

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

**KUYRUK SİMİLASYONU MODELLERİNİN ELEŞTİRİSEL
GÖZDEN GEÇİRİLMESİ VE BİR BANKA ŞUBESİNE UYGULANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYŞE NUR YILMAZ

İSTANBUL, 2008

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

**KUYRUK SİMİLASYONU MODELLERİNİN ELEŞTİRİSEL
GÖZDEN GEÇİRİLMESİ VE BİR BANKA ŞUBESİNE UYGULANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYŞE NUR YILMAZ

DANIŞMAN:YRD.DOÇ.DR.FATMA URFALIOĞLU

İSTANBUL,2008

Marmara Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü

Tez Onay Belgesi

EKONOMETRİ Anabilim Dalı YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI Bilim Dalı
Yüksek Lisans öğrencisi AYŞE NUR YILMAZ'ın KUYRUK SİMİLASYONU
MODELLERİNİN ELEŞTİRİSEL GÖZDEN GEÇİRİLMESİ VE BİR BANKA ŞUBESİNE
UYGULANMASI adlı tez çalışması, Enstitümüz Yönetim Kurulunun 28.11.2007 tarih ve
2007-14/28 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile Yüksek
Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

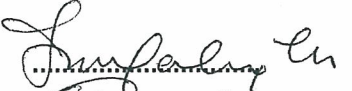
İmzası

Tez Savunma Tarihi : 07.12.2008

1) Tez Danışmanı : YRD. DOÇ.DR. FATMA URFALIOĞLU

2) Jüri Üyesi : YRD. DOÇ.DR. ERDAL DİNÇER

3) Jüri Üyesi : YRD. DOÇ.DR. ÜNAL ÖZDEN


.....

.....

.....

İÇİNDEKİLER

Sayfa No.

ÖNSÖZ

SEMBOL LİSTESİ

ŞEKİL LİSTESİ

ÖZET

SUMMARY

GİRİŞ

BÖLÜM 1	KUYRUK TEORİSİ.....	2
1.1	Kuyruk Teorisinin Tarihsel Gelişimi	2
1.2	Kuyruk Teorisinin İncelenme Sebepleri	3
1.3	Kuyruk Sistemlerinde Maliyet	5
1.4	Kuyruk Modelinin Genel Yapısı	6
1.5	Kuyruk Sisteminin Özellikleri	10
	1.5.1 Girdi Süreci	10
	1.5.2 Servis Mekanizması	12
	1.5.3 Kuyruk Yapısı	15
	1.5.4 Servis Disiplini	16
1.6	Kuyruk Teorisi Performans Ölçütleri	18
1.7	Kuyruk Teorisinde Üstel Dağılımın Rolü	19
	1.7.1 Saf Doğum ve Saf Ölüm Modelleri.....	20
	1.7.2 Saf Doğum Modeli	21
	1.7.3 Saf Ölüm Modeli	23

BÖLÜM 2	KUYRUK MODELLERİ	
2.1	Özel Poisson Dağılımlı Kuyruk Modelleri	24
2.2	Tek Kanallı Modeller.....	25
2.2.1	Tek Servis –Sınırsız Kuyruk Modeli	25
2.2.2	Sonlu Geliş Kaynaklı-Sonsuz Tek Kanallı Kuyruk Modeli	27
2.2.3	Sonsuz Geliş Kaynaklı- Sonlu Tek Kanallı Kuyruk Modeli.....	29
2.2.4	Tek Servis-Poisson Geliş-Keyfi Servis Süresi Dağılım Özelliği Gösteren Model	31
2.3	Çok Kanallı Modeller	33
2.3.1	Sonsuz Geliş Kaynaklı-Sonsuz Çok Kanallı Kuyruk Modeli.....	33
2.3.2	Sonlu Geliş Kaynaklı-Sonsuz Çok Kanallı Kuyruk Modeli	36
2.4	Gamma Servis Zamanlı Modeller.....	37
2.5	Self Servis Modeli.....	38
2.6	Makine Hizmet Verme Modeli.....	39
2.7	Pollaczek-Khintchine (P-K) Formülü	40
2.8	Kuyruk Karar Modelleri.....	41
2.8.1	Maliyet Modelleri	41
2.8.2	İstek Düzeyi Modeli	42
BÖLÜM 3	UYGULAMA	
3.1	Türkiye’de Bankacılık Sektörü.....	44

3.1.1	Bankacılık Sektörünün Sorunları	44
3.1.2	Bankacılık Yabancı Payı	47
3.2	Uygulamanın Amacı.....	52
3.3	Uygulama Yapılan Şubenin Tanıtımı.....	54
3.4	Şubedeki Mevcut Durumun İncelenmesi.....	55
3.4.1	Mevcut Durum İçin Modelin Örnek Uygulaması...	56
3.4.2	Mevcut Durum İçin Oluşan Maliyet Değerleri	58
3.5	Servis Birim Sayısının Beş Olduğu Durum İçin Modelin Örnek Uygulaması.....	60
3.5.1	Maliyet Değerleri	62
3.6	Servis Birim Sayısının Altı Olduğu Durum İçin Modelin Örnek Uygulaması.....	63
3.6.1	Maliyet Değerleri	66
BÖLÜM 4	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	67
EKLER		
KAYNAKÇA		

SEMBOL LİSTESİ

- λ : Birim zamanda gelen ortalama müşteri sayısı
- λ_{eff} : Servis alanı kısıtında, birim zamanda gelen efektif ortalama müşteri sayısı
- μ : Birim zamanda servis gören ortalama müşteri sayısı
- ρ : Kuyruk performansı
- t : Zaman Aralığı
- $P[]$: Bir olayın meydana gelme olasılığı
- $f(x)$: x değişkeninin olasılık yoğunluk fonksiyonu
- $F(x)$: x değişkeninin olasılık dağılım fonksiyonu
- $E(x)$: x değişkeninin beklenen (ortalama) değeri
- $V(x)$: x değişkeninin varyansı
- M : Poisson yada Markovyen geliş yada gidiş dağılımı
- G : Gelişler arası yada servis süresinin genel dağılımı
- GD : Genel servis disiplini
- ρ_n : Kuyruk sisteminde n adet müşteri bulunması olasılığı
- L_s : Sistemde beklenen (ortalama) müşteri sayısı
- L_q : Kuyrukta beklenen (ortalama) müşteri sayısı
- W_s : Sistemde beklenen (ortalama) bekleme süresi
- W_q : Kuyrukta beklenen (ortalama) bekleme süresi

ŞEKİL LİSTESİ

		Sayfa
Şekil 1	Maliyet unsurları arasındaki ilişki	4
Şekil 2	Genel kuyruk yapısı	6
Şekil 3	Tek kuyruk, tek servis mekanizması	13
Şekil 4	Tek kuyruk, paralel servis mekanizması	13
Şekil 5	Çok kuyruk, paralel servis mekanizması	14
Şekil 6	Seri servis mekanizması	14
Şekil 7	İstek düzeyi modeli	43

ÖZET

Hizmet sistemlerinde, özellikle de bankalardaki kuyruklar hayatımızın ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Bireysel anlamdaki bu bekleme ve kayıplar birçok sistem için de geçerlidir. Bu kuyrukları en aza indirerek müşteri memnuniyetini arttırmak ancak bunu yaparken aynı zamanda müşteriye hizmet veren personelin atıl zamanlarını en azda tutmak tüm bankaların hedefidir. Memnun müşteri oranı ne kadar artarsa o müşterilerin bağımlı olma oranı artacaktır. Böylece memnun müşteri sonraki dönemlerde sürekli kazanç sağlayacaktır.

Bu çalışma müşterilerin kuyrukta bekleme sürelerini ve atıl zamanlarını en aza indirecek kapasite düzeyini belirleme problemi ile ilgilidir. Çünkü kuyrukta beklemenin bir maliyeti olduğu gibi servis birimlerinin atıl kalmasının da maliyeti vardır. Amaç optimum çözüme ulaşmaktır.

Bu amaca yönelik Yöneylem Araştırması tekniklerinden Kuyruk Teorisi ve çözüm yöntemleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Uygulama kısmında, özel bir banka şubesinde üç ay süre ile toplanan verilerin analizi yapılmıştır. Farklı servis sayılarında oluşan kuyruklar simule edilmiş ve uygun servis sayısı belirlenmeye çalışılmıştır.

SUMMARY

The queues in service systems, especially in banks have become a part of our daily routine. Waiting and losses in individual sense is also valid for many systems. All banks aim to minimize these queues and maximize the customer satisfaction; in the meantime minimize the idle times of the staff. As much as the satisfied customer rate increases, customers are addicted to their bank. By this way satisfied customers provide always profitable incomes to their banks. Satisfied customer is always profitable for management.

This study deals with to determine the level of minimizing these queues and the idle times of the staff. Because the idleness of service units has a cost as the waiting in the queues has. The aim is to find the optimum solution.

Before all else it is explained; the queueing theory and solution methods are detailed studied. In the case study part, the data were analyzed, which were collected in a private bank within three months. The queues in different service amounts were simulated and the appropriate service amount were determined.

GİRİŞ

Gittikçe karmaşık hale gelen yaşam koşullarında “ sıra bekleme” veya “ kuyruk” kavramlarıyla sık sık karşılaşırız. Hizmet isteyen birimlerin istediklerinin anında karşılanmaması kuyrukların oluşmasına neden olur. Sanayide, ulaşımda, alışverişte, sağlık ve bankacılık sistemlerinde oluşan kuyruklar kayıplara yol açmaktadır. Bireysel anlamdaki bu kayıplar birçok sistem için geçerlidir.

Müşterilerin taleplerine en kısa zamanda ve minimum maliyetle cevap verebilmek işletmelerin en önemli hedefi haline gelmiştir. Bu da işletmeleri hedeflerine ulaşmada bazı matematiksel teknikleri kullanmaya zorlamıştır. Yöneylem Araştırması, işletmelerin ellerindeki kaynaklarının optimum kullanılması, verimliliğin artırılması, maliyetlerin en aza indirilmesi ve müşteri memnuniyetinin sağlanmasında yöneticilere yardımcı olabilmektedir. Yöneylem Araştırması tekniklerinden Kuyruk Teorisi bu nedenle çok geniş bir uygulama alanına sahiptir. Finansal piyasalar son yıllarda önemli gelişmeler göstermektedir. Bankacılık sektörü finansal sistemin temel unsurlarından biridir. Türkiye ‘de bankacılık sektörü de finansal ve kurumsal yapısı itibari ile önemli bir seviyeye ulaşmıştır. Her geçen gün yeni finansal araçlar geliştirilmekte ve sektördeki işlem hacimleri artmaktadır. Bankalar bekleme ve kuyruk kavramının en yoğun görüldüğü sektörlerden biridir. Bu sebeple kuyruk teorisinin uygulama alanlarından biridir.

Bu çalışma dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde Kuyruk Teorisi yapısı ve özellikleri incelenmiştir. İkinci bölümde en önemli kuyruk modelleri ayrı ayrı ele alınmıştır. Üçüncü bölüm olan uygulama bölümünde özel bir banka şubesinin verileri kullanılarak kuyruk problemleri analiz edilmiş ve Win QSB programı yardımıyla en yoğun servis düzeyi belirlenmeye çalışılmıştır. Son bölüm ise araştırma ile ilgili sonuç ve önerilerden oluşmaktadır.

BÖLÜM 1

1. KUYRUK TEORİSİ

Bekleme hattı sistemleri olarak da bilinen kuyruk sistemleri kuyruk teorisinin temelini oluşturur. Müşteriler isteklerinin karşılanması için kuyruk sistemine katılırlar. Kuyruk teorisi problemlerindeki amaç, servis birimlerinin etkinliğinin artırılmasıdır.

1.1 KUYRUK TEORİSİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ

Kuyruk teorisinin temeli, Danimarkalı A.K. Erlang tarafından 1909 yılında atılmıştır. Erlang, bu yıllarda Kopenhag otomatik telefon hatlarındaki konuşmaların oluşturduğu telefon trafiğini çözmek amacıyla çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalar zamanla kuyruk teorisinin matematik modelini oluşturmuş ve kuyruğu oluşturan tüm problemlerin çözümü için geliştirilmiştir.

Kuyruk teorisi problemlerinin daha yaygın kullanım olanakları İkinci Dünya Savaşı sonrasında ortaya çıkmıştır. Sonucu çok tehlikeli olabilen bekleme sürelerini azaltabilmek için askeri yetkililerin çözüm aradıkları bilinmektedir. Bu sebeple bekleme hattı olarak da bilinen kuyruk teorisinden yararlanılmıştır. ¹

1917 yılından sonra birçok bilim adamı A.K. Erlang' ın telefon trafiğindeki dalgalanan talebe etkili cevap verme esasına dayanan araştırmalarının değerlendirilmes niteliğinde eserler vermişlerdir. 1930 ve 1950 yılları arasında Pollaczek, Khintchine, Kolmagorow gibi ünlü bilim adamları kuyruk teorisinin gelişimine katkı sağlamıştır. Pollaczek ve Khintchine kuyruk teorisinde büyük önem taşıyan Pollaczek- Khintchine formülünü geliştirmişlerdir. ²

1950 yılından itibaren tüm işletmecilik alanlarında yaygın kullanım alanına erişmiştir. Ulaştırma sektöründe, hastanelerde, bankacılıkta stoklamada ve bunlar gibi fiziksel hareketin olduğu ortamlarda kuyruk teorisi problemleri uygulanmıştır. 1953 yılında D.Kendall çok servis biriminin olduğu kuyruk problemlerinde geliş dağılımı,

¹ Zekai Yılmaz, Sayısal Yöntemler, 2.Basım , Bursa: Uludağ Üniversitesi Yayınevi, 1988, s.236

² Halil Sariaslan, Sıra Bekleme Sistemlerinde Simülasyon Tekniği A.Ü.S.B.F Yayınları No:557, Ankara : 1986, s.6

servis dağılımı ve mevcut servis sayısını tanımlamak üzere bir notasyon önermiştir. 1966 yılında A.Lee bu notasyona 4. ve 5. karakteristikleri eklenmişti. Bu karakteristikler servis disiplini ve sistemdeki maksimum müşteri sayısıdır. 1968 yılında Hamdy A.Taha 6.karakteristik olan geliş kaynağını notasyona eklemiş ve daha kapsamlı hale getirmiştir.³

Kuyruk teorisi hakkındaki ilk eser 1958 yılında yayınlanmıştır. Bu eser Morse adlı bilim adamı tarafından yazılan “ Queues, Inventories and Maintenance” adlı kitaptır. 1976 yılında Kleinrac, “ Queueing Systems” adındaki eserini yayınlamıştır. Bu yıllardan günümüze kadar çok önemli çalışmalar yapılmaya devam etmektedir.

1.2 KUYRUK TEORİSİNİN İNCELENME SEBEPLERİ

Ekonomik şartların giderek daha karmaşık ve zorlaştığı günümüzde kuyruk problemleriyle sık sık karşı karşıya karılırız. Değişik mekanlarda ve zamanlarda, farklı sebepler nedeniyle beklemek zorunda kalmamız kuyruk problemi olarak tanımlanabilir. Bankalardaki gişe kuyrukları, köprü geçişlerindeki kuyruklar, hastanelerdeki muayene olmak için bekleyen hasta kuyrukları, süpermarketlerdeki kuyruklar, otobüs duraklarında bekleyişlerimiz kuyruk problemine örnek olarak verilebilir. Kuyruk problemindeki bekleme kavramı sadece insana özgü bir kavram değildir. tüketilmeyi bekleyen stoktaki ürünler, hava alanlarında iniş izni bekleyen uçaklar, onarılmayı bekleyen makinalar, limana girmek için giriş izni bekleyen gemiler beklemenin sadece insana özgü bir kavram olmadığını gösterir.

