sayısını değiştirmeyeceği için, zamanla sistem kapasitesinin de altında bir performans ile çalışılma durumunda kalınacaktır. Çağrı merkezinde şu anda saate hizmet veren ortalama 106 müşteri temsilcisi varken, sistem kullanım oranı yüzde 59,48 olarak hesaplanmıştır.



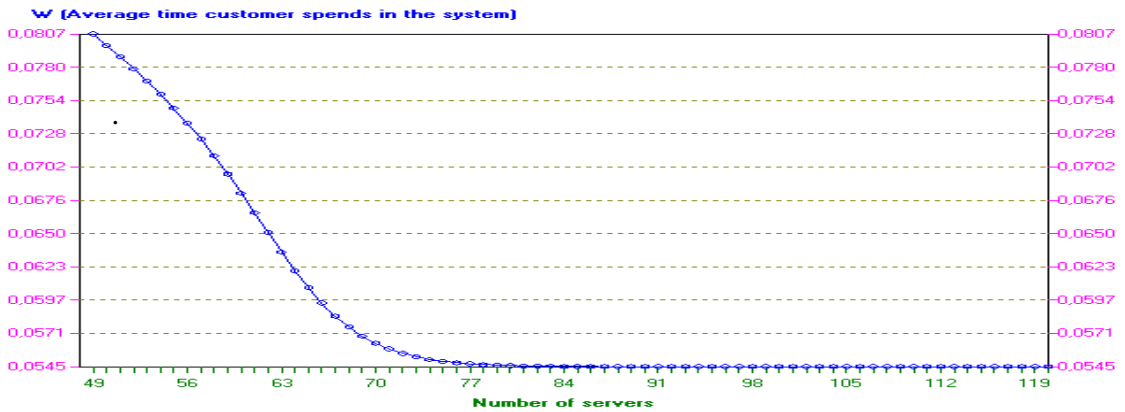
Şekil 6: Toplam Maliyet ile Servis Veren Müşteri Temsilcisi Sayısı

Hizmet veren kişi sayısı ile toplam maliyetler arasındaki ilişki Şekil 6'da gösterilmiştir. Görüldüğü gibi, mevcut yapıda, aynı anda çalışan kişi sayısında 106 kişi ve üzerine çıktıkça, maliyet maksimum seviyeye ulaşırken, 69-70 kişi civarından başlayarak 49 kişiye kadarki süreçte toplam maliyetin yüksek bir oranla azaldığı görülmektedir. Sistemde toplam maliyetler müşteri temsilcisi sayısı artarken artıyor olup, müşteri temsilcisi sayısı azalırken de azalmaktadır



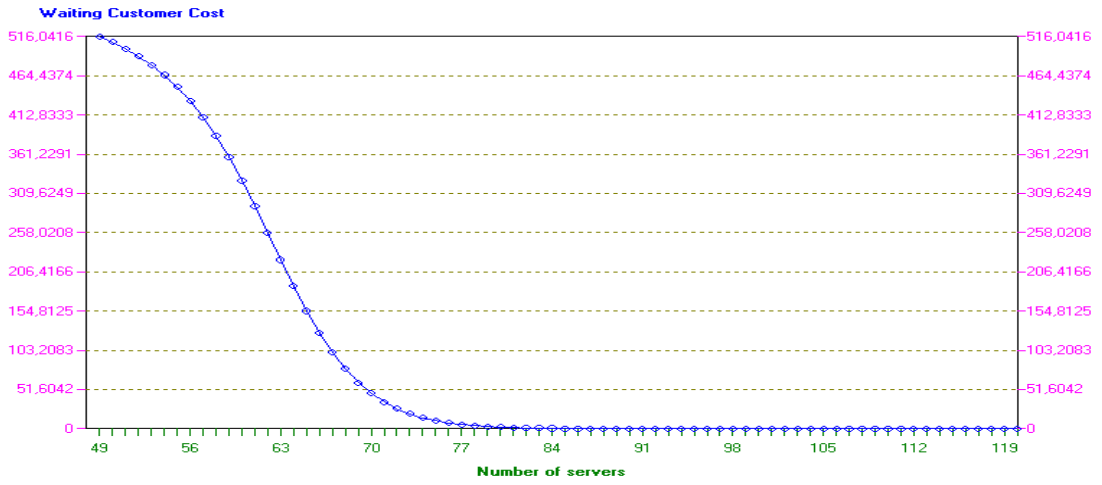
Şekil 7: Sistemdeki Ortalama Müşteri Sayısı – Müşteri Temsilcisi Sayısı

Hizmet veren müşteri temsilcisi sayısı ile sistemdeki ortalama müşteri sayısı arasındaki ilişki Şekil 7'de gösterilmiştir. Grafiğe bakıldığında, gelen çağrı yoğunluğundan dolayı, aynı anda çalışan 49 – 57 müşteri temsilcisi sayısı aralığında, sistemdeki müşteri sayısı artış göstermiştir. 57 – 84 müşteri temsilcisi aralığında sistemdeki ortalama müşteri sayısı azalırken, 84 – 119 aralığında her bir müşteri temsilcisi başına sistemdeki ortalama müşteri sayısında değişiklik olmamıştır.



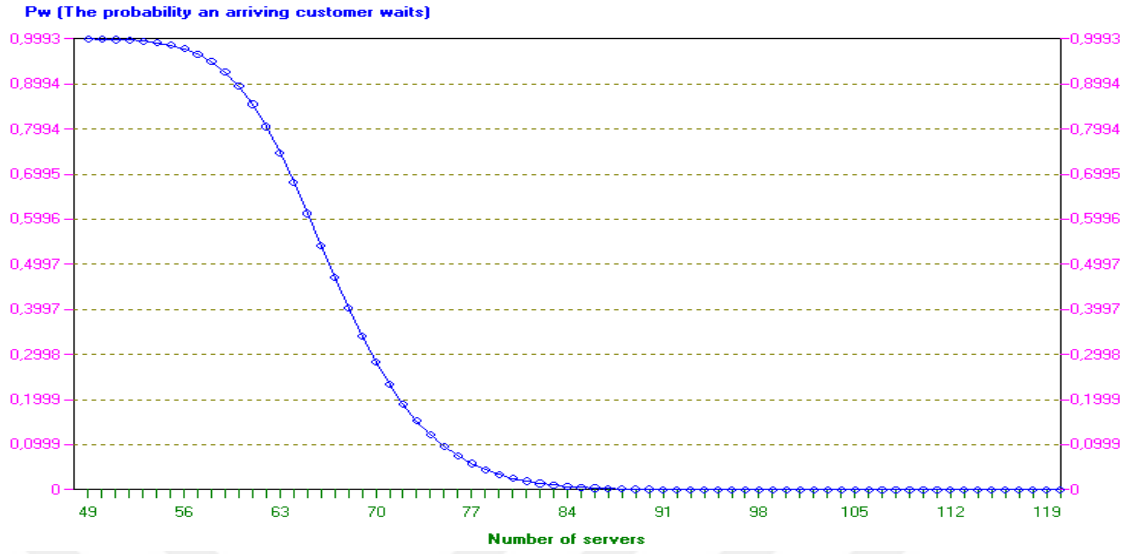
Şekil 8: Müşterinin Sistemde Ortalama Geçirdiği Süre – Müşteri Temsilcisi Sayısı