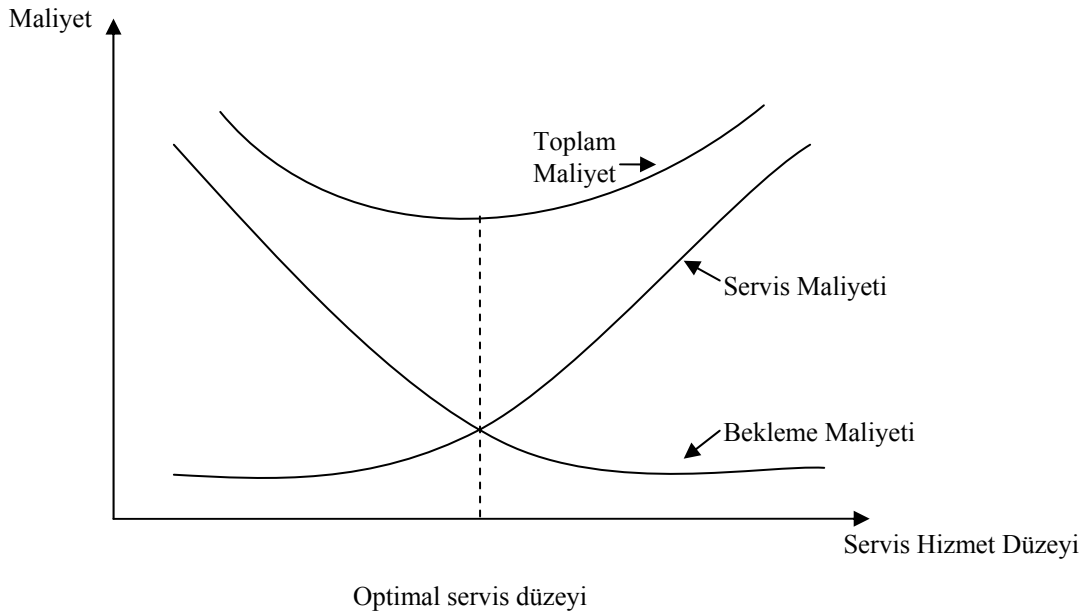
Daha birçok örnekle açıklanabilecek kuyruk problemlerinin oluşum nedeni, hizmet isteyen birimlerin isteklerinin istedikleri anda karşılanamamasıdır. Kuyruk teorisi problemlerindeki amaç, servis birimlerinin etkinliğinin artırılmasıdır. Ancak bekleme sorununu ortadan kaldırmanın ve servis etkinliğini artırmanın bazı maliyetleri vardır.

Servis maliyeti, servis veren birimlerin yada elemanların maliyeti olarak belirlenir. Servis hizmeti arttıkça servis maliyetide artacaktır. Bekleme maliyeti,

³ Osman Hallaç, Kantitatif Karar Verme Teknikleri., 2.Basım Cilt I, İstanbul İşletme Fakültesi Yayın No: 138, 1983, s.238

kuyruğun çok kalabalık olması nedeniyle, kaybedilen müşteriler sebebiyle ortaya çıkan maliyettir. Servis hizmet düzeyi arttıkça, bekleme maliyeti buna ters orantılı olarak azalacaktır. Burada önemli olan etkili ve verimli bir servisi, en az maliyet ile sağlayabilmektir.

Bekleme maliyeti ve servis maliyetinin ilişkilendirilmesi en uygun servis hizmet düzeyinin belirlenmesine yardımcı olur. Servis hizmet birimlerinin sayısını yüksek tutmak servis maliyetini artırırken, kuyruktaki yoğunluk azalacağından bekleme maliyeti azalacak ve bekleme maliyeti düşecektir. Yada servis hizmet birimlerinin sayısı düşük tutularak servis maliyeti azaltılırsa, hizmet almak için bekleyen müşterilerin bekleme süreleri uzayacak yani bekleme maliyetleri artacaktır. Bekleme maliyeti ve servis maliyetinin birleşimi işletmeler için toplam maliyeti verir. Dolayısıyla işletmeler toplam maliyeti en aza indirmek, minimize etmek isterler. Bu da “ Optimal servis düzeyi “ ile mümkün olabilmektedir.⁴



Şekil 1 : Maliyet unsurları arasındaki ilişki

⁴ Mehpere Timor, Yöneylem Araştırması ve İşletmecilik Uygulamaları, 1.Basım, İstanbul, İ.Ü. İşletme Fakültesi yayın No: 280, 2001, s.435

1.3 KUYRUK SİSTEMLERİNDE MALİYET

Kuyruk sistemlerinin incelenmesindeki en önemli etken servis birimlerinde optimum faydayı sağlayabilmektir. Servis birimlerinde etkinliğin belirlenmesi çok zor ve pahalı olabilmektedir. Kuyruk sistemlerinde bekleme maliyeti ve servis maliyeti olmak üzere başlıca iki maliyet unsuru vardır. Bekleme maliyeti, müşterinin servis hizmeti almak için bekleme maliyetidir. Servis maliyeti, servis veren birimlerin veya personelin maliyetidir.⁵ Kuyruk sistemlerinde maliyet analizi yapılarak bekleme ve servis maliyetleri toplamının minimum olduğu nokta bulunur. Bu nokta servis düzeyinin en iyi olduğu noktadır. Maliyet analizindeki en zor problem insan davranışlarıdır. İşletmeler için servis maliyeti arttığında bekleme maliyeti azalmaktadır.⁶ Bu iki maliyetin minimum olduğu nokta yani optimal servis düzeyi hizmet almak isteyen müşterilerin gelişlerini programlar. Geliş oranı programlanabiliyorsa servis düzeyi de ayarlanabilir. Geliş zamanları ve servis düzeyinin kontrolü, toplam maliyetin minimum olması için gelişlerin ve servis hizmet düzeyinin ayarlanabilmesi demektir. Kuyruk sistemlerinde denge durumu koşulları geçerli ise toplam maliyet şu ifade ile gösterilir.

$$TM = A \mu + B L_s$$

A = Servis Maliyeti

B=Bekleme Maliyeti

$$L_s = \lambda / (\mu - \lambda)$$

$$TM = A\mu + B \lambda / (\mu - \lambda)$$

TM'nin μ 'ye göre birinci türevinin alınarak, 0'a eşitlenmesi ile μ çözülür.

$$\text{Optimal servis düzeyi ; } \mu = \lambda + \left(\frac{B}{A} \lambda \right)^{1/2}$$

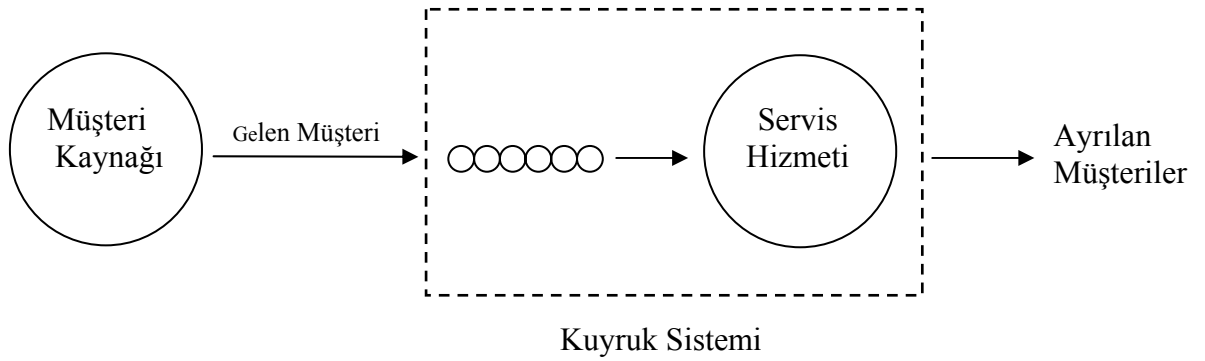
⁵ Nalan Cinemre, Yöneylem Araştırması, 2.Basım, İstanbul: Beta Basım, 2004,s. 603

⁶ Richard I.Levin-C.a.Kirkpatrick, Quantitative Approaches to Management, Mc Graw-Hill Kogakusha Ltd, London, 3.edition, 1975, s.463-464

1.4 KUYRUK MODELİNİN GENEL YAPISI

Bir kuyruk modelinde, bir müşteri alana gelir ve herhangi bir kuyruğa katılır. Servis birimleri meşgul ise müşteri sıra kendisine gelinceye kadar kuyrukta bekler. Servis birimi boşaldığında hizmet vermeye başlamak için kuyruktan bir müşteri seçer. Müşteri, insan olmak zorunda değildir. İş, sipariş, makine veya bunlara benzer herhangi bir şey olabilir. Servis hizmetinin tamamlanmasıyla birlikte bekleyen müşterilerden diğerinin seçimiyle işlem tekrarlanır. Servis hizmeti alan müşterinin ayrılmasıyla, bekleyen diğer müşterinin servise seçilmesinin aynı anda olduğu kabul edilir. Başka bir deyişle zaman kaybı olmadığı farz edilir.

Kuyruk modelinin genel yapısı aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil -2 : Genel Kuyruk Yapısı

Kuyruk sistemi çalışmaya başladığında yani müşteriler sisteme dahil olmaya başladığında, sistemdeki birimler ilk durum ve geçen zaman boyunca etkilenirler. Bu süre zarfında sistemdeki birimler geçici durum koşulundadır. Ancak belirli bir süre sonra, sistemdeki birimler ilk duruma ve geçen zamana bağlı olmaz ve etkilenmezler. Bu sebeple kuyruk teorisinin durağan durumlarda çalıştığı kabul edilir.⁷

Kuyruk teorisi, müşterilerin sistemde bekleme zamanı ile, servis birimlerinin atıl olma yani boş kalma zamanı arasında dengenin belirlenmesine yönelik olarak

⁷ Ahmet Öztürk, Yöneylem Araştırması, 9.Basım, Bursa: Ekin Kitapevi, 2004, s.602

kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra kuyruk uzunluğunun durumu ve sistemin etkinliği hakkında yöneticilere fikir verir.

Kuyruk teorisi, bekleme süresini en aza indirmek istesede bu her zaman mümkün olmayabilir. İncelenen bir çok sistemde servis birimlerinin hizmet vermesinde sıklıkla gecikmelere rastlanmaktadır. Bu gecikmeler müşteriler ve işletme açısından rahatsız edici olurken zaman zaman maliyet unsurları olarak karşımıza çıkabilir. Beklemekten kaynaklanan bu gecikmelere mümkün olduğu kadar izin verilmemeli yada artmasına engel olunmalıdır. Gecikmeler tamamen engellenemiyor ise en aza indirilmelidir.⁸

Müşteriler hizmet almak için çok beklediklerinde psikolojik bir tedirginliğe kapılırlar. Bu bekleme süresince zamanlarını boşa harcamış olmalarının da bir maliyeti söz konusu olur. Diğer yandan, yönetici müşterilere hizmet veren servis birimi sayısını da etkin düzeyde tutmak zorundadır. Gereğinden fazla sayıda eleman kullanımı işletmeye ek maliyet demektir. Yönetici etkili ve verimli bir servisi en uygun maliyetle sağlamak isteyecektir. Sonuçta ortaya işletmenin yararları ile müşterilerin memnuniyetini çatıştırmayan ekonomik bir denge çıkar.⁹

Kuyruk teorisi modellerinde rastgelelik önemli bir rol oynamaktadır. Herhangi bir kuyruk sistemine müşterinin gelişi tamamen rasgele, tesadüfi bir şekilde olur. (Örneğin, müşterilerin süpermarkete gelişleri) . Aynı şekilde müşterinin servis biriminde aldığı hizmet süresi tesadüfen farklı süreler olabilmektedir. (Örneğin, süpermarketin kasalarındaki ödeme işlemleri sepetin doluluğuna göre değişiklik göstermektedir.) Tesadüf veya rastgelelik bir olayın olma olasılığının, bundan önceki olayın oluşumundan itibaren geçen süreden etkilenmemesini gerektirir. Sisteme servis için gelen müşterilerin gelişleri ve aldıkları servis süreleri tesadüfen farklı olursa kuyruk sisteminden söz edilebilir.

Bekleme hattı sistemleri olarak da bilinen kuyruk sistemlerinde, müşteriler hizmet almak yani isteklerinin karşılanması için kuyruk sistemine katılırlar. Bu “ girdi süreci” olarak adlandırılır. Müşterilerin sisteme girişi ya önceden bilinir yani

⁸ Dr.Cox, Walter L.smith, Queues, University of North Coroline, London, 1971, s.59

⁹ Öztürk, s.600

deterministiktir yada rastgele yani stokastiktir. Ancak, yukarıda da belirttiğimiz gibi kuyruk sistemlerinde geliş ve servis stokastik olmak zorundadır.¹⁰

Kuyruk sistemlerinde temel iki eleman bulunmaktadır. Bu iki eleman kuyruk ve servis birimleridir. Kuyruk sistemine gelen müşteriler, servis birimleri meşgul olduğu sürece kuyrukta beklerler. Sistemdeki servislerden herhangi biri boş hale geldiğinde sıradaki müşteriye hemen servis verilir. Müşteri ile servis birimi arasındaki etkileşim, müşterinin servisini tamamlaması için gerekli zamana bağlıdır.

Bekleme hattı yada kuyruk sistemi; hizmet veren sisteme gelen müşterilerin, sistemin bir başka müşteriye hizmet veriyor olması durumunda oluşturdukları bir topluluk olarak tanımlanabilir.¹¹

Müşterilerin ard arda gelişlerini ayıran zaman aralıkları vardır. Gelişlerarası ve servis süreleri olasılık dağılımları olarak istatistiksel şeklini belirtirler. Belirli bir zaman süresince gelen müşterilerin sayısının poisson dağılımını gösterdiği, servis sürelerinin ise üstel dağılım gösterdiği varsayılır. Sisteme servis görmek üzere müşterilerin geliş yoğunluğu λ ile gösterilmektedir. Birim zamanda hizmet verilen müşteri sayısı yani servis yoğunluğu ise μ ile gösterilmektedir.¹²

Kuyruk sistemi incelendiğinde müşterilerin kuyruk seçme ve kuyrukta bekleme ile ilgili tavır ve eğilimlerinin çok önemli olduğu görülür. Müşteri davranışları incelendiğinde iki grup müşteri portföyü olduğu görülür. Sabırlı ve sabırsız müşteriler. Kuyruğa dahil olduktan sonra, sırası gelene kadar bekleyen, sırası geldiğinde servis hizmeti alıp daha sonra sistemden ayrılan müşteriler “ sabırlı müşteri” olarak adlandırılır. Kuyrukta beklemenin zaman kaybı olacağını düşünerek kuyruğa girmeyen yada kuyruğa girip bir süre sonra sıkılıp sistemi terk eden müşteriler “ sabırsız müşteri” olarak adlandırılır. Kuyruk sistemleri incelenirken müşterilerin sabırlı olduğu varsayılır. Çok sayıda servis birimi paralel bir şekilde aynı hizmeti veriyor ise müşteri kuyruk seçimini tesadüfi olarak yapmayacaktır. Müşteri, yoğunluğun az olduğu kuyruğu tercih

¹⁰ Yılmaz, s.237

¹¹ Erhan Ada, Atilla Sezgin, İşletmeciler için Yöneylem Araştırması, G.Ü.İ.İ.B.F İşletme Bölümü, Ankara: 1990, s.98

¹² İbrahim Doğan, Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları, 2.Basım, İstanbul: Bilim Teknik Yayınevi, 1995, s.427

eder. Herhangi bir kuyruğa girdikten sonra, diğer bir kuyruğun daha hızlı ilerlediğini gören müşteri kuyruk değiştirebilir. Ancak kuyruk modellerinin tümünde müşterilerin sabırlı olduğu ve kuyruk değiştirmedikleri farz edilir,¹³

Bazı servis sistemleri vardır ki bunlarda müşterinin sabırsız olma lüksü yoktur. Örneğin ;¹⁴

- o Müşterilerin, bankada para yatırmak yada çekmek için beklemesinin oluşturduğu müşteri kuyruğu
- o Uçakların kalkış izni için veya havada iniş izni beklemesi durumunda oluşturduğu uçak kuyruğu
- o Satılacak malzemelerin satış raflarında yada depolarda beklemesinin oluşturduğu malzeme kuyruğu
- o Arabaların otoban gişelerinde oluşturduğu kuyruk
- o Askeri araçların bakım ve onarımı için Motor Kademedeki oluşturdukları kuyruk

Bazı sektörlerde sabırsız müşteriye kaçırmamak için ek hizmetler sunarlar. Ancak bu ek maliyetleri de beraberinde getirir. Bir servis sisteminin kontrolü, müşterilerin gelişlerine, davranışlarına servis birimlerinin sayısına ve sistemin kapasitesine bağlıdır. Gelişler arası zamanın üstel olduğu varsayılır. Üstel dağılımdan başka gamma ve normal dağılım ile de karşılaşılabılır. Normal dağılıma sahip kuyruk problemlerinin çözümü çok zordur. Sisteme gelişler farklı şekillerde söz konusu olabilir. Bu gelişlerin farklılığı müşterinin eğilim ve davranışlarıyla ilgilidir. Bu davranış şekillerinin ortak özelliği, gelişlerin tam anlamıyla müşteri isteğine bağlı olmasıdır.¹⁵

¹³ Cinemre, s.592

¹⁴ Yılmaz, s.235

¹⁵ J.W.Schmidt, R.E. Taylor, Simulation and Analysis of Industrial Systems, D.Richard Irwin, Inc., Georgetown, Ontario, 1970,s.88

1.5 KUYRUK SİSTEMİNİN ÖZELLİKLERİ

Kuyruk sistemi, hizmet almak amacıyla servise gelen müşterilerin taleplerinin karşılandığı birimdir. Kuyruk sistemi kuyruk teorisinin uygulama alanını oluşturur. Müşteriler kuyruk sistemine “ müşteri kaynağı” dediğimiz kuyruk sistemi dışından gelir. Müşteri, insan olmak zorunda değildir. Makine, uçak veya bunlara benzer herhangi bir şey olabilir. Servis birimi, müşterilerin hizmet aldığı talepleri karşılanıncaya kadar meşgul ettiği birimdir.¹⁶

Kuyruk sisteminin dört temel özelliği vardır. Bunlar aşağıdaki gibi açıklanabilir.

1.5.1 GİRDİ SÜRECİ

Girdi süreci, müşterilerin sisteme geliş akışını kapsamaktadır. Servis hizmeti almak için gelen müşterilerin sisteme nasıl geldiklerini açıklar. Müşterilerin sisteme gelişlerinin belirlenmesi için gelişlerin kaynağının, sayısının ve zamanının bilinmesi gerekir.

Müşterilerin geliş kaynağı, aynı türden birimlerin oluşturduğu bir topluluktur. Geliş kaynağı yani müşterilerin geldiği ana kütle sonlu yada sonsuz olabilir. Yeni üretilen bir malın potansiyel müşterilerinin oluşturduğu topluluk o malın geliş kaynağıdır. Potansiyel müşterileri çoksa geliş kaynağı açısından sonsuzdur denir. Sonsuz geliş kaynaklı kuyruk sistemlerinin incelenmesi daha kolaydır. Müşteri sayısı az ise geliş kaynağı sonlu kabul edilir. Kuyruk problemlerinin genelinde geliş kaynağı sonludur. Sonlu geliş kaynağına sahip kuyruk problemlerinin çözümü daha zordur. Geliş kaynağının belirlenmesinde kullanılan yöntem şudur: müşterilerden herhangi birinin sistemde olması yeni bir müşterinin sisteme geliş olasılığını çok etkiliyorsa geliş kaynağı sonlu kabul edilir. Sonlu geliş kaynağından tek bir birim dahi ayrılrsa, bu sistemi önemli bir biçimde etkiler.

¹⁶ Cinemre, s.588-589

Geliş kaynağının kesin olarak belirlenmesinde, geliş oranının ana kütleye oranı ölçüt olarak kullanılır. Bu oran küçükse geliş kaynağı sonsuz, büyük ise sonlu olarak tanımlanır. Aynı şekilde ana kütlede çıkan müşteriler, gelişlerin olasılığını etkilemiyor ise geliş kaynağı sonsuz, önemli derecede etkiliyorsa sonlu olarak kabul edilir. Genellikle anakütle sayısı 30 veya 50' den küçükse geliş kaynağı sonlu, eğer 50'den büyükse sonsuz kaynaklı olarak adlandırılır.¹⁷

Müşteriler kuyruk sistemine ya tek tek yada gruplar halinde gelirler. Öğle tatilinde yemekhaneye giden öğrenciler gruplar halinde gelişlere örnek verilebilir. Benzin almak için araçların benzin istasyonlarına gelişleri tek tek gelişlere örnek olarak gösterilebilir.

Müşterilerin sisteme gelişleri deterministik veya stokastik olabilir. Gelişlerin deterministik olduğu yani geliş zamanlarının önceden bilindiği kuyruk sistemleri ile çok sık karşılaşmamaktadır. Genellikle gelişlerin stokastik olduğu yani müşteri gelişlerinin tamamen tesadüf olduğu kuyruk problemleri ile karşılaşmaktadır. Müşteri gelişlerinin belirsiz olduğu durumlarda, müşteri gelişlerine ilişkin bir olasılık dağılımı tanımlanmalıdır. Kuyruk sistemlerinde müşterilerin gelişinin Poisson dağılımına uygun varsayılır. Poisson dağılımı, az veri gerektirdiğinden kuyruk teorisinde yaygın kullanım alanı bulabilen olasılık dağılımıdır. Poisson dağılımı tüm süreçte , ortalama geliş uygunluğu araştırmalıdır. Gelişler her zaman bu dağılıma uygun olmayabilir. Karar vermek için, gerçekleşen sürelerle poisson formülü ile belirlenen sürelerin karşılaştırılması gerekmektedir.¹⁸

Bir kuyruk sisteminde ortalama gelişlerin sayısı λ ile gösterilir. Sisteme gelişlerin tamamen tesadüfi olduğu ve birbirlerine bağlı olmadığı kabul edilirse, gelişlerin Poisson dağılımlı olduğu varsayılır.

$P(x)$: Sistemdeki x gelişinin gerçekleşme olasılığı

X : Sisteme birim zamanda gelen müşterilerin sayısı

¹⁷ Sariaslan, s.7

¹⁸ Cinemre, s.589

λ : Ortalama gelişlerin sayısı

Birim zamanda $X = 0,1,2,3, \dots$ gelişlerinin gerçekleşme olasılığı şöyle gösterilir.¹⁹

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

Burada λ , eksi değer alamaz ($\lambda > 0$).

1.5.2 SERVİS MEKANİZMASI

Sisteme gelen müşterilerin hizmet almak istedikleri faaliyet kollarını belirtir. Servis mekanizmasının tanımlanmasında servis birimlerinin yapısı ve servis birimlerinin hızı önemli rol oynamaktadır. Bunların yanı sıra servis birimlerinin aynı hizmeti veriyor olması önemlidir. Kuyruk sistemleri incelenirken tüm servis birimlerinin aynı hizmeti sunduğu kabul edilir.

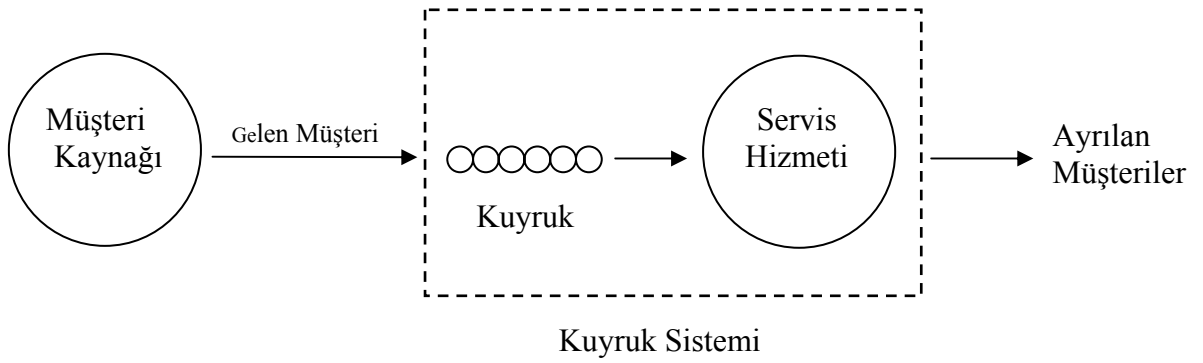
Servis mekanizması ve servis sistemi ile müşterilere servis hizmeti veren birimlerin sayısı ve bu servis birimlerinin verdikleri hizmetin niteliği anlatılmak istenmektedir. Servis birimlerinin aynı hizmeti veriyor olmaları çok önemlidir. Servis mekanizması servis birimlerinin sayısı ve kuyruk yapısına göre farklı gruplara ayrılmıştır.²⁰

a) Tek kuyruk, Tek Servis Mekanizması

Müşterilere hizmet veren servis birimi tek ise oluşan sistem, tek servisli kuyruk sistemidir. Tek bir gişenin çalıştırıldığı bir banka şubesi bu sisteme örnek olarak verilebilir.

¹⁹ Paul Newbold, İşletme ve İktisat için İstatistik, Ümit Şenesen (çev.), İstanbul: Literatür Yayıncılık, 2000, s.181

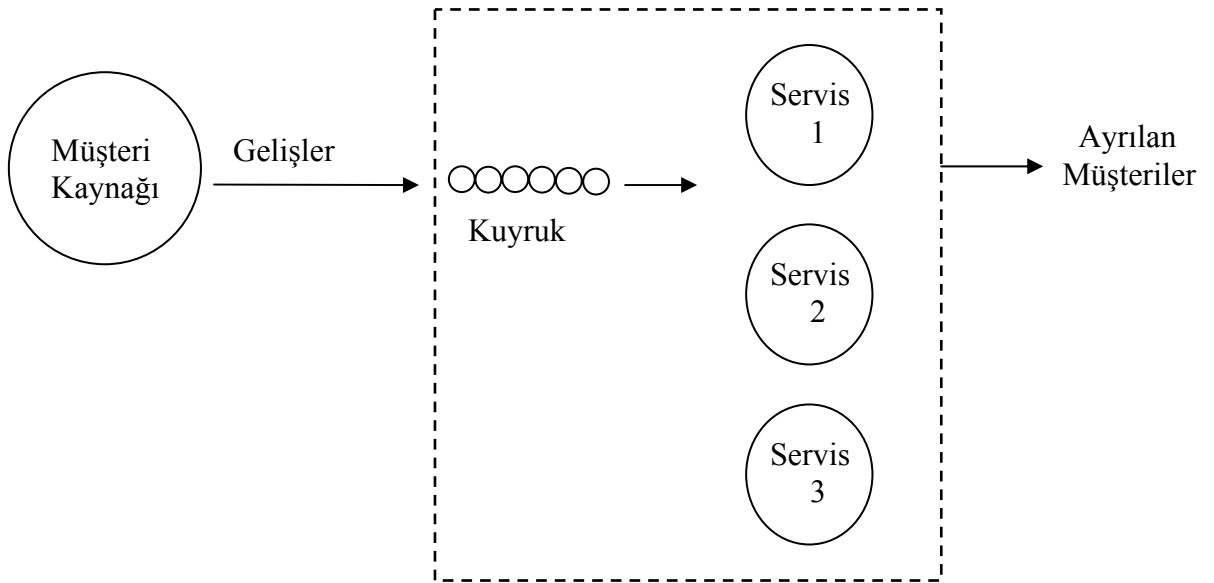
²⁰ Richard Bronson, Operation Research Schaum's Outline Series, McGraw-Hill Book Comp., New York, 1982, s.267



Şekil 3: Tek Kuyruk, Tek Servis Mekanizması

b) Tek kuyruk, Paralel Servis Mekanizması;

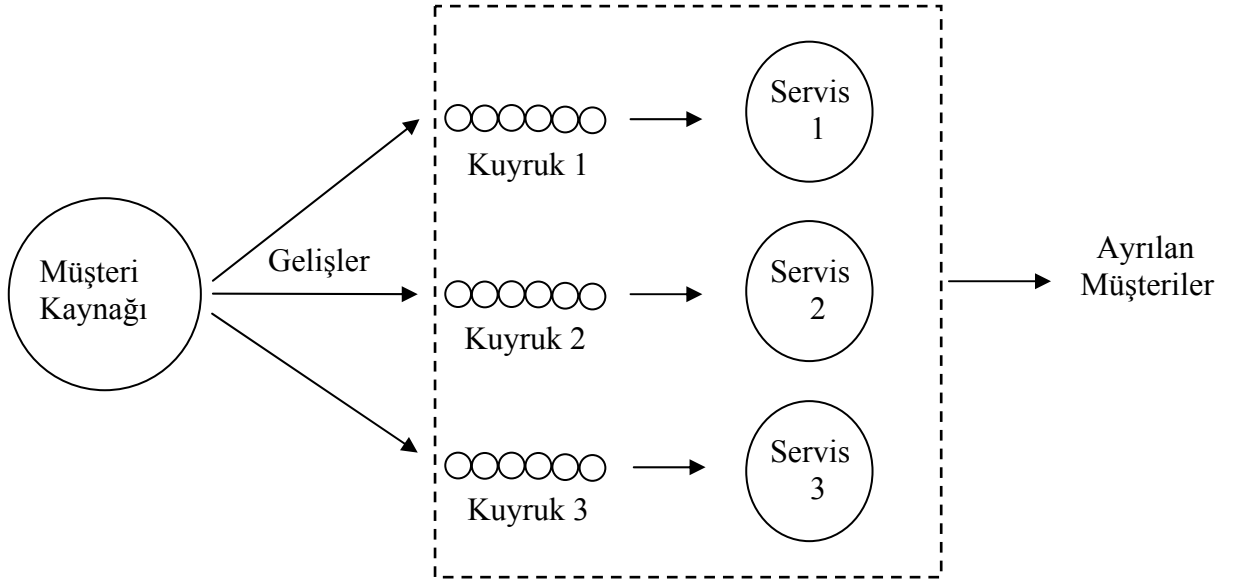
Müşterilere hizmet veren servis birim sayısının birden fazla olduğu ve müşterilerin tek kuyrukta sıralandığı sistem, tek kuyruklu ve paralel servisli kuyruk mekanizmasıdır. Servis almak için sisteme gelen müşterilere tüm servis birimlerinin aynı hizmeti veriyor olması servisin paralel olduğu anlamına gelir. Üç çocuk doktorunun hizmet verdiği bir poliklinik bu sisteme örnek olarak verilebilir.



Şekil 4: Tek Kuyruk, Paralel Servis Mekanizması

c) Çok Kuyruk, Paralel Servis Mekanizması;

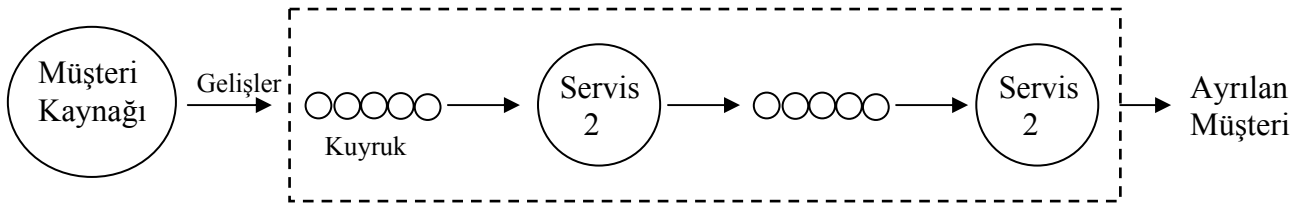
Müşterilere hizmet veren servis birim sayısının birden fazla olmasının yanı sıra, her servis biriminin ayrı kuyruğa sahip olduğu kuyruk sistemidir. Bu sistem, birden fazla tek kuyruk, paralel servis mekanizmasının birleşimi olarak da düşünülebilir.



Şekil 5: Çok kuyruk, Paralel servis mekanizması

d) Seri Servis Mekanizması;

Servis birimlerinin her biri müşterilere farklı hizmetler sunar. Bu sistemde hizmet almak için gelen müşteriler, taleplerinin tamamlanabilmesi için her bir servis biriminden sırayla hizmet alır. Servis birimleri farklı hizmet verdiklerinden, her birinin kendine ait bir kuyruğu vardır. Televizyon üretim bandında televizyona ait her bir parçanın düzeneğe eklenmesi seri servis sisteminin bir adımı olarak verilebilir.



Şekil 6: Seri Servis Mekanizması

Servis mekanizması incelenmesinde servis hızı önemli rol oynar. Servis hızı yada servis oranı birim zamanda hizmet verilen ortalama müşteri sayısı olarak tanımlanır. Servis süresi ise servis birimlerinin her bir servis için harcadıkları ortalama zamandır. Servis süresi sabit olabileceği gibi tesadüfi bir sürede olabilir. Kuyruk sistemlerinde servis süreleri rastgele ve bilinmiyor ise servis sürelerinin olasılık dağılımına dikkat edilmesi gerekir. Genellikle kuyruk sistemlerinde servis sürelerinin üstel dağılım izlediği kabul edilir. Servis mekanizmasında birbirini izleyen servis sürelerinin rastgele olduğu varsayılırsa kullanılması en kolay dağılım üstel dağılımdır. Geçerli sonuçlar elde edebilmek için gözlenen servis süresi ile üstel dağılımla belirlenecek olan servis süresinin karşılaştırılması ve ona göre karar verilmesi gerekir.