Hizmet veren müşteri temsilcisi sayısı ile müşterinin sistemde ortalama geçirdiği süre arasındaki ilişki Şekil 8’de gösterilmiştir. Aynı anda çalışan müşteri temsilcisi sayısı 49 olduğunda müşterinin sistemde ortalama geçirdiği süre yaklaşık 4,84 dakikadır. $(0.0807 \cdot 60)$ Grafikte de görüldüğü gibi müşteri temsilcisi sayısı arttıkça müşterilerin ortalama geçirdiği süreler de azalmaktadır. Yaklaşık 84 müşteri temsilcisi ve üstünde süre 3,27 $(0,0545 \cdot 60)$ dakikada sabit kalmaktadır. Sistemde (84 – 119) arası müşteri temsilcisi sayısı için de servis süresi 3,27 dakika sabit kalmıştır



Şekil 9: Müşteri Temsilcisi Sayısı – Bekleyen Müşteri Maliyeti

Hizmet veren müşteri temsilcisi sayısı ile bekleyen müşteri maliyeti arasındaki ilişki Şekil 9’da gösterilmiştir. Müşteri temsilcisi sayısı ile müşteri sistemde bekleme maliyeti ilişkisi verilmiştir. Müşteri temsilcisi sayısı arttıkça, müşterinin bekleme olasılığı da bekleme maliyeti de azalmaktadır. Aynı anda çalışan (49 – 84) arası müşteri temsilcisi sayısı arttıkça, maliyetler hızla düşmekte; 84’ü bulduğunda bekleme maliyeti 0’ yaklaşmakta ve sabitlenmektedir



Şekil 10: Müşterinin Sistemde Bekleme Olasılığı– Müşteri Temsilcisi Sayısı

Hizmet veren müşteri temsilcisi sayısı ile müşterinin sistemde bekleme olasılığı arasındaki ilişki Şekil 10'da gösterilmiştir. Müşteri temsilcisi sayısının 49 olması durumunda, müşterinin bekleme olasılığının 1'e çok yakın olduğu görülmektedir. Çağrı merkezinde, az sayıda müşteri temsilcisi olması, hem meşguliyeti hem de müşterinin sistemde bekleme olasılığını arttırmaktadır. Dolayısıyla grafikte görüldüğü gibi, müşteri temsilcisi sayısı arttıkça, 84 ve üzeri kişi aynı anda çalıştığında, müşteri bekleme olasılığı 0'a yaklaşmaktadır.

Mevcut sistemin aynı anda çalışan müşteri temsilcisi sayısının 49 ile 120 kişi arasında olduğu durum üzerinden kapasite analizi yapılmış ve sonuçları Ek3'te gösterilmiştir. Kuyruk kapasitesi 27'dir. 49'uncu kişiden itibaren 84.'üncü kişiye kadar servis verilen müşteri maliyeti azalarak devam etmiş, sonrasında sabit kalmıştır. Aynı zamanda meşgul sunucu maliyetleri 84.'ncü kişiye kadar artmış, 84'nci kişiden sonraki her bir müşteri temsilcisinde aynı kalmıştır. Aynı anda 84 müşteri temsilcisinden fazla çalışılması durumunda, boşa kalma maliyeti de artmaktadır.

5. SONUÇ

Teknolojik gelişmeler ile birlikte, yeni ve güncel donanım ve yazılımlara sahip olmanın yanında, çağrı merkezi verimliliğinin, müşteri memnuniyeti açısından artırılması zorunlu hale gelmiştir. Bu nedenle, doğru zamanda yeterli miktarda müşteri temsilcisi çalıştırılması gerekmektedir. Çalıştırılacak müşteri temsilcilerinin sayısı ve niteliği iyi belirlenmelidir.

Çağrı merkezleri müşterilerle direkt temas kurulan ortamlardır. Müşteriler evden çıkmadan, herhangi bir yere gitmek zorunda kalmadan, en hızlı şekilde ve sorunsuz hizmet almayı beklemektedirler. Dolayısıyla firmalar açısından çağrı merkezleri, mevcut müşterilerin elde tutulması, marka sadakatinin sağlanması, müşteri memnuniyeti açısından ve yeni müşteriler kazanmak için çok uygun kanallardır.

Bekleme durumunun yaşandığı hizmet işletmelerinde iki önemli sorun yaşanmaktadır. İlki müşterinin bekletilmesi ve bekletme nedeniyle oluşan müşteri kaybı, diğeri hizmet biriminin boş kalmasıdır. Bu noktada hem talebi karşılamak hem de boşa kalan sunucuların olmamasını sağlayacak dengeyi firmanın belirlemesi gerekmektedir.

Bu çalışmada beyaz eşya sektöründeki bir firmanın çağrı merkezinin 182 günlük verileri, kuyruk yapısı ve performans göstergeleri incelenmiştir. Buna göre; sistemde aynı anda çalışan müşteri temsilcisi sayısının fazla olduğu ve maliyetlere etkisinin olumsuz yansıdığı görülmüştür. Müşteri bekleme olasılığının düşük olduğu seviye daha az çalışan ile sağlanabilmektedir. Mevcut müşteri temsilcisi sayısı ile sistemin kapasite kullanım oranı yüzde 59.48'dir. Yüksek çalışan sayısına rağmen sistemin kullanım oranı düşük kalmıştır. Oranın artırılabilmesi için gereken en uygun müşteri temsilcisi sayısının belirlenmesi gerekmektedir. Bu haliyle boşa kalma maliyeti yüksek olmaktadır. Müşteri temsilcisi sayısı düşürüldükçe sistem kullanım oranı artmakta, buna müteakip maliyetler yükselmektedir. Doluluk oranı düşük kaldığından müşteri temsilcilerinin yoğun çalışması olmamakta ve müşteri hatta bekleme sorunu oluşmamaktadır. Çalışan müşteri temsilcisi sayısının yüksek olması verimlilik anlamında sorunlar yaratmaktadır.

Hafta içi ve hafta sonu olarak incelendiğinde en fazla çağrının hafta içi geldiği görülmektedir. 182 günlük verilerin ortalama değerlerine göre bakıldığında hafta içi gelen çağrı adetleri hafta sonu gelen çağrı adetlerinden yaklaşık yüzde 50 daha fazladır. Haftanın günlerine göre bakıldığında en yoğun gün Pazartesi olup Pazar gününe kadar azalan adetlerde çağrı gelmektedir. Çağrı merkezinin hedefi, yüzde 95 karşılama oranını sağlamaktır. Veriler incelendiğinde, altı aylık dönem sonunda yüzde 95.59 olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir. Gelen çağrılarının karşılanmasında sorun tespit edilmemiştir.

Müşteri temsilcisi sayılarına göre yapılan karşılaştırmalı tabloda, aynı anda çalışan 84 müşteri temsilcisi sayısı, optimum sayı olarak tespit edilmiştir. Sistem kullanım oranı yüzde 75'e çıkarken; maliyetler, sistemde ve kuyrukta olan ortalama müşteri sayıları ile geçirilen süreler bakımından 106 kişinin performans sonuçlarına oldukça yakın değerler göstermiştir. Tek olumsuz yanı, gelen müşterinin bekleme veya sistemin meşgul olma olasılığının mevcut duruma göre daha fazla olmasıdır. Servis hizmet süresi 3,27 dakika olup uygun seviyede kabul edilebilmektedir. Bu süre 84 üzeri müşteri temsilcisi aynı anda çalıştığında, sabit kalmaktadır.

Müşteri temsilcisi sayıları yoğun dönemlere göre ayarlanmalıdır. Vardiya planlaması kontrol edilmeli, ihtiyaç durumlarına göre revize edilmelidir.