1.5.3 KUYRUK YAPISI

Kuyruk sistemlerinin en önemli bileşeni kuyruk yapısıdır. Kuyruk uzunluğu sonlu yada sonsuz kaynaklı olabilir. Sisteme hizmet için gelen müşterilerin oluşturdukları sıra “ kuyruk” olarak adlandırılır. Müşterilerin talep ettikleri hizmet servis birim kapasitesinden büyük ise sistemde kuyruk oluşur.

Kuyruk sistemlerinde bir diğer önemli bileşen kuyruk disiplini. Kuyruk disiplini, sisteme hizmet almak amacıyla gelen müşterilerin, servis birimine hangi esaslara göre çağrılacağını belirtir. Uluslararası standartlarda kullanılan servis disiplinleri şöyle sıralanabilir.²¹

a) *İlk Giren İlk Servis Alır (First Come First Service= FCFS):*

En yaygın servis disiplini. Bu kuyruk disiplinine göre sisteme hizmet almak için gelen müşteriler geliş sıralarına göre hizmet alırlar. Sıra önceliğine göre sisteme ilk giren öncelikli servis alır ve sistemden ayrılır.

b) *Son giren İlk Servis Alır. (Last Come First Service= LCFS)*

²¹ Mustafa Güneş, Benzetim ve GPSS Programlama, 1.Basım, İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi , Rektörlük Matbaası, 1996, s.8

Bu kuyruk disiplinine göre, sisteme en son gelen müşteri servise ilk önce alınır ve sistemden en önce ayrılır.

c) Rasgele Servis (Service In Random Order= SIRO):

Bu kuyruk disiplininde gelişlerin önemi yoktur. Servis birimleri hizmet almak için gelen müşterilerden birini rasgele seçer ve servise alır.

d) Genel Servis Disiplini

Bunlara ek olarak birde öncelikli kuyruk disiplini vardır. Bazı zamanlarda sisteme hizmet almak için gelen müşterilere, servise geliş zamanlarına bakılmaksızın servis önceliği tanınır. Öncelikli servis disiplini iki farklı uygulaması vardır. Birinci uygulamada sisteme gelen öncelikli müşteri bekletilmeksizin servise alınır. Eğer o sırada servis birimleri başka müşterilere hizmet veriyorsa dahi o müşterilerden biri servisten çıkarılır ve öncelikli müşteri servise alınır. Buna “ tam öncelikli servis (Preemptive Service Priority Order= PSPO)” adı verilir. Servisteki müşterilerden birinin hizmeti tamamlandıktan sonra öncelikli müşteri servise alınıyor ise buna da “tam öncelikli olmayan servis(Nom-Preemptive Priority Service:NPPS)” disiplini denir.²²Bu disiplinlerin değişik şekillerde uygulanması sistemin genel yapısını etkilemez. Çünkü kuyruk sistemine gelmesi beklenen ortalama müşteri sayısı, kuyrukta bekleyen ortalama müşteri sayısı ve sistemdeki müşterilerin ortalama bekleme zamanı gibi sistem bileşenleri disipline bağımsız olarak aynıdır. Disiplinlerin farklılığı sadece bekleme olasılıklarını etkiler. Dağılım varyansı LCFS’de , FCFS’ den daha büyük olurken ortalamalar aynıdır.²³

1.5.4 SERVİS DİSİPLİNİ

Kuyruk sistemlerinin özellikleri çok farklı şekillerde gösterilebilir. Kuyruk sistemlerinin çoğu önceki bölümde anlatılan kuyruk disiplinlerinin çoğuna aynı anda sahip olabilir. Sadece bu özelliklere bakarak kuyruk sistemlerini sınıflandırmak zordur.

²² M.Alec Lee, Applied Queueing Theory, London: Mcmilland and Company Ltd. 1966, s.20

²³ Philip M.Morse, Queues, Inventories and Maintenance, John Wileyand Sons, Inc., New York: 1963,s.116

Kuyruk sistemlerini birbirinden ayırmada kullanılan servis disiplininin ana karakteristikleri uluslararası kabul edilen formatta şöyledir.²⁴

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

Bu dizilişte her bir harfin anlamı vardır. Bu harflerin temsil ettikleri dağılışa ait özellikleri vardır.

a: Sisteme gelişlerin yada gelişler arası zaman dağılımı

b: Servis zamanlarının dağılımı

c: Sistemdeki servis birimlerinin sayısı

d: Servis disiplini

e: Sisteme alınabilecek maksimum müşteri sayısı

f:Geliş kaynağının büyüklüğü

Bu harflerin yerine kullanılan standart notasyonlar vardır. Bu notasyonlar kuyruk yapısı hakkında önemli bilgiler vermektedir. Yukarıdaki a ve b harfleri yerine sistemin özelliğine göre;

M: Poisson yada Markovian geliş ve ayrılış dağılımlarını temsil etmektedir. Ayrıca gelişler arası ve servis verilen sürenin üstel olduğunu gösterir.

D: Deterministik gelişlerarası veya servis süresini temsil eder.

E_k = k parametrelili gelişlerarası yada servis süresinin Erlang yada Gamma dağılımlarını temsil ettiğini gösterir.

GI= Gelişlerin veya gelişlerarası sürenin genel bağımsız dağılımıdır.

G = Ayrılış veya servis zamanının genel dağılımıdır.

²⁴ Güneş, s.8

Servis disiplininin ana karakteristiklerinde yer alan c harfi servis birimlerinin sayısını gösteren pozitif bir sayı olmalıdır. Aynı şekilde e maksimum müşteri sayısını, f ise geliş kaynağının sonlu yada sonsuz olduğunu gösterir.

Örneğin: (M/M/1) : (GD/∞/∞) modelini açıklayalım. İlk iki M harfi sisteme gelen müşterilerin gelişlerinin ve ayrılışlarının λ parametrelili poisson dağılıma tabi olduğunu gösterir . Sistemde tek bir servis birimi vardır. Genel servis disiplini uygulanmaktadır. Sisteme gelen müşterilerin kapasitesinde sınır olmadığı gibi geliş kaynağı sonsuzdur.

(M/Ek/4): (FCFS/40/∞) modelini açıklayalım.

Sisteme gelişler poisson dağılıma uyarken, servis süreleri Gamma dağılımına tabidir. Sistemde 4 adet servis birimi hizmet vermektedir. İlk gelen ilk servis görür servis disiplini uygulanır. Sisteme en fazla 40 müşteri alınabilir ve geliş kaynağı sonsuzdur.²⁵

Uygulamada karşılaşılabilen bazı modeller şöyle sıralanabilir.

(M/M/1) : (GD/N/∞)

(M/M/C): (GD/N/∞) ; $C \leq N$

(M/M/∞): (GD/∞/∞); self servis modeli;

1.6 KUYRUK TEORİSİ PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ

Kuyruk performans ölçütleri herhangi bir kuyruk sisteminin nasıl işlediği ile ilgili bilgiler verir. En sık kullanılan performans ölçütleri şöyle sıralanabilir:²⁶

L_q = Kuyruk uzunluğudur. Kuyrukta bekleyen ortalama müşteri sayısını verir.

L_s = Sistem uzunluğudur. Sistemde bekleyen müşteri sayısıdır. Kuyrukta bekleyenler ile hizmet görenlerin sayıları toplamıdır.

²⁵ Lee,s.9

²⁶ Lawrance Ladin,Quantitative Methods for Business Decisions,Horcourt Brace Jovanovich Inc.,New York,1975,s.560

W_q =Müşterinin kuyrukta geçirdiği bekleme süresidir.

W_s =Müşterinin sistemde geçirdiği bekleme süresidir.Kuyrukta geçirdiği süre ile hizmet aldığı süre toplamıdır.

P_0 =Hizmet sunan servis birimlerinin boş kalma olasılığıdır. Başka bir deyişle L_s 'nin 0 olma ihtimalidir.

ρ = Sistemin meşgul olma olasılığıdır. Sistem kullanım faktörü olarak da adlandırılır.

Kuyruk modelleri belirsizlik şartlarında stokastik faaliyet gösteren kuyruk sistemlerini inceler. Kuyruk sistemleri ilk çalışmaya başladığında sistem boştur. Sistemin değişmez durum koşullarına erişmesi için zaman geçmesi gerekir. Değişmez durum demek sistemin işleyiş özelliklerinin değişmeyeceği anlamına gelir. Kuyruk modelleri açıklanırken sistemin dengede yeni değişmez durum şartları altında çalıştığı varsayılır.²⁷

1.7 KUYRUK TEORİSİNDE ÜSTEL DAĞILIMIN ROLÜ

Kuyruk modellerinin çoğunda müşterilerin sisteme gelişleri tamamen tesadüfidir. Yani müşterinin sisteme gelmesi veya talep ettiği hizmeti alması, ondan önceki müşterinin gelmesinden itibaren geçen süreden etkilenmez.

Müşteriye sunulan hizmet süresinin belirli olmadığı durumlarda, bu belirsizlik genellikle üstel dağılımla gösterilir. Üstel dağılım iki önemli özellikle normal dağılımdan farklılık gösterir. Bunlardan birincisi üstel dağılım sadece artı değer alabilen değişkenlerle sınırlıdır. Diğer özellik ise olasılık yoğunluk fonksiyonu ortalamasına bakıldığında simetrik değildir. Üstel dağılımın özellikleri şöyle özetlenebilir.²⁸

Rassal değişken x pozitif bir sayı ise olasılık yoğunluk fonksiyonu:

²⁷ Cinemre, s..593

²⁸ Newbold, s.235

$$f_x(x) = \frac{e^{-x/\mu}}{\mu} \quad x \geq 0 \text{ ise } x \text{ üstel dağılıma uyar.}$$

Birikimli dağılım fonksiyonu ise aşağıdaki gibidir. Burada μ pozitif bir sayı, $e = 2,71828 \dots$ 'dir.

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

Rastgele gelişler ve hizmet süreleri kuyruk modellerinde üstel dağılım ile tanımlanır.

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad t > 0, \quad E(t) = 1/\lambda \text{ 'dır.}$$

Üstel dağılım tamamen tesadüfi bir dağılımdır. Herhangi bir olayın olma olasılığı, son olayın gerçekleşmesinden sonra geçen sürenin uzunluğundan bağımsızdır. Bu üstel dağılımın “unutkanlık özelliği” olarak adlandırılır.

1.7.1 SAF DOĞUM VE SAF ÖLÜM MODELLERİ

Burada açıklanacak iki kuyruk durumu ile üstel dağılım ile poisson dağılımı arasındaki ilişki gösterilecektir. Bu kuyruk modellerinden birincisi yalnızca sisteme gelişlere izin verir ve saf doğum modeli olarak adlandırılır. İkincisi ise sadece sistemden gidişlere izin verir ve saf ölüm modeli olarak adlandırılır. Her iki modelde bir dağılımın kendiliğinden diğerini tanımlaması anlamında, üstel dağılımla poisson dağılımının yakın ilişkisini gösterir ve üstel dağılımın aksiyomlarına dayanır.²⁹

1.Aksiyom: $(0,t)$ aralığındaki olayların sayısı $N(t)$ olarak verilirse ; $N(t)$ 'yi tanımlayan olasılık süreci sabit bağımsız artışlara sahiptir, yani $(T, T+S)$ aralığında ortaya çıkan olayların olasılığı sadece S ' nin uzunluğuna bağlıdır.

2.Aksiyom: $h>0$ olan oldukça küçük bir zaman aralığında ortaya çıkan bir olayın olasılığı artı değerli, ama 1'den küçüktür.

²⁹ Hamdy A.Taha, Yöneylem Araştırması 6.Basımdan Çeviri, Ş.Alp Boray. Şakir Esnaf (çev), İstanbul: 2000, s.601

3.Aksiyom: $h>0$ olan oldukça küçük bir zaman aralığında en fazla bir olay olabilir, yani $P \{ N[h] > 1 \} = 0$ 'dır.

$P_n(t)$; t zamanı boyunca meydana gelen n olayın olasılığıdır. h; pozitif değerli ve oldukça küçük olmak üzere, t+h zamanı boyunca hiçbir olayın olmama olasılığı (1.aksiyoma dayanarak):

$$P_0(t+h) = P_0(t) \cdot \rho_0(h) \text{ ile gösterilir.}$$

Diğer iki aksiyoma dayanarak denklemin çözümü:

$$P_0(t) = e^{-\lambda t}, \quad t>0 \text{ ile gösterilir.}$$

$F(t)$ 'yi birbirini takip eden olaylar arasındaki t zaman aralığının olasılık yoğunluk fonksiyonu olarak tanımlayalım.

$$\int_T^\infty f(t)dt = P_0(T), \quad T > 0$$

$$\int_T^\infty f(t)dt = 1 - e^{-\lambda T}, \quad T > 0$$

T'ye göre her iki tarafın türevi alınırsa;

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad t > 0, \quad E(t) = 1/\lambda \text{ 'dır.}$$

Üstel dağılım elde edilir. Burada $\lambda>0$ 'dır ve olayların sayısını gösterir.³⁰

1.7.2 SAF DOĞUM MODELİ

Sisteme gelişlerin birim zamanda λ müşteri sayısı ile ortaya çıktığı bilindiğinde $h>0$ için şöyle gösterilir:

$$P_0(h) = e^{-\lambda/h} = 1 - \lambda h + \frac{(\lambda h)^2}{2!} - \dots = 1 - \lambda h + o(h)^2$$

³⁰ Taha, s.603

Üçüncü aksiyoma göre $h>0$ boyunca en fazla 1 geliş olur. Böylece $h \rightarrow 0$ olur,

$$P_1(h) = 1 - P_0(h) \approx \lambda h$$

Bu sonuç oldukça önemlidir. h boyunca gelişin ortaya çıkma olasılığının, λ 'nın sabit olmasıyla birlikte h ile doğru orantılı olduğu görülür. Aksiyomlar esas alınarak $P_n(t)$; t boyunca n gelişin olasılığı olarak tanımlanırsa:³¹

$$\rho_n(t+h) \approx \rho_n(t) (1-\lambda h) + \rho_{n-1}(t) \lambda h \quad n>0$$

$$\rho_0(t+h) \approx \rho_0(t) (1 - \lambda h), \quad n=0 \text{ elde edilir.}$$

Terimler yeniden düzenlenirse ve $h \rightarrow 0$ 'a göre limit alınırsa;

$$P'_n(t) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{P_n(t+h) - P_n(t)}{h}$$

$$= -\lambda P_n(t) + \lambda P_{n-1}(t), \quad n > 0$$

$$P'_0(t) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{P_0(t+h) - P_0(t)}{h}$$

$$= -\lambda P_0(t)$$

Elde edilir.³²

$P'_n(t)$, $P_n(t)$ 'nin t 'ye göre birinci türevidir. Yukarıdaki fark-diferansiyel denklemlerin çözümü;

$$P_{n(t)} = \frac{(\lambda t)^n e^{-\lambda t}}{n!} \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

³¹ Taha, s.605

³² Newbold, s.230

İle gösterilen t boyunca ortalaması $E\{n | t\} = \lambda t$ gelişe sahip, varyansı λt olan poisson dağılımını verir. Gelişler arası süre, ortalaması $1/\lambda$ olan üstel dağılımsa, belirli bir t zamanı için gelişlerin oranı, λt ortalamasıyla poisson dağılımına uygundur.