EKLER

Ek.1. Müşteri Temsilcisi Sayısı

Gün	Müşteri Temsilcisi Sayısı	Gün	Müşteri Temsilcisi Sayısı	Gün	Müşteri Temsilcisi Sayısı	Gün	Müşteri Temsilcisi Sayısı
01-01-20	215	17-02-20	456	04-04-20	343	21-05-20	371
02-01-20	354	18-02-20	423	05-04-20	158	22-05-20	361
03-01-20	340	19-02-20	408	06-04-20	385	23-05-20	306
04-01-20	316	20-02-20	379	07-04-20	340	24-05-20	138
05-01-20	178	21-02-20	347	08-04-20	331	25-05-20	342
06-01-20	391	22-02-20	315	09-04-20	309	26-05-20	324
07-01-20	357	23-02-20	152	10-04-20	317	27-05-20	488
08-01-20	347	24-02-20	434	11-04-20	292	28-05-20	478
09-01-20	352	25-02-20	398	12-04-20	153	29-05-20	465
10-01-20	351	26-02-20	381	13-04-20	365	30-05-20	390
11-01-20	312	27-02-20	379	14-04-20	312	31-05-20	159
12-01-20	147	28-02-20	341	15-04-20	316	01-06-20	495
13-01-20	416	29-02-20	332	16-04-20	302	02-06-20	465
14-01-20	382	01-03-20	162	17-04-20	302	03-06-20	451
15-01-20	386	02-03-20	414	18-04-20	217	04-06-20	422
16-01-20	355	03-03-20	390	19-04-20	142	05-06-20	412
17-01-20	343	04-03-20	366	20-04-20	386	06-06-20	377
18-01-20	298	05-03-20	351	21-04-20	354	07-06-20	155
19-01-20	138	06-03-20	359	22-04-20	342	08-06-20	466
20-01-20	425	07-03-20	299	23-04-20	242	09-06-20	556
21-01-20	376	08-03-20	152	24-04-20	319	10-06-20	504
22-01-20	363	09-03-20	417	25-04-20	253	11-06-20	519
23-01-20	377	10-03-20	369	26-04-20	158	12-06-20	500
24-01-20	375	11-03-20	354	27-04-20	399	13-06-20	485
25-01-20	297	12-03-20	347	28-04-20	373	14-06-20	176
26-01-20	158	13-03-20	317	29-04-20	348	15-06-20	600
27-01-20	431	14-03-20	285	30-04-20	311	16-06-20	561
28-01-20	409	15-03-20	154	01-05-20	221	17-06-20	549
29-01-20	365	16-03-20	404	02-05-20	204	18-06-20	530
30-01-20	350	17-03-20	369	03-05-20	150	19-06-20	519
31-01-20	348	18-03-20	333	04-05-20	376	20-06-20	478
01-02-20	332	19-03-20	299	05-05-20	356	21-06-20	210
02-02-20	178	20-03-20	291	06-05-20	319	22-06-20	597
03-02-20	440	21-03-20	321	07-05-20	308	23-06-20	582
04-02-20	397	22-03-20	219	08-05-20	310	24-06-20	558
05-02-20	366	23-03-20	382	09-05-20	189	25-06-20	562
06-02-20	389	24-03-20	353	10-05-20	149	26-06-20	563
07-02-20	382	25-03-20	344	11-05-20	373	27-06-20	490
08-02-20	350	26-03-20	338	12-05-20	360	28-06-20	199
09-02-20	150	27-03-20	339	13-05-20	344	29-06-20	641
10-02-20	436	28-03-20	303	14-05-20	324	30-06-20	604
11-02-20	398	29-03-20	154	15-05-20	315		
12-02-20	397	30-03-20	405	16-05-20	234		
13-02-20	376	31-03-20	326	17-05-20	156		
14-02-20	372	01-04-20	354	18-05-20	391		
15-02-20	348	02-04-20	353	19-05-20	310		
16-02-20	161	03-04-20	349	20-05-20	406		

Ek.2. Çağrı Merkezi İstatistikleri

Tarih	Gelen Çağrı(adet)	Cevaplanan Çağrı(adet)	Kaçan Çağrı(adet)	Hizmet Süresi	Ortalama Cevaplama Süresi(sn)	Ortalama Görüşme Süresi(sn)
01-01-20	12643	12064	579	216	13	209
02-01-20	30398	29679	719	198	9	190
03-01-20	27540	26791	749	199	8	190
04-01-20	22839	22618	221	203	5	194
05-01-20	8764	8715	49	223	4	215
06-01-20	31727	31064	663	197	9	189
07-01-20	27790	27181	609	199	10	190
08-01-20	28961	25499	3462	207	30	198
09-01-20	27336	26577	759	209	10	200
10-01-20	25268	24640	628	205	9	196
11-01-20	21850	21194	656	205	10	196
12-01-20	8548	8423	125	239	6	230
13-01-20	31657	30918	739	209	9	200
14-01-20	26767	26452	315	208	6	199
15-01-20	25929	25664	265	207	5	198
16-01-20	24444	24042	402	210	7	201
17-01-20	23280	22580	700	210	11	201
18-01-20	20346	20066	280	207	7	198
19-01-20	8097	7867	230	234	10	226
20-01-20	30198	29972	226	209	5	200
21-01-20	26439	25618	821	209	11	200
22-01-20	25951	25036	915	205	11	196
23-01-20	24026	23727	299	208	7	199
24-01-20	23439	23227	212	202	5	193
25-01-20	19954	19523	431	204	7	195
26-01-20	8262	8126	136	220	7	212
27-01-20	29788	29334	454	203	5	194
28-01-20	25969	25776	193	199	4	192
29-01-20	25310	25111	199	199	4	192
30-01-20	23671	23444	227	201	6	194
31-01-20	23213	22995	218	196	4	189
01-02-20	23900	23732	168	188	3	182
02-02-20	9521	9316	205	213	8	206
03-02-20	40798	40312	486	181	5	175
04-02-20	34394	33866	528	186	6	179
05-02-20	29382	28966	416	189	6	182

06-02-20	29830	29152	678	194	9	187
07-02-20	29049	28220	829	191	9	184
08-02-20	24651	24281	370	192	6	186
09-02-20	9780	9436	344	219	10	212
10-02-20	38545	37559	986	196	10	188
11-02-20	32868	31589	1279	195	12	187
12-02-20	30713	29958	755	196	10	186
13-02-20	30296	28763	1533	198	14	188
14-02-20	29205	27297	1908	202	18	192
15-02-20	25290	24985	305	203	5	193
16-02-20	9745	9474	271	227	9	218
17-02-20	38880	37262	1618	204	11	194
18-02-20	32217	31238	979	205	9	195
19-02-20	29661	29300	361	202	5	192
20-02-20	28537	27997	540	204	8	194
21-02-20	27031	26126	905	208	11	198
22-02-20	24088	23557	531	202	8	192
23-02-20	9190	8894	296	228	11	218
24-02-20	36615	34739	1876	204	11	194
25-02-20	30415	29544	871	203	8	193
26-02-20	29053	28466	587	201	7	191
27-02-20	26659	26049	610	204	7	194
28-02-20	26847	25953	894	198	10	188
29-02-20	22501	22315	186	203	4	193
01-03-20	9015	8838	177	220	8	210
02-03-20	36260	35013	1247	202	10	192
03-03-20	29620	29183	437	199	5	189
04-03-20	28784	28383	401	200	5	189
05-03-20	33712	31858	1854	168	16	158
06-03-20	27121	26172	949	198	12	188
07-03-20	23397	22889	508	198	8	187
08-03-20	8834	8599	235	221	10	210
09-03-20	36825	35418	1407	200	11	189
10-03-20	30352	29317	1035	199	11	188
11-03-20	29064	27775	1289	195	12	184
12-03-20	28438	27579	859	200	11	189
13-03-20	28027	26266	1761	203	18	192
14-03-20	27214	23728	3486	203	30	192
15-03-20	9495	9150	345	224	12	213
16-03-20	36494	35297	1197	200	10	189
17-03-20	30879	30359	520	199	7	188
18-03-20	29446	28895	551	199	7	188