1.7.3 SAF ÖLÜM MODELİ

Bu modelde sistem, 0 zamanında N müşteri ile başlar. Başka bir gelişe izin verilmez. Sistemden ayrılışlar birim zaman başına μ müşteri sayısı ile ortaya çıkar. T zamanı sonrasında sistemde geri kalan n müşteri sayısının olasılığını bulmak ve fark diferansiyel denklemleri olan $P_n(t)$ 'yi geliştirmek için, saf doğum modelindeki formüller kullanılır.

$$P_N'(t) = -\mu P_N(t)$$

$$P_n'(t) = -\mu P_n(t) + \mu P_{n+1}(t), \quad 0 < n < N$$

$$P_0'(t) = \mu P_1(t) \text{ olur.}$$

Bu denklemlerin çözümü kesilmiş poisson dağılımını verir.³³

$$P_{n(t)} = \frac{(\mu t)^{N-n} e^{-\mu t}}{(N-n)!}, \quad n = 0, 1, 2, \dots, N$$

$$P_0(t) = 1 - \sum_{n=1}^N P_n(t)$$

³³ Taha, s.609

BÖLÜM 2

2. KUYRUK MODELLERİ

Kuyruk modelleri müşterilerin kuyruk sistemine geliş akışına ve gelişler arası sürenin gösterdiği dağılım özelliklerine göre farklı gruplara ayrılmaktadır.

2.1 ÖZEL POISSON DAĞILIMLI KUYRUK MODELLERİ

Müşterilerin kuyruk sistemine gelişlerinin genellikle tesadüfi olduğu kabul edilir. Yani sisteme geliş hızı birim zamanda λ müşteridir.³⁴ Tüm servis birimleri paraleldir, yani aynı hizmeti sunarlar. Gelişler ile gelişler arası süreyi açıklamak için kullanılan poisson ve üstel dağılımlar poisson süresince sağlanır. Poisson süreci tesadüfi bir süreçtir ve şu koşulları sağlamalıdır.³⁵

a- Herhangi bir zaman aralığında meydana gelen olayların sayısı diğer dönemlerde meydana gelen olaylardan bağımsızdır.

b- Geliş oranı λ ve servis oranı μ tüm zaman döneminde sabit kabul edilir.

c- Küçük zaman aralığında meydana gelen bir olayın olasılığı, süreç oranı ile süre zaman birimi çarpımıdır.

d- Birim zamanda meydana gelen geliş ve servislerin tamamlanma sayılarının olasılığını sağlayan dağılım Poisson'dur.

e- Geliş ve servisin tamamlanmasının arasındaki sürelerin olasılığını sağlayan dağılım üstel dağılımdır.

³⁴ John E. Ullmann, Quantitative Methods in Management, Schaum's Outline Series In Business, McGrawHill Book Comp., New York, 1976, s.313

³⁵ Gilbert Gordon-Israel Pressman, Quantitative Decision Making for Business, Prentice Hall International Inc., London, 1978, s.419

2.2 TEK KANALLI MODELLER

Sistemde tek bir hizmet veren olması durumudur. Müşterilerin sisteme geliş süreçleri birim zamanda λ müşteri hızı ile gösterilirken hizmet süreçleri μ parametrelili üstel dağılım özelliği gösterir. Müşteriler sisteme tek tek gelirler ve tek tek hizmet alırlar. Kuyrukta bekleyen müşterilerden ilk gelen ilk hizmet görür. Tüm servis birimleri paraleldir yani aynı hizmeti sunarlar. Ortalama servis hızı μ , ortalama müşteri hızı λ 'dan büyüktür.

2.2.1 TEK SERVİS SINIRSIZ KUYRUK MODELİ

Bu modelde müşteri kaynağı ve servis kapasitesinde sınırlama yoktur. Ayrıca kuyruk sisteminin denge durumunda olduğu kabul edilir. Denge durumu denklemleri şöyledir³⁶,

$$\begin{aligned}\lambda P_0 &= \mu P_1 \\ \lambda P_1 + \mu P_1 &= \lambda P_0 + \lambda P_2 \\ \lambda P_2 + \mu P_2 &= \lambda P_1 + \lambda P_3 \\ \lambda P_{n-1} + \mu P_{n-1} &= \lambda P_{n-2} + \lambda P_n\end{aligned}$$

Yukarıdaki denge denkleminin sonucu şöyledir:

$$\begin{aligned}P_n(t) &= \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0 \quad n=1,2,3 \\ 1 &= P_0 \left[1 + \frac{\lambda}{\mu} + \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2 + \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^3 + \dots \right] \\ 1 + \frac{\lambda}{\mu} + \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2 + \dots &= \frac{1}{1 - \frac{\lambda}{\mu}} \quad \left(\text{Eğer } \frac{\lambda}{\mu} < 1 = \infty \right)\end{aligned}$$

³⁶ Öztürk, s.608-623

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu} \text{ eğer } \frac{\lambda}{\mu} < 1 \text{ ise durağan dağılım yoktur.}$$

$$P_0 = 1 - P$$

$$P = \frac{\lambda}{\mu}$$

P_0 , trafik yoğunluğu olarak adlandırılır. Yani sistemde müşteri olmama ihtimalidir. Ve bu değerin birden küçük olması gerekir.³⁷

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

$$P_n = (1 - P) P^n \quad n \geq 0$$

Sistemde olması bekleyen müşteri sayısı, sistem uzunluğu (L_s) ;

$$L_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} \text{ veya } \frac{P}{1 - P}$$

Kuyrukta olması beklenen müşteri sayısı, kuyruk uzunluğu (L_q) ;

$$L_q = L_s - \frac{\lambda}{\mu} = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} - \frac{\lambda}{\mu} = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{P^2}{(1 - P)}$$

Kuyrukta bekleme süresi (W_q);

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

³⁷ Joseph A. ;Panico, Queueing Theory, Prentice Hall Inc., England Cliffs, 1969, s.73-88

Sistemde bekleme süresi (W_s);

$$W_s = \frac{1}{\mu - \lambda} = W_q + \frac{1}{\mu}$$

Sistemde n müşteri bulunma olasılığı;

$$P_n = (1-P) P^n$$

Servis birimlerinin boş kalma süresinin oranı;

$$P_0 = (1-P)$$

Müşteri sistemde t birim zamanda daha uzun kalma olasılığı;

$$W_s = e^{-t/w_s} \quad (t \geq 0) \text{ 'dır.}$$

Müşterinin kuyrukta t birim zamandan daha uzun kalma olasılığı;

$$W_p = p.e^{-t/w_q} \quad (t \geq 0) \text{ 'dır.}$$

2.2.2 SONLU GELİŞ KAYNAKLI SONSUZ TEK KANALI KUYRUK MODELİ

Bu modelin varsayımları tek servis sınırsız kuyruk modelinin varsayımlarından çok farklı değildir. Sistemde tek bir servis birimi olmasına karşın hizmet için gelen müşterilerin sayısı sonludur. Yani sonlu geliş kaynağı mevcuttur. Belirli bir zaman aralığında hizmet almak için gelen veya sistemde bulunan müşteri sayısı N'dir. Müşterilerin sisteme ulaşma süresi $1 / \lambda$ ortalamalı üstel dağılıma sahiptir. Hizmet almak amacıyla bekleyen müşterilerin oluşturdukları kuyruk uzunluğu N-1'den büyük olamaz. Kuyruk sistemindeki müşteri sayısının en fazla N olduğu, gelişlerin poisson dağıldığı kabul edilir.³⁸

³⁸ Walter c. Giffin, Queueing; Basic Theory and Application, Grid Inc., Ohio, 1978, s.97-131

Yani gelişler arası süre $1 / \lambda$ ve servis hizmet hızı μ ise denge durumu için denklemler şöyle gösterilir.³⁹

$$P_0 = \left(\sum_{n=0}^N \frac{N!}{(N-n)!} P^n \right)^{-1}$$

$$P_n = \frac{N!}{(N-n)!} P^n \cdot P_0 \quad n = (1,2,3,\dots,N)$$

Sistem uzunluğu (L_s);

$$L_s = N - \frac{1 - P_0}{P}$$

Kuyruk uzunluğu (L_q) ;

$$L_q = N - \frac{P+1}{P} (1 - P_0)$$

Kuyrukta bekleme süresi (W_q);

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

Sistemde bekleme süresi (W_s);

$$W_s = \frac{L}{\lambda}$$

³⁹ Öztürk, s.615

2.2.3 SONSUZ GELİŞ KAYNAKLI – SONLU TEK KANALLI KUYRUK MODELİ

Bazı kuyruk sistemlerinde belirli bir zaman aralığında belirli sayıdaki müşteriye hizmet sunabilmektedir. Sistemin hizmet sunabildiği toplam müşteri sayısı M olmak üzere, herhangi bir zaman aralığında kuyrukta hizmet almak için bekleyen müşterilerin sayısı sonludur ve bu sayı M-1'den büyük olamaz.⁴⁰ Kuyruk sistemine yeni müşteri geldiğinde kuyrukta M-1 müşteri var ise yani kuyruk dolu ise servis hizmeti olmadan sistemi terk etmelidir. Bu model sistem kullanım faktörü P'nin birden küçük olmasına bağlı değildir. Kuyruk sisteminde kuyruğun uzun olması gibi bir koşul yoktur. Zaten kuyruk uzunluğu M-1'den daha uzun olamaz. Sınırlandırılmış kuyruk modeli olarak da adlandırılan bu modelin etkin geliş oranı şöyle gösterilir:⁴¹

$$\lambda_e = \lambda(1 - P_M)$$

etkin trafik yoğunluğu;

$$P_e = \frac{\lambda_e}{\mu} = \frac{\lambda(1 - P_M)}{\mu}$$

$$P_e = P(1 - P_M)$$

P_M = Sistemin dolu olma olasılığı,

M = Kuyruk sistemindeki max müşteri sayısı,

Kuyruk modeli için denge denklemleri şöyle gösterilmiştir;

$$\begin{aligned} \lambda P_0 &= \mu P_1 & n &= 0 \\ \lambda P_n + \lambda P_n &= \lambda P_{n-1} - \mu P_{n+1} & n &= 1, 2, 3, \dots, M-1 \\ \lambda P_{M-1} &= \mu P_M & n &= M \end{aligned}$$

⁴⁰ Doğan, s.440

⁴¹ Öztürk, s.619

Sistemde müşteri olmama olasılığı (P_0) ;

$$P_0 = \frac{1 - \lambda / \mu}{1 - (\lambda / \mu)^{M+1}} = \frac{1 - P}{1 - P^{M+1}} \quad (\lambda \neq \mu \text{ veya } P \neq 1)$$

$$P_0 = \frac{1}{M+1} \quad (P = 1)$$

Sistemde n sayıda müşteri bulunma olasılığı (P_n);

$$P_n = \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \cdot P_0$$

$$P_n = P^n \cdot P_0 \quad (0 \leq n \leq M \text{ yada } \lambda \neq \mu, p \neq 1 \quad n = 0, 1, 2, \dots, M)$$

$$P_n = \frac{1}{M+1} \quad (\lambda = \mu \text{ ise})$$

Sistem uzunluğu (L_s) ;

$$L_s = \frac{\lambda / \mu}{1 - \lambda / \mu} - \frac{(M+1)(\lambda / \mu)^{M+1}}{1 - (\lambda / \mu)^{M+1}} \quad (\lambda \neq \mu \text{ ise})$$

$$L_s = \frac{M}{2} \quad (\lambda = \mu \text{ yada } P = 1)$$

Sistemin dolu olma oranı (P_M) ;

$$P_M = P_0 \cdot P^M$$

$$\lambda_e = \lambda(1 - P_M)$$

Etkin trafik yoğunluğu (P_e);

$$\rho_e = \lambda_e / \mu$$

Kuyruk uzunluğu (L_q) ;⁴²

$$L_q = L - (1 - P_0) = L - \rho_e = \lambda_e W_q$$

Kuyrukta bekleme süresi (W_q) ;

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda(1 - \rho^M \cdot P_0)} = \frac{L_q}{\lambda(1 - P_M)}$$

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

Sistemde bekleme süresi (W_s);

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda_s(1 - \rho^M \cdot P_0)} = \frac{L_s}{\lambda(1 - P_M)}$$

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda_e} = W_q + \frac{1}{\mu} \quad (\lambda \neq \mu)$$

$$W_s = \frac{1}{\mu} \cdot \left[\frac{M+1}{2} \right] \quad (\lambda = \mu \text{ ise})$$

2.2.4 TEK SERVİS – POISSON GELİŞ – KEYFİ SERVİS SÜRESİ DAĞILIM ÖZELLİĞİ GÖSTEREN MODEL

Yukarıda anlatılan tek kanallı modellerde servis hizmeti süreçlerinin üstel dağıldığını ve ortalama servis hızının μ olduğunu kabul ettik. Ancak bazı kuyruk sistemlerinde servis hizmeti üstel dağılım özellikleri göstermeyebilir. Servis hizmet sürecinin herhangi bir dağılım göstermesi yani üstel dağılım dışında keyfi başka dağılımlar göstermesi halinde de kuyruk sonuçları elde edilebilir. Bu sonuçlar için istenen iki önemli veri vardır. Bunlardan biri ortalama servis süresi ($1/\mu$) ve servis süresi dağılım değişkesi (σ^2)'dir⁴³.

⁴² Cinemre, s.630

⁴³ Öztürk, s.621

Aşağıda gösterilen formül Pollaczek-Khintchine formülü olarak bilinir ve herhangi bir dağılım için ortalama kuyruk uzunluğu verir.⁴⁴

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

$$P_n = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0$$

$$L_q = \frac{\lambda^2 \cdot \sigma^2 + \rho^2}{2(1-\rho)}$$

Negatif üstel dağılımlı keyfi değişkenin değişkesi, ortalamasının karesine eşittir.

$$\sigma^2 = 1/\mu^2$$

$$L_s = L_q + \rho$$

$$W_q = L_q / \lambda$$

$$W = W_q + 1/\mu$$

Servis hizmet süresi sabit ise $\sigma^2 = 0$ olur. Yani;

$$L_q = \frac{\rho^2}{2(1-\rho)}$$

Erlang değişkesi ($\sigma^2 = 1/k\mu^2$) Pollaczek-Khinchine formülünde yerine konursa;

$$L_q = \frac{\rho^2(1+k)}{2k(1-\rho)}$$

⁴⁴ Lee, s.30

2.3 ÇOK KANALLI MODELLER

Kuyruk sistemlerinin bazılarında servis hizmeti birden fazla servis birimi tarafından sağlanır. Çok kanallı modelleri incelemek tek kanallı modellerin incelenmesinden daha zordur. İki veya daha fazla sayıda servis birimi tarafından sunulan hizmetin “paralel servis” olduğu kabul edilir. Paralel servis, tüm servis birimlerinin aynı hizmeti vermesidir.⁴⁵

2.3.1 SONSUZ GELİŞ KAYNAKLI – SONSUZ ÇOK KANALLI KUYRUK MODELİ

Bu modelde de müşterilerin sisteme gelişleri λ parametrelili poisson dağılıma sahip iken servis süresi μ parametrelili üstel dağılımlıdır. Müşterilerin geliş kaynağı sonsuzdur.⁴⁶ Hizmet almak için sisteme gelen müşteriler tek bir kuyruk oluştururlar ve kuyruk uzunluğu sınırsızdır. Kuyruk sistemine ilk gelen ilk hizmet görür.