19-03-20	31469	27109	4360	206	33	195
20-03-20	30221	26443	3778	210	33	199
21-03-20	27420	23488	3932	212	36	201
22-03-20	11222	9836	1386	269	38	258
23-03-20	41174	33054	8120	247	51	236
24-03-20	27145	26515	630	223	11	212
25-03-20	25987	25219	768	217	12	207
26-03-20	31905	29110	2795	185	26	175
27-03-20	25769	25023	746	209	5	199
28-03-20	21193	21004	189	209	5	199
29-03-20	8908	8758	150	239	7	228
30-03-20	30404	30095	309	208	3	198
31-03-20	24780	24424	356	215	7	204
01-04-20	23970	23867	103	211	3	200
02-04-20	23490	23192	298	211	3	200
03-04-20	23834	23492	342	217	5	206
04-04-20	20817	20500	317	212	6	202
05-04-20	9196	9107	89	237	5	225
06-04-20	29890	29318	572	210	7	200
07-04-20	24659	24333	326	208	7	198
08-04-20	25274	24546	728	215	11	204
09-04-20	26797	24881	1916	215	24	205
10-04-20	25508	24709	799	211	16	201
11-04-20	10832	10520	312	224	5	214
12-04-20	7104	7039	65	235	4	224
13-04-20	35679	33462	2217	204	20	194
14-04-20	28856	27799	1057	209	16	199
15-04-20	28409	27096	1313	209	20	198
16-04-20	29224	27199	2025	211	26	200
17-04-20	28637	26588	2049	210	25	199
18-04-20	11939	11696	243	220	8	209
19-04-20	8087	7800	287	226	11	215
20-04-20	43324	38693	4631	199	33	189
21-04-20	37417	33772	3645	197	26	186
22-04-20	33055	32380	675	195	11	188
23-04-20	18116	17585	531	205	12	198
24-04-20	18179	17952	227	203	6	196
25-04-20	13479	13255	224	211	7	203
26-04-20	9175	8878	297	212	11	205
27-04-20	43330	41842	1488	192	16	186
28-04-20	35635	34871	764	198	11	191
29-04-20	36068	33947	2121	193	25	186

30-04-20	33175	29960	3215	195	34	188
01-05-20	16632	15760	872	208	20	202
02-05-20	15350	14311	1039	207	24	201
03-05-20	8665	8321	344	217	13	210
04-05-20	46452	39379	7073	199	45	193
05-05-20	35595	34361	1234	199	18	192
06-05-20	36803	32090	4713	203	42	196
07-05-20	36846	31205	5641	192	46	186
08-05-20	33886	31154	2732	188	28	181
09-05-20	15762	15042	720	198	17	192
10-05-20	8136	7901	235	204	12	198
11-05-20	30334	30205	129	195	4	188
12-05-20	26832	26464	368	195	8	188
13-05-20	26590	26112	478	192	9	185
14-05-20	27971	27112	859	195	13	188
15-05-20	28599	27889	710	196	13	189
16-05-20	23733	21552	2181	199	33	193
17-05-20	13735	13025	710	201	22	195
18-05-20	36610	35573	1037	194	10	188
19-05-20	30005	28215	1790	192	21	186
20-05-20	50060	39609	10451	210	73	202
21-05-20	47385	34967	12418	210	90	202
22-05-20	38914	33851	5063	190	49	182
23-05-20	17036	16511	525	221	11	213
24-05-20	5586	5517	69	212	7	206
25-05-20	9427	9324	103	235	6	226
26-05-20	10722	10519	203	229	6	220
27-05-20	38487	38017	470	222	8	213
28-05-20	32902	32587	315	221	5	212
29-05-20	30684	30185	499	214	6	205
30-05-20	20372	20151	221	215	5	207
31-05-20	9403	9333	70	202	6	195
01-06-20	53535	52441	1094	198	10	190
02-06-20	44382	43064	1318	198	10	190
03-06-20	42031	41005	1026	199	11	191
04-06-20	39578	38298	1280	199	11	191
05-06-20	38920	37505	1415	197	12	189
06-06-20	33225	32553	672	201	8	193
07-06-20	12114	11712	402	201	13	194
08-06-20	61547	48291	13256	202	53	194
09-06-20	46265	45093	1172	213	10	205
10-06-20	44273	42652	1621	215	14	207

11-06-20	43470	41670	1800	218	14	210
12-06-20	41349	39986	1363	216	11	208
13-06-20	33744	33023	721	216	7	207
14-06-20	12122	11424	698	212	20	206
15-06-20	50483	49207	1276	210	9	202
16-06-20	44030	43449	581	214	6	206
17-06-20	42842	42227	615	213	7	205
18-06-20	43097	41581	1516	209	12	202
19-06-20	39644	38606	1038	211	8	202
20-06-20	26353	26005	348	222	5	214
21-06-20	12378	12080	298	214	9	207
22-06-20	51395	50362	1033	213	8	205
23-06-20	43647	42427	1220	213	10	205
24-06-20	42137	41241	896	214	10	206
25-06-20	40926	40216	710	217	7	208
26-06-20	40626	39678	948	220	8	211
27-06-20	27215	26765	450	225	6	215
28-06-20	13431	13173	258	213	8	207
29-06-20	57243	54367	2876	212	18	204
30-06-20	47841	46373	1468	218	10	210