Sistemde c tane servis birimi olduğunu ve kuyruk sistemine gelen müşteri sayısının n olduğunu düşünelim. Kuyruk sisteminin işleyebilmesi için geliş oranının c tane servis hızından daha küçük olması gerekir. Yani $n \leq c$ ise kuyrukta bekleme olmayacaktır. Ancak $n > c$ ise $n-c$ sayıdaki müşteri servis almak için kuyrukta beklemek zorunda kalacaktır.⁴⁷

$$\frac{\lambda}{c \cdot \mu} < 1 \text{ yada } \frac{\lambda}{\mu} < c \text{ olmalıdır.}$$

$$p = \text{sistem kullanım faktörü} = \frac{\lambda}{c\mu}$$

⁴⁵ Doğan, s.445

⁴⁶ R.J.Tierauf and R.C. Klekamp, Decision Making Through Operations Research John Wiley, New York, 1975, s.427

⁴⁷ Öztürk, s.625

Denge durumu fark denklemleri şöyledir⁴⁸ ;

$$\begin{aligned} \lambda P_{(n-1)} - (\lambda + n\mu)P_{(n)} + (n+1)\mu P_{(n+1)} &= 0 & 1 < n < c \\ \lambda P_{(n-1)} - (\lambda + c\mu)P_{(n)} + c\mu P_{(n+1)} &= 0 & n \geq c \\ -\lambda P_{(0)} + \mu P_{(1)} &= 0 & n = 0 \end{aligned}$$

n sayıdaki müşterilerin t zamanındaki gelişlerinin poisson dağılımı;

$$\begin{aligned} P(n) \frac{(\lambda t)^n e^{-\lambda t}}{n!} & \quad t=1 \\ P(n) \frac{\lambda^n e^{-\lambda}}{n!} & \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \end{aligned}$$

Kuyruk sisteminde n sayıda müşteri bulunma olasılığı;

$$\begin{aligned} P_n &= \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \frac{P(0)}{n!} = \rho^n \frac{P(0)}{n!} & 0 < n < c \\ P_n &= \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \frac{P(0)}{c! c^{n-1}} = \rho^n \frac{P(0)}{c! c^{n-1}} & n \geq c \end{aligned}$$

Sistemde müşteri bulunmama olasılığı;

$$\begin{aligned} P(0) &= \frac{1}{\sum_{n=0}^{c-1} \frac{1}{n!} (\lambda/\mu)^n + \left[\frac{1}{c!} \rho^c \frac{c\mu}{c\mu - \lambda} \right]} \\ P(0) &= \frac{1}{\sum_{n=0}^{c-1} \frac{1}{n!} \rho^n + \left[\frac{1}{c!} \rho^c \frac{c\mu}{c\mu - \lambda} \right]} \end{aligned}$$

⁴⁸ A. J. Alman- D.G. Parisi, Quantitative Methods for Decision Making, General learning Pres, New Jersey, 1974, s.407-408

Müşterilerin bekleme olasılığı;

$$P_n = (\lambda / \mu)^c \frac{\mu}{(c-1)!(c\mu - \lambda)} P_0 \text{ yada}$$

$$P_n = \frac{1}{c!} - (\lambda / \mu)^c \frac{c\mu}{c\mu - \lambda} P_0$$

Kuyruk uzunluğu (L_q) ;

$$L_q = \frac{\lambda \mu (\lambda / \mu)^c}{(c-1)!(c\mu - \lambda)^2} P_0$$

Sistem uzunluğu (L_s);

$$L_s = \frac{\lambda \mu (\lambda / \mu)^c}{(c-1)!(c\mu - \lambda)^2} P_0 + \lambda / \mu$$

$$L_s = L_q + p$$

Kuyrukta bekleme süresi (W_q) ;

$$W_q = \frac{\mu (\lambda / \mu)^c}{(c-1)!(c\mu - \lambda)^2} \cdot P_0$$

$$W_q = L_q / \lambda$$

Sistemde bekleme süresi (W_s) ;

$$W_s = \frac{\mu(\lambda / \mu)^c}{(c-1)!(c\mu - \lambda)^2} . P_0 + 1 / \mu$$

$$W_s = W_q + 1 / \mu$$

2.3.2 SONLU GELİŞ KAYNAKLI – SONSUZ ÇOK KANALLI KUYRUK MODELİ

Kuyruk sistemine hizmet almak için gelen müşterilerin sayıları bazen küçük sayıda olabilir. Her biri aynı hizmeti veren c sayıda servis birimi ve kuyruk sistemine katılacak N sayıda müşteri olduğunu varsayalım. $1 \leq c \leq N$ iken yani kanal sayısı müşteri sayısına eşit yada ondan küçük kabul edilir.⁴⁹

Sistemde müşteri bulunmama olasılığı (P_0) ;

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{n=c-1} \frac{N!}{(N-n)!n!} (\rho)^n + \sum_{n=c}^{n=N} \frac{N!}{(N-n)!c!c^{n-c}} (\rho)^n}$$

Sistemde n müşteri bulunma olasılığı (ρ_n) ;

$$P_n = \frac{P_0 N!}{(N-n)!n!} (\rho)^n \quad 0 \leq n \leq c$$

$$P_n = \frac{P_0 N!}{(N-n)!c!c^{n-c}} (\rho)^n \quad c \leq n \leq N$$

Sistem uzunluğu (L_s) ;

$$L_s = \sum_{n=0}^{c-1} n P_n + \sum_{n=c}^N (n-c) P_n + c (1 - \sum_{n=0}^{c-1} P_n)$$

⁴⁹ Öztürk, s.633

Kuyruk uzunluğu (L_q) ;

$$L_q = \sum_{n=c}^N (n-c)P_n$$

2.4 GAMMA SERVİS ZAMANLI MODELLER

Kuyruk literatüründe poisson gelişli tüm kuyruk sistemlerinin üstel dağılıma uyacağı söylenemez. Sisteme gelişlerin poisson dağıldığı ancak servis süresinin üstel dağılmadığı sistemlerde modelin kurulması konusunda Erlang Gamma dağılımı önerilmiştir. Aslında üstel dağılım gamma dağılımın özel bir biçimidir. Çünkü gamma dağılımı k parametresine göre şekillenen bir dağılım bütünüdür. $k = 1$ ise dağılım üstel dağılım aynı şekilde $k = \infty$ olduğunda ise sabit dağılım gösterir. Bu sebeple k parametresine göre şekillenen servis süresinin gamma dağıldığı, poisson gelişli sistemler gamma servis zamanlı modeller ile incelenebilir. Sistemde tek servis biriminin olduğu durumda $M/E_k/1 : (GD)$ şeklinde gösterilir. Bu model üstel dağılımlı $M/M/1$

modelinin değerlerinin $\frac{k+1}{2k}$ ile çarpımıdır.⁵⁰

Sistem uzunluğu (L_s) ;

$$L_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} \cdot \frac{k+1}{2k}$$

Sistemde bekleme süresi (W_s) ;

$$W_s = \frac{1}{\mu - \lambda} \cdot \frac{k+1}{2k}$$

$k = 1$ olduğunda $M/E_k/1$ modeli ile $M/M/1$ modeli değerleri birbirine eşittir. Dolayısıyla gamma ve üstel dağılım arasındaki ilişki doğrulanmaktadır.

⁵⁰ Hüseyin Şimşek, Kuyruk Teorisinin İstanbul Boğazı Tanker ve Gemi geçişleri ile Haydarpaşa Limanı Konteyner Terminaline Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi FBE, 2004, s.13

Gamma servis zamanlı modeller servis kanalı açısından önemli esneklikler sağlamaktadır. $M / M / 1$ modeli tek tek, $M / M / c$ modeli ise paralel çok kanallı sistemlerde uygulanabilir. Birbirini tamamlayıcı farklı hizmetler sunan seri servis kanalları bu modellerde uygulanamaz. Gamma dağılımı k parametresine göre farklı değerler alabilen, ortalamaları $1/\mu_k$ olan üstel dağılımların toplamıdır. Bunun için $M / E_k / 1$ modeli k sayıda seri servis kanallı sistemlere uygulanabilir. Fakat önemli nokta k sayıdaki seri kanalda sunulan servis dağılımları üstel olmalıdır.

2.5 SELF SERVİS MODELİ

Bu özel modelde, servis hizmeti verenlerin sayısı sınırsızdır, çünkü müşteri aynı anda hizmet veren birimdir. $(M/M/\infty) : (GD/\infty/\infty)$ şeklinde de gösterilen self servis modelinde geliş hızı λ ve servis hizmet hızı μ sabit kabul edilir.⁵¹

$$\begin{aligned}\lambda_n &= \lambda & n &= 0, 1, 2, \dots \\ \mu_n &= n\mu & n &= 0, 1, 2, \dots \\ P_n &= \frac{\lambda^n}{n! \mu^n} P_0 = \frac{\rho^n}{n!} P_0 & n &= 0, 1, 2, \dots \\ \sum_{n=0}^{\infty} P_n &= 1 & \text{olduğundan} \\ \rho_n &= \frac{1}{1 + \rho + \frac{\rho^2}{2!} + \dots} = \frac{1}{e^\rho} = e^{-\rho}\end{aligned}$$

bulunur.

Sonuçta elde edilen;

$$P_n = \frac{e^{-\rho} \rho^n}{n!} \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

⁵¹ Taha, s.643

Ortalaması $L_s = \rho$ olan poisson dağılımıdır. Self servis modelinde $L_q = W_q = 0$ 'dır.

2.6 MAKİNE HİZMET VERME MODELİ

K tane makinesi olan bir fabrika bu modelin geçerli olduğu bir sistemdir. Makinelerin her birinin arızasında, R sayıdaki tamircilerden herhangi birinden yardım istenmektedir. Her makine için arıza oranı, birim zamanda λ sayıda arızadır. Tamirci, arızalı makineyi, birim zamanda μ sayıda makineye hizmet verecek hızda onarmaktadır. Makine arızalarının ve hizmetlerinin poisson dağılımına uyduğu kabul edilmiştir. (M / M/ R) : (GD / K / K), $R < K$ şeklinde de gösterilen modelin diğer tüm modellerden farkı, kaynağın, çıkardığı birim sayısının kısıtlı yani sonlu olmasıdır. Fabrikadaki tüm makinelerin arızalı olması halinde servis hizmeti talebi olmayacaktır. Aslında, sadece işleyen makineler arızalanabilir ve dolayısıyla hizmet talep edebilir. Fabrikanın tümü için arıza oranı, çalışan makinelerin sayısı ile doğru orantılıdır. Yani sistemde n makine bulunması, n makinenin arızalı olduğunu gösterir. Fabrika için arıza oranı şöyledir;⁵²

$$\lambda_n = (K - n)\lambda \quad 0 \leq n \leq K$$

$$\lambda_n = \begin{cases} (K - n)\lambda, & 0 \leq n \leq K \\ 0, & n \geq K \end{cases}$$

$$\mu_n = \begin{cases} n\mu, & 0 \leq n \leq K \\ R\mu, & R \leq n \leq K \\ 0, & n \geq K \end{cases}$$

⁵² Taha, s.645

$$P_n = \begin{cases} \binom{K}{n} \rho^n P_0, & 0 \leq n \leq R \\ \binom{K}{n} \frac{n! \rho^n}{R! R^{n-R}} P_0, & R \leq n \leq K \end{cases}$$

$$P_0 = \left\{ \sum_{n=0}^R \binom{K}{n} \rho^n + \sum_{n=R+1}^K \binom{K}{n} \frac{n! \rho^n}{R! R^{n-R}} \right\}^{-1}$$

Makine hizmet verme modelinde L_s , L_q , W_q , W_s için kapalı bir form elde etmek zordur. Sistem uzunluğu L_s için aşağıdaki temel tanım kullanılabilir.

$$L_s = \sum_{n=0}^K n P_n$$

2.7 POLLACZEK –KHINTCHINE (P-K) FORMÜLÜ

Kuyruk teorisinde sisteme geliş ve gidişlerin poisson dağılımına uymadığı kuyruk modelleri oldukça karmaşıktır. Böyle durumların analizinde simülasyon teknikleri alternatif bir çözüm aracıdır. Poisson dağılımına uymayan ancak analitik sonuçların mevcut olduğu bir kuyruk modeli ele alalım. Bu model, hizmet süresi t , ortalaması $E\{t\}$ ve varyansı $var\{t\}$ olan herhangi bir olasılık dağılımına temsil edilmektedir. Modelin sonuçları, L_s , L_q , W_s ve W_q temel performans ölçütlerini içermektedir. Model analitik uyumsuzluk yüzünden P_n için kapalı bir form ifadesi vermemektedir. Bir servis biriminin bulunduğu kuyruk sistemine geliş oranı λ olsun. Servis hizmet süresi dağılımında $E\{t\}$ ve $var\{t\}$ verilmişken ve $\lambda E\{t\} < 1$ iken, karmaşık olasılık Morkov zinciri analizi kullanılarak aşağıdaki ifade gösterilebilir.⁵³

⁵³ F.Pollaczek, Concerning An Analitic Method For The Treatment Of Queueing Problems, University Of North Carolina, Chappel Hill, 1964, s.42

$$L_s = \lambda E\{t\} + \frac{\lambda^2 E^2\{t\} + \text{var}\{t\}}{2(1 - \lambda E\{t\})}, \quad \lambda E\{t\} < 1$$

2.8 KUYRUK KARAR MODELLERİ

Bir kuyruk sistemindeki servis hizmet düzeyi, servis hizmet oranının ve aynı hizmeti veren servis birimi sayısının (c) bir fonksiyonudur. Kuyruk sistemleri için en uygun servis hizmet düzeylerinin belirlenebilmesi için iki karar modeli analiz edecektir. Bu kuyruk karar modellerinden biri maliyet modeli ikincisi istek düzeyi modelidir. Her iki modelde servis hizmet düzeylerini dikkate alır. Çünkü daha yüksek hizmet düzeyinin kuyruk sisteminde bekleme süresini azalttığını veri olarak kabul etmektedirler. Hem maliyet modeli hemde istek düzeyi modeli birbiriyle ters orantılı olan hizmet düzeyi ve bekleme faktörleri arasında dengeyi sağlamak amacıyla performans ölçütlerinden yararlanmaktadır.⁵⁴

2.8.1 MALİYET MODELLERİ

Maliyet modelleri birbiriyle ters orantılı olan iki maliyeti dengelemeye çalışır. Bunlar servis maliyeti ve müşterilerin bekleme maliyetidir. Servis birim sayısının artırılması müşterinin kuyrukta bekleme süresini azaltacaktır.⁵⁵ Buda bekleme maliyetinin azalması demektir. Bu iki maliyet birbiriyle çelişmektedir.

X = hizmet düzeyi (μ yada c)

Maliyet modeli şöyle ifade edilir.

$$ETC(x) = EOC(x) + EWC(x)$$

ETC = Birim zamanda beklenen toplam maliyet

EOC = Birim zamanda işletmenin beklenen maliyeti

EWC = Birim zamanda beklemenin beklenen maliyeti

⁵⁴ Taha, s. 651-653

⁵⁵ Timor,, s.434

İşletmenin beklenen maliyeti (EOC) ve beklemenin maliyeti (EWC)’nın en basit şekilleri aşağıda doğrusal fonksiyonlar şeklinde verilmiştir.

$$EOC(x) = C_1x$$

$$EWC(x) = C_2L_s$$

C_1 = Birim zamanda birim x için marjinal maliyet

C_2 = Bekleyen her müşteri için birim zamanda bekleme maliyeti

2.8.2 İSTEK DÜZEYİ MODELİ

Maliyet modelinin uygulanabilirliği, maliyet parametrelerinin iyi hesaplanmasına bağlıdır. Bu parametreleri özellikle de müşterinin bekleme süresiyle ilgili parametreleri hesaplamak genellikle zordur. İstek düzeyi modeli, kuyruk sistemi performans ölçütlerini doğrudan analiz ederek bu zorluğu hafifletebilme amacındadır.

Bu analiz, ters orantılı performans ölçütleri için mantıklı sınırlar tanımlayarak servis hizmet düzeyi (μ yada c) için kabul edilebilir bir aralık belirlemektir. Böyle sınırlar, karar verici için ulaşılmak istenen “istek düzeyleri” dir. Bu işlemi, çok kanallı bir kuyruk modeli için uygularsak öncelikle “kabul edilebilir” bir servis birim sayısı (c^*) belirlenmelidir. Aşağıdaki iki performans ölçüsünü dikkate almaktayız.

1. Sistemdeki bekleme süresi (W_s)

2. Servis birimlerinin boş kalma yüzdesi (X)

Sistemdeki bekleme süresi (W_s) değeri, ($M / M / c$) modeli için TORA bilgisayar programı kullanılarak hesaplanabilir. Servis birimlerinin boş kalma yüzdesi şöyle hesaplanır: ⁵⁶

$$X = \frac{c - \bar{c}}{c} \cdot 100 = \frac{c - (L_s - L_q)}{c} \cdot 100$$

⁵⁶ Taha, s.655

$\bar{c}$ = ortalama dolu hizmet veren sayısı

λ_{eff} = Sistemdeki etkin geliş hızıdır. Tüm müşterilerin sisteme katılması durumunda (nominal) geliş hızı λ 'ya eşittir.