Ek.3. Kapasite Analizi

Sunucu Sayısı	Kuyruk Kapasitesi	Toplam Maliyet	Meşgul Sunucu Maliyeti	Boş Sunucu Maliyeti	Bekleyen Müşteri Maliyeti	Servis Verilen Müşteri Maliyeti	Atılan Müşteri Maliyeti	Kuyruk Kapasitesi Maliyeti
49	27	\$ 13,697.0300	734.9656	0.0146	516.0416	12392.0100	0	54.0000
50	27	\$ 13,957.0800	749.9384	0.0261	508.6505	12644.4600	0	54.0000
51	27	\$ 14,215.6500	764.8910	0.0461	500.1396	12896.5700	0	54.0000
52	27	\$ 14,472.2800	779.8096	0.0806	490.2796	13148.1100	0	54.0000
53	27	\$ 14,726.2800	794.6728	0.1385	478.7978	13398.7100	0	54.0000
54	27	\$ 14,976.8500	809.4459	0.2346	465.3784	13647.8000	0	54.0000
55	27	\$ 15,222.6200	824.0768	0.3908	449.6702	13894.4900	0	54.0000
56	27	\$ 15,461.9200	838.4891	0.6396	431.3085	14137.4900	0	54.0000
57	27	\$ 15,692.5200	852.5741	1.0270	409.9560	14374.9700	0	54.0000
58	27	\$ 15,911.6600	866.1870	1.6142	385.3672	14604.4900	0	54.0000
59	27	\$ 16,116.0700	879.1453	2.4785	357.4750	14822.9700	0	54.0000
60	27	\$ 16,302.2800	891.2370	3.7097	326.4847	15026.8500	0	54.0000
61	27	\$ 16,466.9900	902.2416	5.4011	292.9500	15212.4000	0	54.0000
62	27	\$ 16,607.6500	911.9608	7.6366	257.7887	15376.2700	0	54.0000
63	27	\$ 16,723.0500	920.2547	10.4755	222.2115	15516.1100	0	54.0000
64	27	\$ 16,813.6200	927.0718	13.9396	187.5586	15631.0500	0	54.0000
65	27	\$ 16,881.4600	932.4604	18.0084	155.0866	15721.9000	0	54.0000
66	27	\$ 16,929.9400	936.5571	22.6242	125.7779	15790.9800	0	54.0000
67	27	\$ 16,963.0500	939.5573	27.7041	100.2277	15841.5600	0	54.0000
68	27	\$ 16,984.8200	941.6797	33.1556	78.6331	15877.3500	0	54.0000
69	27	\$ 16,998.7700	943.1350	38.8895	60.8629	15901.8800	0	54.0000
70	27	\$ 17,007.7500	944.1055	44.8287	46.5639	15918.2500	0	54.0000
71	27	\$ 17,013.8200	944.7374	50.9112	35.2690	15928.9000	0	54.0000
72	27	\$ 17,018.4000	945.1401	57.0907	26.4811	15935.6900	0	54.0000
73	27	\$ 17,022.3900	945.3920	63.3341	19.7281	15939.9400	0	54.0000
74	27	\$ 17,026.3100	945.5470	69.6184	14.5921	15942.5500	0	54.0000
75	27	\$ 17,030.4300	945.6412	75.9286	10.7201	15944.1400	0	54.0000
76	27	\$ 17,341.8700	945.6975	82.2547	7.8239	15945.0900	0	54.0000
77	27	\$ 17,039.6500	945.7308	88.5906	5.6280	15945.6500	0	54.0000
78	27	\$ 17,044.7500	945.7504	94.9323	4.0861	15945.9800	0	54.0000
79	27	\$ 17,050.1400	945.7617	101.2775	2.9235	15946.1700	0	54.0000
80	27	\$ 17,055.7500	945.7682	107.6248	2.0773	15946.2800	0	54.0000
81	27	\$ 17,050.1400	945.7719	113.9732	1.4656	15946.3400	0	54.0000
82	27	\$ 17,067.5000	945.7740	120.3223	1.0265	15946.3800	0	54.0000
83	27	\$ 17,073.5600	945.7751	126.6719	0.7137	15946.4000	0	54.0000
84	27	\$ 17,079.7000	945.7758	133.0216	0.4924	15946.4100	0	54.0000
85	27	\$ 17,085.9000	945.7761	139.3714	0.3370	15946.4200	0	54.0000

86	27	\$ 17,092.1500	945.7763	145.7213	0.2289	15946.4200	0	54.0000
87	27	\$ 17,098.4200	945.7764	152.0713	0.1542	15946.4200	0	54.0000
88	27	\$ 17,104.7200	945.7765	158.4213	0.1030	15946.4200	0	54.0000
89	27	\$ 17,111.0400	945.7765	164.7713	0.0682	15946.4200	0	54.0000
90	27	\$ 17,117.3700	945.7765	171.1213	0.0448	15946.4200	0	54.0000
91	27	\$ 17,123.7000	945.7766	177.4713	0.0292	15946.4200	0	54.0000
92	27	\$ 17,130.0400	945.7765	183.8213	0.0189	15946.4200	0	54.0000
93	27	\$ 17,136.3800	945.7765	190.1713	0.0121	15946.4200	0	54.0000
94	27	\$ 17,142.7300	945.7766	196.5213	0.0077	15946.4200	0	54.0000
95	27	\$ 17,149.0800	945.7766	202.8713	0.0048	15946.4200	0	54.0000
96	27	\$ 17,155.4200	945.7766	209.2213	0.0030	15946.4200	0	54.0000
97	27	\$ 17,161.7700	945.7766	215.5713	0.0019	15946.4200	0	54.0000
98	27	\$ 17,168.1200	945.7766	221.9212	0.0011	15946.4200	0	54.0000
99	27	\$ 17,174.4700	945.7766	228.2713	0.0007	15946.4200	0	54.0000
100	27	\$ 17,180.8200	945.7766	234.6213	0.0004	15946.4200	0	54.0000
101	27	\$ 17,187.1700	945.7766	240.9713	0.0003	15946.4200	0	54.0000
102	27	\$ 17,193.5200	945.7766	247.3213	0.0001	15946.4200	0	54.0000
103	27	\$ 17,199.8700	945.7766	253.6713	0.0001	15946.4200	0	54.0000
104	27	\$ 17,206.2200	945.7766	260.0212	0.0001	15946.4200	0	54.0000
105	27	\$ 17,212.5700	945.7766	266.3713	0.0000	15946.4200	0	54.0000
106	27	\$ 17,218.9200	945.7766	272.7213	0.0000	15946.4200	0	54.0000
107	27	\$ 17,225.2700	945.7766	279.0713	0.0000	15946.4200	0	54.0000
108	27	\$ 17,231.6200	945.7766	285.4213	0.0000	15946.4200	0	54.0000
109	27	\$ 17,237.9700	945.7766	291.7713	0.0000	15946.4200	0	54.0000
110	27	\$ 17,244.3200	945.7766	298.1212	0.0000	15946.4200	0	54.0000
111	27	\$ 17,250.6700	945.7766	304.4713	0.0000	15946.4200	0	54.0000
112	27	\$ 17,257.0200	945.7766	310.8213	0.0000	15946.4200	0	54.0000
113	27	\$ 17,263.3700	945.7766	317.1713	0.0000	15946.4200	0	54.0000
114	27	\$ 17,269.7200	945.7766	323.5213	0.0000	15946.4200	0	54.0000
115	27	\$ 17,276.0700	945.7766	329.8712	0.0000	15946.4200	0	54.0000
116	27	\$ 17,282.4200	945.7766	336.2213	0.0000	15946.4200	0	54.0000
117	27	\$ 17,288.7700	945.7766	342.5713	0.0000	15946.4200	0	54.0000
118	27	\$ 17,295.1200	945.7766	348.9213	0.0000	15946.4200	0	54.0000
119	27	\$ 17,301.4700	945.7766	355.2713	0.0000	15946.4200	0	54.0000
120	27	\$ 17,307.8200	945.7766	361.6212	0.0000	15946.4200	0	54.0000