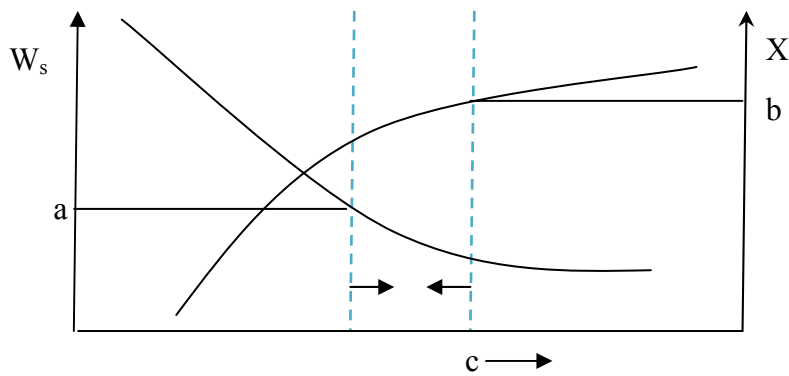
$$\bar{c} = \frac{\lambda_{eff}}{\mu}$$

$$X = \left(1 - \frac{\lambda_{eff}}{c\mu}\right) \cdot 100$$

Problem, hizmet veren (c^*) sayısını belirlemeye indirgenmektedir.

$$W_s \leq a \quad \text{ve} \quad X \leq b$$

Burada a ve b karar verici tarafından tanımlanan istek düzeyleridir. Aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi W_s ve X 'i c 'nin fonksiyonu olarak elde edebiliriz. Şekilde a ve b'nin yerini belirleyerek c^* için kabul edilebilir bir aralık bulunabilir. İki koşul aynı anda gerçekleşmiyor ise, bir yada her ikisinde anlamlı aralık belirleninceye kadar serbest bırakılır.



Şekil 7 : İstek Düzeyi Modeli

BÖLÜM 3 UYGULAMA

3.1 TÜRKİYE’DE BANKACILIK SEKTÖRÜ

Finansal piyasalar son yıllarda önemli gelişmeler göstermektedir. Finansal piyasa yada mali sistem ekonominin içindeki mali araçlar, mali aracılar ve mali piyasalardan oluşur. Bankacılık sektörü finansal sistemin temel unsurlarından biridir. Bankacılık sektörü ödemeler sistemini kullanarak tasarrufların yatırıma dönüştürülmesinde kaynak aktarımına aracılık eden bir sektördür.⁵⁷

Türk bankacılık sektörü finansal ve kurumsal yapısı itibari ile önemli bir seviyeye ulaşmıştır. Her geçen gün yeni finansal araçlar geliştirilmekte ve sektörde işlem hacimleri artmaktadır. Bu olumlu gelişmelere rağmen, Türk bankacılık sektörünün gelişmesini etkileyen olumsuzluklarında bulunduğu bir gerçektir. Bilindiği gibi 2001 Türk bankacılık sektörü tarihinin en büyük krizini yaşamış ve 2002’de de devam eden ağır ve şiddetli bir süreçten geçmiştir. Bu krizin etkileri ve sonuçları bugün dahi etkisini göstermektedir. 2001 yılında yaşanan kriz sonrasında Türk bankacılık sektörü %76 zarar etmiş ve 50 milyon dolara yakın özkaynağını kaybetmiştir. 84 olan banka sayısı 54’e düşmüştür. 50 bin bankacı işsiz kalmış ve 600’e yakın banka şubesi kapanmıştır. Bankacılık sektöründe görülen böyle büyük riskler her ülkede, her zaman yaşanabilir. Finansal piyasalar var oldukça, risk kavramı varlığını sürdürecektir. Önemli olan piyasada oluşabilecek risklerin, sektörü en az etkileyecek şekilde risk yönetiminin bilinmesi ve uygulanmasıdır.

3.1.1 BANKACILIK SEKTÖRÜNÜN SORUNLARI

1980 yılı sonrasında uygulamaya alınan reform politikaları sonrasında Türk bankacılık sektörünün karşılaştığı başlıca tem sorunlar; ekonomik istikrarsızlık, yüksek kaynak maliyeti, teknolojiye hızlı gelişmeler, özkaynak yetersizliği ve haksız rekabet koşulları şeklinde sıralanabilir.⁵⁸

⁵⁷ Oğuz Yıldırım, Türk Bankacılık Sektörünün Temel Sorunları ve Sektörde Yaşanan Mali Riskler, <http://www.econturk.org/turkiyeekonomisi/oguzbanka.doc> (1 ağustos 2007)

⁵⁸ İlker Parasız, Para, Banka ve Finansal Piyasalar, 7. Basım, İstanbul : Ezgi Kitabevi Yayınları, 2000, s.125

- Ekonomik İstikrarsızlık ; Türk bankacılık sektörü, 1980 yılında uygulanan istikrar politikaları sonucunda, yeni bir döneme girmiş ve önemli gelişmeler göstermiştir. Sektördeki hızlı büyümenin getirdiği sorunların başında yüksek enflasyon neden olduğu ekonomik istikrarsızlık gelmektedir.

Yüksek enflasyon hakim olduğu ortamda bankacılık işlemleri normal duruma göre daha farklı olmaktadır. Bankalar bir yandan enflasyonun zararlı etkilerinden kaçınma çabasında, diğer yandan ise belirsizliklerle mücadele için risk yönetimini yeniden gözden geçirmektedirler. Daha da önemlisi “Crowding-out” olarak da bilinen “Dışlama Etkisi”ne neden olan kamu borçlanması devam ettiği müddetçe, bankalar en basit yatırım aracı olan kamu sektörüne yönelmektedir. Bu durumda bankaların en temel görevleri olan kaynakların etkin dağılımı için gereken fonlara aracılık etme görevinden uzaklaşmalarına neden olmaktadır.⁵⁹

Enflasyonun yüksek olduğu dönemlerde, bankaların nominal olarak artmış görünen karları, reel olarak azalmakta ve bunun sonucunda da öz kaynaklarının reel büyüklüğü düşmektedir. Ayrıca oluşan bu olumsuz makroekonomik koşullar, bankaların kaynak maliyetlerini ve işletme giderlerini arttırmakta, sonuçta kredi faizleri artmakta buda piyasaya yönelik düşük riskli plasman olanaklarını daraltmaktadır.

- Yüksek Kaynak Maliyeti; Ticaret bankalarının fon kaynaklarının en önemlisi, topladıkları mevduatlardır. Bankacılık sektöründe mevduatlardır. Bankacılık sektöründe mevduata uygulanan faiz oranları enflasyon oranları ile kaçınılmaz bir yakın ilişki içindedir. 1980’li yıllardan itibaren faizlerin serbest bırakılmasıyla, faizler enflasyona paralel bir seyir izlemiştir. Mevduat denildiğinde vadeli mevduat akla gelmiş yani mevduat vadeli lehine gelişmiştir. Bunun sonucunda mevduatın maliyeti önemli ölçüde artmıştır.⁶⁰

⁵⁹ Gazi Erçel, Konuşmalar- 1999, Türk Bankacılık Sistemi, TCMB, Ankara: 2000

⁶⁰ Parasız, s. 126-127

Ayrıca Banka ve Sigorta Muameleleri Vergisi, diğer giderler, Kaynak Kullanım Destekleme Fonu Primleri, gider vergisi kesintileri kaynak maliyeti yaratan diğer unsurlardır.⁶¹

▪ Teknolojik Gelişmeler : Teknoloji alanında gerçekleşen hızlı gelişmeler sayesinde, bankacılık sektörü hedef ve planlarına uygun şekilde elektronik bankacılığı kullanmaktadır. Bu sayede banka içi planlama, enformasyon ve muhasebe düzenine ilişkin sorunları kısa sürede çözmek için gerekli elektronik olanaklara sahiptirler. Mevcut durumun yanı sıra, gelecekteki karlılık, risk ve likidite durumlarında oluşabilecek değişimleri, elektronik göstergelerden faydalanarak bilinçli bir şekilde takip edebilirler.⁶²

▪ Özkaynakların Yetersizliği : Türk bankacılık sektörünün önemli sorunlarından biri olan özkaynakların yetersiz olmasına sektördeki gerek aktif gerekse sermaye büyüklükleri açısından az sayıda büyük banka buna karşın çok sayıda küçük ölçekli banka bulunmasıdır. Küçük ölçekli bankalar hem toplam aktifleri hem de özsermayeleri açısından yetersizdir. Küçük ölçekli bankaların fon kaynağı sadece Interbank yada uluslararası finansal piyasalardır. Bu nedenle, küçük ölçekli bankaların iç piyasada yada uluslararası piyasalarda rekabet edici gücü yoktur ve birleşmeleri sağlanarak aktif ve sermaye yapılarının güçlendirilmesiyle özkaynaklarının artması mümkün olabilir.⁶³

▪ Haksız Rekabet Koşulları ; Bankacılık sektörü son yıllarda sadece kendi içinde değil, bankacılık sektörü dışı kurumlardan gelen çok ciddi bir rekabet ortamı içinde varlığını sürdürme çabası içindedir. Finansal süper marketler, aracı kurumlar, sigorta şirketleri, emekli sandıkları, büyük otomobil ve diğer dayanıklı tüketim malları üreticileri, daha önce sadece ticari bankalarca geniş tüketici kitlelerine sunulan hizmet alanlarına girerek finansal sektörde bankalarla rekabete girmişlerdir. Türkiye’de de

⁶¹ A. Çiğdem Önal ,Ticari Banka Yönetimi ve Türk Ticari Bankalarının Yönetim Sorunları,Yükseklisans Tezi,Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü,1994,s.16

⁶² Niyazi Berk, Avrupa Topluluğuna Tam Üyelik Açısından Türk Bankacılık Sisteminin Uyum Gereksinimleri, 2. Basım, İstanbul : İTÜ, 1998, s. 10-11

⁶³ Parasız, s. 128

özellikle dayanıklı tüketip üretilen pazarlayan büyük kuruluşlar, kendi finans şirketleri kanalıyla, tüketici kredilerinde, bankalara rakip olmuşlardır.⁶⁴

Rekabet ortamında fiyat önemli bir etkidir. Ancak günümüz rekabet koşullarında bankaların gücünü belirleyen tek etken fiyat değildir. Malın hizmet olduğu bankacılık sektöründe hizmetin müşterilere ne şekilde sunulduğu çok önemlidir. Bu nedenle bankaların rekabet edebilmeleri için sundukları hizmetlerde müşteri odaklı olmalarına eskiye oranla daha fazla önem vermeleri gerekir. Hizmet kalitesi, hizmetin çeşitliliği, hizmetin sunumu, reklam, teknolojik gelişmeleri takip edebilme vb bütün bunlar rekabet gücünü etkilemektedir.

3.1.2 BANKACILIK SEKTÖRÜNDEKİ YABANCI PAYI

Uluslararası bankacılık faaliyetleri, 1950'li yıllardan itibaren uluslar arası ticaret akımlarının ve doğrudan yatırım faaliyetlerinin artmasına bağlı olarak önemli ölçüde büyümüştür. Yabancı sermaye hareketlerini etkileyen başlıca faktörler: yabancı bankaların faaliyetlerine izin verilmesi, serbestleşme politikaları, bankacılık krizleri, banka sisteminin yeniden yapılandırılması ve uluslar arası ekonomik işbirliğine artan katılım ve teknolojik yeniliklerdir. 1990'lı yıllarda birçok ülkede uygulanmakta olan serbestleşme politikaları ile yabancı bankaların şube açmalarına ve banka kurmalarına izin veren düzenlemeler gelişmekte olan ülkelerde yaşanan bankacılık krizleri, uluslar arası sermaye akımları vb gelişmeler özellikle gelişmekte olan ülkelerde yabancı payının önemli derecede artmasına yol açmıştır.⁶⁵

Türkiye'de özellikle liberalizasyon sürecinden sonra yabancı banka girişleri artmıştır. 1989 yılında sermaye hareketlerinin serbestleştirilmesi ve uluslar arası ticaretin artması etkili olmuştur. 1980 yılında 4 olan yabancı sermayeli banka sayısı 2000 yılı sonunda 21, 2004 yılı sonunda ise 15 olmuştur. Şu anda, Türkiye'de bulunan yabancı sermayeli banka sayısı 26'dır. 2007 yılı Ağustos ayı itibari ile Türkiye'deki bankaların sayısı şöyledir.

⁶⁴ Yıldırım, s.4

⁶⁵ TBB, Türkiye'de Yabancı Bankalar, 2005 <http://www.tbb.org.tr/turkce/dergi/dergi52/1-yabancibankalar.pdf> (18 Ağustos 2007)

A- MEVDUAT BANKALARI

1- KAMUSAL SERMAYELİ MEVDUAT BANKALARI

- o Türkiye Cumhuriyeti Ziraat Bankası A.Ş.
- o Türkiye Halk Bankası
- o Türkiye Vakıflar Bankası T.A.O.

2- ÖZEL SERMAYELİ MEVDUAT BANKALARI

- o Adabank A.Ş.
- o Akbank T.A.Ş.
- o Alternatif Bank A.Ş.
- o Anadolu Bank A.Ş.
- o Oyak Bank A.Ş.
- o Şekerbank T. A.Ş.
- o Tekstil Bank A.Ş.
- o Turkish Bank A.Ş.
- o Türk Ekonomi Bankası A.Ş.
- o Türkiye Garanti Bankası A.Ş.
- o Türkiye İş Bankası A.Ş.
- o Yakı ve Kredi Bankası A.Ş.

3- TASARRUF MEVDUATI SİGORTA FONUNA DEVREDİLEN BANKALAR

- o Birleşik Fon Bankası A.Ş.

4- YABANCI BANKALAR

4-1 Türkiye’de Kurulmuş Yabancı Bankalar

- o Arap Türk Bankası A.Ş.
- o Citibank A.Ş.
- o Denizbank A.Ş.
- o Deutsche Bank A.Ş.
- o Finans Bank A.Ş.
- o Fortis Bank A.Ş.
- o HSBC Bank A.Ş.
- o Millennium Bank A.Ş.
- o Tekfenbank A.Ş.
- o Turkland Bank A.Ş.

4-2 Türkiyede Şube Açan Yabancı Bankalar

- o ABN AMBRO Bank N.V.
- o Banca di Roma S.P.A.
- o Bank Mellat
- o Habib Bank Limited
- o JP Morgan Chase Bank N.A.

- o Soci t  G n rale (SA)
- o WestLB AG

B- KALKINMA VE YATIRIM BANKALARI

1- KAMUSAL SERMAYEL  KALKINMA VE YATIRIM BANKALARI

- o  ller Bankası
- o Türk Eximbank
- o Türkiye Kalkınma Bankası A. .

2- ÖZEL SERMAYEL  KALKINMA VE YATIRMA BANKALARI

- o  alık Yatırım Bankası A. .
- o Diler Yatırım Bankası A. .
- o GSD Yatırım Bankası A. .
- o  MKB Takas ve Saklama Bankası A. .
- o Nural Yatırım Bankası A. .
- o Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A. .

3- YABANCI SERMAYEL  KALKINMA VE YATIRIM BANKALARI

- o Bank Pozitif Kredi ve Kalkınma Bankası A. .
- o Calyon Bank Türk A. .
- o Merrill Lynch Yatırım Bank A. .
- o Taib Yatırım Bank A. .

Yabancı sermayeli bankaların sektör payları incelendiğinde AB'nın gelişmekte olan ölkelerinde yabancı bankaların sektörün yüzde 50'sini oluşturduğu görülmektedir.  ek Cumhuriyeti'nde sektörde yabancı banka payı yüzde 80, Macaristan'da yüzde 70, Polonya'da yüzde 60'ın üzerindedir. Bu oran Latin Amerika  lkelerinden Arjantin'de yüzde 50, Brezilya'da yüzde 30'a yakındır. AB üyesi gelişmiş ülkelerde, AB ve diğer ülkelerden gelen yabancı payı Avusturya'da yüzde 20, Danimarka'da yüzde 17, Fransa'da yüzde 19, Almanya'da yüzde 5, İtalya'da yüzde 8, Hollanda'da yüzde 11, İspanya'da yüzde 10, Yunanistan'da yüzde 20'dir. Bu oranların önemli bir bölümünü AB üyesi ülkelerden gelen bankalar oluşturmaktadır. AB dışı ülkelerden gelen yabancı bankaların payı oldukça düşüktür.

Yatırımcı yabancı bankalar kendi iç pazarlıklarındaki doygunluk ve azalan getiriler sebebiyle Türkiye'ye yönelmişlerdir. Bilindiği  zere Türkiye'de bankacılık özellikle alıcıların bakış açısıyla değerlendirilirse hem büyük hem de gittikçe büyüyecek bir sektördür. Ayrıca Türkiye sanayileşmiş diğer ülkelere kıyasla bakır sayılabilecek pazardır. 2001 krizinden sonra h k metin ve ekonominin istikrara girmesi ayrıca AB'ye giriş çalışmaları ile Türkiye gelişmiş ülkelerdeki yabancı payının aradığı güvenli ve karlı bir Pazar olarak görülmüştür.