Ek.4. Hizmet Veren Kişi Sayısına Göre Duyarlılık Analizi

Değer	Efektif Geliş Oranı	Sistem Kullanımı	L	Lq	Lb	W	Wq	Wb	Pw	Average Balked	Meşgul Sunucu Maliyeti	Boş Sunucu Maliyeti	Bekleyen Müşteri Maliyeti	Servis Alan Müşteri Maliyeti	Toplam Maliyeti
49	899.1080	1.0000	72.5183	23.5206	23.5370	0.0807	0.0262	0.0262	0.9993	257.8920	734.9656	0.0146	516.0416	12392.0100	\$ 13,697.0300
50	917.4246	0.9999	73.1796	23.1837	23.2115	0.0798	0.0253	0.0253	0.9988	239.5754	749.9384	0.0261	508.6505	12644.4600	\$ 13,957.0800
51	935.7166	0.9999	73.7885	22.7958	22.8422	0.0789	0.0244	0.0244	0.9980	221.2834	764.8910	0.0461	500.1396	12896.5700	\$ 14,215.6500
52	953.9671	0.9998	74.3337	22.3464	22.4224	0.0779	0.0234	0.0235	0.9966	203.0329	779.8096	0.0806	490.2796	13148.1100	\$ 14,472.2800
53	972.1498	0.9996	74.8012	21.8231	21.9454	0.0769	0.0224	0.0226	0.9944	184.8502	794.6728	0.1385	478.7978	13398.7100	\$ 14,726.2800
54	990.2222	0.9993	75.1745	21.2114	21.4044	0.0759	0.0214	0.0216	0.9910	166.7778	809.4459	0.2346	465.3784	13647.8000	\$ 14,976.8500
55	1008.1210	0.9989	75.4339	20.4954	20.7935	0.0748	0.0203	0.0206	0.9857	148.8793	824.0768	0.3908	449.6702	13894.4900	\$ 15,222.6200
56	1025.7520	0.9982	75.5578	19.6585	20.1080	0.0737	0.0192	0.0196	0.9776	131.2484	838.4891	0.6396	434.3085	14137.4900	\$ 15,461.9200
57	1042.9820	0.9972	75.5236	18.6853	19.3460	0.0724	0.0179	0.0185	0.9659	114.0177	852.5741	1.0270	409.9560	14374.9700	\$ 15,692.5200
58	1059.6360	0.9956	75.3104	17.5646	18.5089	0.0711	0.0166	0.0175	0.9490	97.3645	866.1870	1.6142	385.3672	14604.4900	\$ 15,911.6600
59	1075.4880	0.9934	74.9030	16.2933	17.6026	0.0696	0.0151	0.0164	0.9256	81.5123	879.1453	2.4785	357.4750	14822.9700	\$ 16,116.0700
60	1090.2800	0.9903	74.2966	14.8808	16.6375	0.0681	0.0136	0.0153	0.8944	66.7201	891.2370	3.7097	326.4847	15026.8500	\$ 16,302.2800
61	1103.7420	0.9861	73.5018	13.3523	15.6283	0.0666	0.0121	0.0142	0.8544	53.2577	902.2416	5.4011	292.9500	15212.4000	\$ 16,466.9900
62	1115.6320	0.9806	72.5471	11.7497	14.5936	0.0560	0.0105	0.0131	0.8051	41.3680	911.9608	7.6366	257.7887	15376.2700	\$ 16,607.6500
63	1125.7780	0.9738	71.4785	10.1281	13.5536	0.0635	0.0090	0.0120	0.7473	31.2217	920.2547	10.4755	222.2115	15516.1100	\$ 16,723.0500
64	1134.1180	0.9657	70.3535	8.5487	12.5288	0.0620	0.0075	0.0110	0.6823	22.8821	927.0718	13.9396	187.5586	15631.0500	\$ 16,813.6200
65	1140.7100	0.9564	69.2327	7.0687	11.5380	0.0607	0.0062	0.0101	0.6126	16.2900	932.4604	18.0084	155.0866	15721.9000	\$ 16,881.4600

66	1145.7220	0.9460	68.1700	5.7328	10.5966	0.0595	0.0050	0.0092	0.5410	11.2784	936.5571	22.6242	125.7779	15790.9800	\$ 16,929.9400
67	1149.3920	0.9349	67.2054	4.5683	9.7159	0.0585	0.0040	0.0085	0.4702	7.6083	939.5573	27.7041	100.2277	15841.5600	\$ 16,963.0500
68	1151.9880	0.9232	66.3627	3.5840	8.9031	0.0576	0.0031	0.0077	0.4026	5.0117	941.6797	33.1556	78.6331	15877.3500	\$ 16,984.8200
69	1153.7690	0.9112	65.6497	2.7741	8.1613	0.0569	0.0024	0.0071	0.3399	3.2314	943.1350	38.8895	60.8630	15901.8800	\$ 16,998.7700
70	1154.9560	0.8991	65.0627	2.1223	7.4902	0.0563	0.0018	0.0065	0.2833	2.0442	944.1055	44.8287	46.5639	15918.2500	\$ 17,007.7500
71	1155.7290	0.8871	64.5900	1.6075	6.8872	0.0559	0.0014	0.0060	0.2334	1.2712	944.7374	50.9112	35.2690	15928.9000	\$ 17,013.8200
72	1156.2210	0.8751	64.2163	1.2070	6.3479	0.0555	0.0010	0.0055	0.1901	0.7787	945.1401	57.0907	26.4811	15935.6900	\$ 17,018.4000
73	1156.5300	0.8634	63.9253	0.8992	5.8671	0.0553	0.0008	0.0051	0.1533	0.4705	945.3920	63.3341	19.7281	15939.9400	\$ 17,022.3900
74	1156.7190	0.8518	63.7016	0.6651	5.4391	0.0551	0.0006	0.0047	0.1223	0.2808	945.5470	69.6184	14.5921	15942.5500	\$ 17,026.3100
75	1156.8340	0.8406	63.5314	0.4886	5.0581	0.0549	0.0004	0.0044	0.0966	0.1656	945.6412	75.9286	10.7201	15944.1400	\$ 17,030.4300
76	1156.9030	0.8296	63.4031	0.3566	4.7188	0.0548	0.0003	0.0041	0.0756	0.0967	945.6975	82.2547	7.8239	15945.0900	\$ 17,341.8700
77	1156.9440	0.8188	63.3073	0.2586	4.4160	0.0547	0.0002	0.0038	0.0586	0.0559	945.7308	88.5906	5.6728	15945.6500	\$ 17,039.6500
78	1156.9680	0.8083	63.2363	0.1862	4.1453	0.0547	0.0002	0.0036	0.0449	0.0320	945.7504	94.9323	4.0861	15945.9800	\$ 17,044.7500
79	1156.9820	0.7981	63.1840	0.1332	3.9027	0.0546	0.0001	0.0034	0.0341	0.0182	945.7617	101.2775	2.9235	15946.1700	\$ 17,050.1400
80	1156.9900	0.7881	63.1459	0.0947	3.6845	0.0546	0.0001	0.0032	0.0257	0.0101	945.7682	107.6248	2.0773	15946.2800	\$ 17,055.7500
81	1156.9940	0.7784	63.1183	0.0668	3.4878	0.0546	0.0001	0.0030	0.0192	0.0057	945.7719	113.9732	1.4656	15946.3400	\$ 17,050.1400
82	1156.9970	0.7689	63.0984	0.0468	3.3096	0.0545	0.0000	0.0029	0.0141	0.0032	945.7740	120.3223	1.0265	15946.3800	\$ 17,067.5000
83	1156.9980	0.7597	63.0842	0.0325	3.1480	0.0545	0.0000	0.0027	0.0103	0.0017	945.7751	126.6719	0.7137	15946.4000	\$ 17,073.5600
84	1156.9990	0.7506	63.0742	0.0224	3.0007	0.0545	0.0000	0.0026	0.0075	0.0010	945.7758	133.0216	0.4924	15946.4100	\$ 17,079.7000
85	1157.0000	0.7418	63.0671	0.0154	2.8662	0.0545	0.0000	0.0025	0.0054	0.0005	945.7761	139.3714	0.3370	15946.4200	\$ 17,085.9000

86	1157.0000	0.7332	63.0622	0.0104	2.7428	0.0545	0.0000	0.0024	0.0038	0.0002	945.7763	145.7213	0.2289	15946.4200	\$ 17,092.1500
87	1157.0000	0.7247	63.0588	0.0070	2.6293	0.0545	0.0000	0.0023	0.0027	0.0001	945.7764	152.0713	0.1542	15946.4200	\$ 17,098.4200
88	1157.0000	0.7165	63.0565	0.0047	2.5248	0.0545	0.0000	0.0022	0.0019	0.0001	945.7765	158.4213	0.1030	15946.4200	\$ 17,104.7200
89	1157.0000	0.7084	63.0549	0.0031	2.4276	0.0545	0.0000	0.0021	0.0013	0.0000	945.7765	164.7713	0.0682	15946.4200	\$ 17,111.0400
90	1157.0000	0.7006	63.0538	0.0020	2.3384	0.0545	0.0000	0.0020	0.0009	0.0000	945.7765	171.1213	0.0448	15946.4200	\$ 17,117.3700
91	1157.0000	0.6929	63.0531	0.0013	2.2543	0.0545	0.0000	0.0019	0.0060	0.0000	945.7766	177.4713	0.0292	15946.4200	\$ 17,123.7000
92	1157.0000	0.6853	63.0526	0.0009	2.1769	0.0545	0.0000	0.0019	0.0004	0.0000	945.7765	183.8213	0.0189	15946.4200	\$ 17,130.0400
93	1157.0000	0.6780	63.0523	0.0006	2.1044	0.0545	0.0000	0.0018	0.0003	0.0000	945.7765	190.1713	0.0121	15946.4200	\$ 17,136.3800
94	1157.0000	0.6708	63.0521	0.0003	2.0363	0.0545	0.0000	0.0018	0.0002	0.0000	945.7766	196.5213	0.0077	15946.4200	\$ 17,142.7300
95	1157.0000	0.66637	63.0520	0.0002	1.9741	0.0545	0.0000	0.0017	0.0001	0.0000	945.7766	202.8713	0.0048	15946.4200	\$ 17,149.0800
96	1157.0000	0.6568	63.0519	0.0001	1.9025	0.0545	0.0000	0.0016	0.0001	0.0000	945.7766	209.2213	0.0030	15946.4200	\$ 17,155.4200
97	1157.0000	0.6500	63.0519	0.0001	1.8509	0.0545	0.0000	0.0016	0.0000	0.0000	945.7766	215.5713	0.0019	15946.4200	\$ 17,161.7700
98	1157.0000	0.6434	63.0518	0.0001	1.7934	0.0545	0.0000	0.0016	0.0000	0.0000	945.7766	221.9212	0.0011	15946.4200	\$ 17,168.1200
99	1157.0000	0.6369	63.0518	0.0000	1.7202	0.0545	0.0000	0.0015	0.0000	0.0000	945.7766	228.2713	0.0007	15946.4200	\$ 17,174.4700
100	1157.0000	0.6305	63.0518	0.0000	1.6783	0.0545	0.0000	0.0015	0.0000	0.0000	945.7766	234.6213	0.0004	15946.4200	\$ 17,180.8200
101	1157.0000	0.6243	63.0518	0.0000	1.7054	0.0545	0.0000	0.0015	0.0000	0.0000	945.7766	240.9713	0.0003	15946.4200	\$ 17,187.1700
102	1157.0000	0.6182	63.0518	0.0000	1.6452	0.0545	0.0000	0.0014	0.0000	0.0000	945.7766	247.3213	0.0001	15946.4200	\$ 17,193.5200
103	1157.0000	0.6122	63.0518	0.0000	1.5797	0.0545	0.0000	0.0014	0.0000	0.0000	945.7766	253.6713	0.0001	15946.4200	\$ 17,199.8700
104	1157.0000	0.6063	63.0518	0.0000	1.5044	0.0545	0.0000	0.0013	0.0000	0.0000	945.7766	260.0212	0.0001	15946.4200	\$ 17,206.2200
105	1157.0000	0.6005	63.0518	0.0000	1.4124	0.0545	0.0000	0.0012	0.0000	0.0000	945.7766	266.3713	0.0000	15946.4200	\$ 17,212.5700

106	1157.0000	0.5948	63.0518	0.0000	1.2954	0.0545	0.0000	0.0011	0.0000	0.0000	945.7766	272.7213	0.0000	15946.4200	\$ 17,218.9200
107	1157.0000	0.5893	63.0518	0.0000	1.1454	0.0545	0.0000	0.0010	0.0000	0.0000	945.7766	279.0713	0.0000	15946.4200	\$ 17,225.2700
108	1157.0000	0.5838	63.0518	0.0000	0.9600	0.0545	0.0000	0.0008	0.0000	0.0000	945.7766	285.4213	0.0000	15946.4200	\$ 17,231.6200
109	1157.0000	0.5785	63.0518	0.0000	0.7500	0.0545	0.0000	0.0006	0.0000	0.0000	945.7766	291.7713	0.0000	15946.4200	\$ 17,237.9700
110	1157.0000	0.5732	63.0518	0.0000	0.5399	0.0545	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	945.7766	298.1212	0.0000	15946.4200	\$ 17,244.3200
111	1157.0000	0.5680	63.0518	0.0000	0.3582	0.0545	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	945.7766	304.4713	0.0000	15946.4200	\$ 17,250.6700
112	1157.0000	0.5630	63.0518	0.0000	0.2213	0.0545	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	945.7766	310.8213	0.0000	15946.4200	\$ 17,257.0200
113	1157.0000	0.5580	63.0518	0.0000	0.1293	0.0545	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	945.7766	317.1713	0.0000	15946.4200	\$ 17,263.3700
114	1157.0000	0.5531	63.0518	0.0000	0.0727	0.0545	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	945.7766	323.5213	0.0000	15946.4200	\$ 17,269.7200
115	1157.0000	0.5483	63.0518	0.0000	0.0397	0.0545	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	945.7766	329.8712	0.0000	15946.4200	\$ 17,276.0700
116	1157.0000	0.5435	63.0518	0.0000	0.0213	0.0545	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	945.7766	336.2213	0.0000	15946.4200	\$ 17,282.4200
117	1157.0000	0.5389	63.0518	0.0000	0.0112	0.0545	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	945.7766	342.5713	0.0000	15946.4200	\$ 17,288.7700
118	1157.0000	0.5343	63.0518	0.0000	0.0059	0.0545	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	945.7766	348.9213	0.0000	15946.4200	\$ 17,295.1200
119	1157.0000	0.5298	63.0518	0.0000	0.0030	0.0545	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	945.7766	355.2713	0.0000	15946.4200	\$ 17,301.4700
120	1157.0000	0.5254	63.0518	0.0000	0.0015	0.0545	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	945.7766	361.6212	0.0000	15946.4200	\$ 17,307.8200

KAYNAKÇA

Kitaplar

- Candener, P., & Kohen, A. (2011). Bu Yerin Kulağı Var (3 b.). İstanbul: İş Bankası Kültür Yayınları.
- Çekerol, K. (2011). Çağrı Merkezi Yönetimi I. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi.
- Doğan, İ. (1995). Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları. İstanbul: Bilim Teknik Yayınevi.
- Halaç, O. (1978). Kantitatif Karar Verme Teknikleri (Yöneylem Araştırması). İstanbul: Arpaz Matbaacılık.
- Kalaycı, Ş. (2005). SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri. Ankara: Asil Yayın Dağıtım.
- Lacobucci, D. (2018). Marketing Research: Methodological Foundations (12 b.). USA: CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Render, B., & Stair, R. M. (1994). Quantitative Analysis for Management. US: Pearson Education.
- Render, B., Stair, R. M., & Hanna, M. E. (2011). Quantitative Analysis for Management. US: Prentice Hall PTR.
- Şahin, M. (1995). Üretim Yönetimi. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.
- Sarıaslan, H. (1986). Sıra bekleme sistemlerinde simulasyon tekniği. Ankara: Ankara Üniversitesi Yayınları.
- Taha, H. A., Baray, A., & Esnaf, Ş. (2007). Yöneylem Araştırması. İstanbul: Literatür Yayıncılık.

- Tekin, M. (2008). Sayısal Yöntemler: Bilgisayar Çözümlü Alıştırmalar (6 b.). Konya: Selçuk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi.
- Timor, M. (2010). Yöneylem Araştırması. İstanbul: Türkmen Kitapevi.
- Yüksek, E. (2013). Çağrı Merkezi Yönetimi 1. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Çağrı Merkezi Hizmetleri Ön Lisans Programı.

Sürekli Yayınlar

- Ayar, S. (2011). Çağrı Merkezlerindeki Çalışma Koşullarının Örgüte Yabancılaşma, Devamsızlık ve İşten Ayrılma Eğilimi Üzerine Etkileri: Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Beykent Üniversitesi.
- Brueen, M. V., Kommer, J. G., Mei, R. V., & Bhulai, S. (2017, Ocak). EMS call center models with and without function differentiation: A comparison. *Operations Research for Health Care*, 12, s. 16-28.
- Çevik, O., & Yazgan, A. E. (2008, Aralık). Hizmet üreten bir sistemin bekleme hattı (kuyruk) modeli ile etkililiğinin ölçülmesi. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(2), s. 119-128.
- Çiçek, E., & Atılgan, Ö. K. (2012, Haziran). HİZMET İŞLETMELERİNDE ÇAĞRI MERKEZİ VE BEKLEME HATTI UYGULAMALARINA TÜKETİCİ ODAKLI BİR YAKLAŞIM. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 12(23), s. 81-102.
- Dombacher, C. (2010, Mayıs 13). Queueing Models for Call Centres. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Wien, Deutsch-Wagram, Austria: Technische Universität Wien. https://www.telecomm.at/documents/Queueing_Models_CC.pdf adresinden alındı
- Ertuğrul, İ., Birsen, B., & Özçil, A. (2015). İki Bankanın Farklı Şubelerindeki Müşteri Bekleme Sürelerinin Kuyruk Modeliyle Etkinlik Analizi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(1), s. 275-292.
- Gümüş, M. (2002, Temmuz). GÜNÜMÜZÜN GELİŞEN SEKTÖRÜ ÇAĞRI MERKEZLERİ. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(2), s. 134-141.
- Kazan, H., Ergülen, A., & Çoruhlu, N. (2012, Ocak). Banka çağrı merkezlerinde bekleme ve müşteri ilişkiler yönetimi: Bir kamu bankası uygulaması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi*, 14(1), s. 251-268.

- Keser, A. (2006). Çağrı Merkezi Çalışanlarında İş Yükü Düzeyi İle İş Doyumu İlişkisinin Araştırılması. Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 11(1), s. 100-119.
- Keskin, G. A., Çolak, M., & Kostak, G. K. (2018). Bir çağrı merkezindeki bekleme sürelerinin kuyruk modelleri ile iyileştirilmesi. BAUN Fen Bil. Enst. Dergisi, 20(1), s. 55-68.
- Khalaf, R. (2012). England, Brunel University. Yayınlanmamış Doktora Tezi. England: Brunel University. <https://bura.brunel.ac.uk/handle/2438/6416> adresinden alındı
- Legros, B., Koole, G., & Jouini, O. (2015, Kasım). Optimal scheduling in call centers with a callback option. Performance Evaluation, 95, s. 1-40.
- Özdağoğlu, A., Ozdağoğlu, G., & Yalçınkaya, Ö. (2009). Ege Bölgesi'ndeki bir araştırma ve uygulama hastanesinin acil hasta verilerinin simüle edilerek analizi. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 8(16), s. 55-68.
- Özdemir, A., & Maruf, M. (2018, Haziran). Differentiation of Service Speed With Multi Criteria Decision Making Techniques in Waiting Line Problems. Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 20(3), s. 470-482. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/636569> adresinden alındı
- Özkan, F. (2010). Bekleme hattı (Kuyruk) Modelleri Ve Bir Çağrı Merkezi Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Parkan, C. (1987, Şubat 1). Simulation of a Fast-Food Operation Where Dissatisfied Customers Renege. Journal of the Operational Research Society, 38(2), s. 137-148.
- Robinson, G., & Morley, C. (2006, May). Call Centre Management: Responsibilities and Performance. International Journal of Service Industry Management, 17(3), 284-300.
- Sarıyer, N. (2007). ÇAĞRI MERKEZİ TÜKETİCİ PROFİLİ: BANKA ÇAĞRI MERKEZLERİ'NDE BİR UYGULAMA. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 10(2), s. 473-493.
- Sevgin, G. (2000). Sıra bekleme sistemlerine bezn-teim tekniği yaklaşımı ve bir hastane uygulaması. Doktora Tezi. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Tekin, B. (2015, Eylül). Sağlık hizmeti sistemlerinin etkinliği: Bir kamu hastanesi ve özel hastane karşılaştırması. Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 6(1), s. 483-506.
- Topak, F., & Ünal, A. K. (2016). Hastaların Bekleme Sürelerinin Değerlendirilmesi. Sağlıkta Performans Ve Kalite Dergisi(11), s. 15-26. <https://dosyamerkez.saglik.gov.tr/Eklenti/11463,spksayi11pdf.pdf?0> adresinden alındı
- Uyrun, A. (2012). Bekleme Hattı (Kuyruk) Modeliyle Servis Sisteminin Analizi:Hızlı Yiyecek İçecek İşletmesinde Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi. Düzce: Düzce Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Yıldız, M. S., & Arslan, H. M. (2013). Bekleme hattı modeliyle servis sisteminin analizi: Düzce üniversitesi merkez yemekhanesi örneği. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*(21), s. 169-184.

Diğer Yayınlar

Arslan, Z. (2006). *A'dan Z'ye Çağrı Merkezi Dünyası - Çağrı Merkezi Terimleri*. Haziran 15, 2020 tarihinde Vodasoft: <http://www.vodasoft.com.tr/terimlerkisaltmalar-131.html> adresinden alındı

Coşkun, E. (2011). *Çağrı Merkezinin Matematiği*. İstanbul: TelephoneDoctorTürkiye. <http://www.ccademia.com.tr/> adresinden alındı

Kohen, A. (2019, 09 13). *Çağrı Merkezi Performans Göstergeleri*. www.callschool.org: www.callschool.org/index.php?q=node/58 adresinden alındı

Kohen, A. (2019). *Türkiye'de Çağrı Merkezi Sektörünün 4 Evresi*. www.uni-tr.com: www.uni-tr.com/en/turkiyede-cagri-merkezi-sektorunun-4-evresi/ adresinden alındı

Türkiye Çağrı Merkezleri Derneği. (2018). *Türkiye Çağrı Merkezi Pazarı 2018 Verileri*. İstanbul: Türkiye Çağrı Merkezleri Derneği. <https://www.cagrimerkezleridernegi.org/Public/Upload/Catalog/CG6TJAF7SN OIW6M.pdf> adresinden alındı

Ünsal, S., & Alışkan, İ. (2016). Madani ve Takagi-Sugeno Çıkarım Yöntemlerine Sahip Bulanık Mantık Denetçilerinin Özgün Yazılım ve Araç Kutusu Performans Analizi. *Elektrik Elektronik Biyomedikal Mühendisliği (ELECO) Ulusal Konferansı*, (s. 237). Bursa.