Türkiye'de faaliyette bulunan yabancı bankalar sektöre rekabet olanaklarının arttırılması adına önemli katkılarda bulunmuştur. Yabancı sermayeli bankaların arttırdığı rekabet ortamı sayesinde bankacılık sektörü daha şeffaf bir hale gelmiştir. Bu bankalar uluslar arası finansman merkeziyle doğrudan bağlantılı olmaları nedeniyle en son kredi araçlarını ve diğer yabancı bankaların gelişini teşvik etmektedirler.

Artan yabancı sermaye ilgisi sektördeki yoğunlaşma oranını azaltarak fiyat rekabetine sebep olmaktadır. Ülkemizdeki ulusal bankaların yabancı bankalar karşısında rekabet gücünü engelleyen sorunlar, düzenleme ve sınırlandırmalar kaldırılmalıdır. Bankacılık sektörünün yeniden yapılandırılması için sektör üzerindeki vergi ve diğer maliyet unsurlarının ağırlığının azaltılması, halka açılmaların teşvik edilmesi, kamu bankalarının yeniden organize edilmesi gibi istikrarın sağlanması, etkin gözetim ve denetimin gerçekleştirilmesi yönündeki gelişmeler daha fazla yabancı sermayenin ülkemize olan ilgisini arttıracaktır. Bu Türkiye'deki bankaların da istediği bir ortamdır.

3.2 UYGULAMANIN AMACI

Kuyruk sorunu günümüzde özellikle hizmet sektörlerinde sürekli karşılaşılan önemli bir sorundur. Bireysel anlamdaki bu bekleme ve kayıplar birçok sistem içinde geçerlidir. Bu kuyrukları en aza indirerek müşteri memnuniyetini arttırmak tüm bankaların hedefidir. Memnun müşteri oranı ne kadar artarsa o müşterilerin bankaya bağımlı olma oranı artacaktır.

Ürün ve hizmetlerin çeşitliliğinin arttığı ve müşterilerin tercih olasılıklarının çoğaldığı günümüzde müşteri odaklı hizmet çok önemli hale gelmiştir. Hizmet sektöründeki rekabet müşteriye ön plana çıkaran bir noktaya gelmiştir. Müşteri ilişkileri Yönetimi olarak da bilinen CRM (Customer Relationship Management), son yıllarda ,her işletmenin uyguladığı, “ Müşteriye Dair Her Şey ” sloganıyla bütünleşen bir yatırımdır⁶⁶

Genel tanımıyla CRM ; Müşteri memnuniyetini kar maksimizasyonuna dönüştürmek amacı taşıyan, istediği müşteriye ,istediği deneyimi yaşatabilecek bir kurum felsefesi ve bu hedefe ulaşmak için gerekli insan, süreç, teknoloji yapılanmasıdır. CRM ‘in temel unsurlarından insan yani çalışanlar müşterilerin beklentilerini anlayıp, çözümler üretirken; süreç, çalışanların ilettiği müşteri taleplerini hızlı revizyonlar ile müşteri odaklı yapılanmaya dönüştürür. Teknoloji ise müşteri bilgilerinin takip edilmesini sağlayacak işletme içi otomasyonu sağlar. CRM bir takım oyundur ve organizasyonun tüm birimlerinin katılımını gerektirir.⁶⁷

CRM ‘in son dönemde bu kadar önemli olmasının ana sebebi iş dünyasında rekabetin geldiği noktadır. Tarihsel süreç açısından bakıldığında arz ekonomisinin ön planda olduğu olduğu 1950 ‘li yıllarda “ Ne bulursam onu alırım “ yaklaşımı söz konusuydu. Ürün ve hizmet çeşitliliğinin artmaya başladığı 1970 ‘li yıllarda ise genel eğilim “Neyi alabilirsem onu alırım” şeklinde değişti. 1990’ larla birlikte artık “Ne istersem onu alırım” dönemi başladı.

⁶⁶ CRM. [http:// www.microsoft.com/turkiye/dynamic/crm/crm_nedir.msp-29k](http://www.microsoft.com/turkiye/dynamic/crm/crm_nedir.msp-29k)(23 Kasım 2007)

⁶⁷ Müşteri İlişkileri Yönetimi(CRM). [http:// www.kobifinans.com.tr/tr/bilgi_merkezi/020305/14303\(23](http://www.kobifinans.com.tr/tr/bilgi_merkezi/020305/14303(23) Kasım 2007)

CRM ‘in faydaları şöyle sıralanabilir;⁶⁸CRM maliyetlerden tasarruf sağlar,gelirleri artırır ve stratejik etkinin artmasına zemin oluşturur.

CRM;müşterinin pazarda olmanızın olmazsa olmaz koşulundan hareketle müşteriye işin merkezine koymanız; yani müşteri odaklı olmanız, ürününüzü, hizmetinizi, yönetim şeklinizi ve insan kaynağını dahil olmak üzere tüm kaynaklarınızı müşteriye göre düzenlemeniz,aynı zamanda çeşitli yönetim tekniklerinden, yazılımlardan ve teknolojiiden yararlanmanızdır.Bu nedenle işletmeler rakiplerine karşı rekabet avantajını daha iyi müşteri desteği ve yönetimi kısaca CRM ile sağlayabilirler.

Günümüzde kurumlar mevcut müşterilerini rakiplere kaybetmemek için her gün yeni yollar arıyorlar. Yapılan araştırmalar; yeni müşteriye satış yapmanın maliyetinin, eski müşteriye satış yapmaktan beş kat daha pahalıya mal olduğunu göstermektedir.Müşteri bilgisine sahip olmak en büyük öz sermaye olarak şirketlerin varlığını temsil etmektedir. Zaten kurumları farklı hale getiren de müşterilerine davranış biçimi ve onları yönetim biçimi olmaktadır.⁶⁹

Türkiye’de bankacılık büyük bir hızla değişiyor.Rekabet giderek artıyor. Bankalar,değişime ayak uydurabilmek,yeni stratejiler geliştirebilmek ve bunları uygulayabilmek için müşteri odaklı olmanın önemini biliyor ve CRM’i uyguluyorlar.Bu çalışmada da özel bir banka şubesi verileri analiz edilerek müşteri memnuniyetini arttırmak amaçlanmıştır.Şubedeki Nakit Yönetimi bünyesindeki gişe asistanları değerlendirilmiştir.Q-Matic programı yardımıyla nisan,mayıs ve haziran aylarında her gün birer saat olmak üzere üç aylık veriler alınmış ve ilgili veriler Ek-3’te sunulmuştur.Verilerde müşterinin servis birimine geliş zamanı ve işlem süresi ayrıntılı olarak belirtilmektedir.En çok müşteri ve en az bekleme süresi ile müşteri memnuniyetinden ve fark yaratan kaliteli hizmet politikasından ödün vermemek amacıyla Win QSB programı yardımıyla optimum gişe asistanı sayısının belirlenmesi amaçlanmıştır.

⁶⁸ Abdullah Bozgeyik, Rekabet Avantajı için Müşteri İlişkileri Yönetimi,1.Basım,İstanbul,Hayat Yayınları,2005, s.42

⁶⁹ Tayfun Türkalp, Sadık Müşteri Karlılığı , <http://www.danismend.com/konular/yeniekonomi/yeni%20eko-sadik%20musteri%20karliligi.htm>

3.3 UYGULAMA YAPILAN ŞUBENİN TANITIMI

Uygulama özel bir banka şubesi baz alınarak gerçekleştirilmiştir. Söz konusu şube İstanbul Bölge hinterlandında belirlenen, bölge karlılık hedeflerinin gerçekleştirilmesinde öncü şubelerden biridir.

Seçilen şubedeki müşteri portföyü üstgelir, normal gelir ve küçük işletme grubundan oluşmaktadır. Üst gelir grubunda 706, normal gelir grubunda 9804 ve KOBİ olarak da adlandırılan küçük işletme grubunda 626 olmak üzere toplam 11136 müşterisi bulunmaktadır.

Değerlendirmenin yapıldığı şubede 14 personel hizmet vermektedir. Şubenin norm-fiili kadrolarında bir eksiklik olmayıp tam kapasite ile çalışmaktadır. Uygulama gereği şubedeki Nakit Yetkililiği bünyesindeki gişe asistanları değerlendirme kapsamındadır. Mevcut durumda şubede dört gişe asistanı çalışmaktadır.

Uygulamaya konu olan veriler, banka müşterisinin gişe asistanları tarafından hizmet almasını sağlayan Q-Matic (Queue Management Systems) programı yardımıyla toplanmıştır. Nisan, Mayıs ve Haziran ayları boyunca her gün rassal olarak seçilen birer saatlik veriler alınmış ve incelenmiştir.

Şubeye hizmet almak için gelen müşteriler Q-Matic cihazından sıra numarası olarak kuyruğa katılırlar. Tüm müşteriler Q-Matic cihazından banka kartlarını kullanarak yada kartsız olarak bilet alabilmektedirler. Banka kartına sahip müşterilerin öncelikli sıra numarası alma hakkı göz ardı edilmiştir. Müşterilerin önceliklendirilmeyip şubeye geliş sırasına göre hizmet aldıkları kabul edilir. Şubedeki işlem süresi hedefi 2.5 dakikadır.

Müşterilerin bankaya gelişleri tamamen rastgeledir. Şubeye gelebilecek müşteri sayısı sonsuzdur yani geliş kaynağı sınırsızdır. Hizmet almak için kuyruğa ilk katılan ilk olarak servis görür. Kuyruk disiplini ilk giren - ilk çıkar kuralına uygundur. Her biri aynı hizmeti sunan yani paralel hizmet veren çok kanallı servis birimleri söz konusudur. Müşterilerin şubeye gelişleri, ortalama geliş hızı λ olan poisson dağılımlı, servis sürelerinin ise μ parametrelili üstel dağılımlı olduğu kabul edilir.

3.4 ŞUBEDEKİ MEVCUT DURUMUN İNCELENMESİ

Şubede mevcut durumda dört gişe asistanı görev yapmaktadır. Gişe asistanları görev tanımlarında bulunan aynı hizmetleri sunmaktadır. Gişede sunulan hizmetler; nakit işlemleri (para yatırma, para çekme, havale, virman), fatura ödemeleri, senet ödemeleri, yatırım fonu işlemleri, eft işlemleri, hesap açılış işlemleri gibi çok sayıda işlemi kapsamaktadır. Genel gişe işlemlerinin her biri farklı süreler almaktadır. Örneğin nakit işlemleri kısa sürede bitebilirken yatırım fonu işlemleri daha uzun süre alabilir. Gişe asistanları mevcut müşterilerine hizmet verirken kuyrukta işlem görmek için sırasını bekleyen müşteriler beklemekten sıkılıp şikayet etmektedirler. Dört gişenin hizmet verdiği mevcut durumda çok sayıda müşteri şikayeti söz konusudur.

Rekabet koşullarının işlediği bankacılık sektöründe müşteri memnuniyeti oldukça önemlidir. Malın hizmet olduğu bankacılık sektöründe, sunulan hizmetin müşteriyi memnun edip etmediğinin bilinmesi önemli bir noktadır. Memnun müşteri oranı ne kadar artarsa o müşterilerin bankaya bağımlı olması o oranda artacaktır. Böylece memnun müşteri ilerleyen dönemlerde banka ile çalışmaya devam edecek ve sürekli kazanç sağlayacaktır. Bankalar sektörde hayatta kalabilmek ve rekabet edebilmek için müşteri odaklı olma anlayışına daha fazla özen göstermeye başlamışlardır. Bu sebeple, bankaların müşteri memnuniyetini gözlemleyerek memnuniyetsizliğin ortaya çıktığı hizmetlerde iyileştirmelere gitmeleri bir zorunluluk haline gelmektedir.

Banka yönetimi müşteri memnuniyetinden ve kaliteli hizmet politikasından ödün vermek istememektedir. Bu sebeple müşterilerin şikâyetlerini ortadan kaldırmayı amaçlamaktadır. Hizmet almak için gelen müşterilerin bekleme sürelerini en aza indirmek yani şube açısından bekleme maliyetlerini azaltabilmek doğru orantılı olarak müşteri şikâyetlerini de azaltacaktır.

Şubenin hedefleri arasında müşteri portföyünü genişletmek yani hizmet alan müşteri sayısını arttırmak ilk sıralarda yer almaktadır. Bu sebeple şubeye gelen potansiyel müşterilerin beklemekten sıkılıp, işlem yaptırmadan gitme ihtimalleri en aza indirilmek istenmektedir. Kuyrukta hizmet almak için bekleyen, işlemlerini bir an önce

gerçekleştirmek isteyen müşteriler fazla beklediklerinde psikolojik bir tedirginliğe girip diğeri müşterileri de rahatsız edecek huzursuzluklar yaratabilirler. Şube, müşterilerin hemen kurtulmak istedikleri bir kaos ortamına dönebilir. Sonuçta şube potansiyel müşteri kazanmak yerine mevcut aktif müşterilerini de kaybedebilir. Bu nedenle memnun müşteriler yaratmak önemlidir çünkü memnun müşteri bağımlı müşteri anlamına gelir.

Banka yönetimi bir yandan müşteri odaklı çalışıp memnun müşteri oranını arttırmak isterken, öte yandan müşterilere hizmet veren gişe personeli sayısını da düşönmek zorundadır. Fazla sayıda personel istihdam etmek bankaya ek servis maliyetleri getirecektir. Banka müşterilerine daha iyi hizmet sunabilmek için, servis süresini hızlandıracak ek personel istihdam etmelidir. Bu banka açısından ek servis maliyeti doğururken hizmet hızını arttıracaktır. Bu nedenle yönetim servis maliyetlerinin düşöün olmasını isterken bekleme süresini kısaltmak ve hizmet kalitesini yükseltmeyi amaçlamaktadır. Böylece ortaya bankanın yararları ile müşterilerin yararlarını kesiştiren ekonomik dengeye ulaşma sorunu çıkar bu sorun da Kuyruk Teorisi ile çözümlenir.

3.4.1 MEVCUT DURUM İÇİN MODELİN ÖRNEK UYGULAMASI

İncelenecek mevcut durumda 4 gişe asistanı istihdam edilmektedir. Şubede çok kanallı kuyruk sistemi söz konusudur. Q-Matic programı yardımı ile Nisan ayı baz alınarak veriler alınmıştır. Yapılan uygulamada iş günü dikkate alındığında nisan ayı boyunca 20 iş günü içerisinde her gün rassal olarak seçilen birer saatlik veriler toplanmıştır. Nisan ayı içerisinde 20.04.07, 16.04.07, 24.04.07 ve 30.04.07 tarihleri tatil dönüşlerine denk geldiğı için yoğunluk fazladır. Veriler incelendiğinde nisan ayı içerisinde müşterilerin bankaya gelişleri rastgele ve saatte ortalama 40,2 kişidir. Müşterilere hizmet veren gişe asistanlarının her birinin bir müşteriye verdikleri hizmet süresi ortalama 3,56 dakikadır. Bu da hedeflenen işlem süresinin üzerinde bir süredir.

Servis birim sayısı = c = 4

$\lambda = 40,2$ müşteri / saat

$\mu = 60 / 3,56 = 16,85$ müşteri / saat

Servis birim sayısı = c = 4

$\lambda = 40,2$ müşteri / saat

$\mu = 60 / 3,56 = 16,85$ müşteri / saat

Sistem kullanım faktörü (ρ) ;

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{40,2}{16,85} = 2,38 < c = 4$$

Sistemin boş kalma olasılığı (P_0) ;

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{c-1} \frac{1}{n!} \rho^n + \frac{\rho^c}{c!(1-\rho/c)}}$$

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{c-1} \frac{1}{n!} (2,38)^n + \frac{(2,38)^4}{4!(1-\frac{2,38}{4})}}$$

$$P_0 = \frac{1}{\frac{1}{0!} (2,38)^0 + \frac{1}{1!} (2,38)^1 + \frac{1}{2!} (2,38)^2 + \frac{1}{3!} (2,38)^3 + 3,3449}$$

$$P_0 = \frac{1}{1 + 2,38 + 2,8459 + 2,2632 + 3,3449}$$

$$P_0 = \frac{1}{11,834} = 0,0845 = \%8,45$$

Kuyruk Uzunluğu (L_q);

$$L_q = \frac{40,2 \cdot 16,85 (40,2 / 16,85)^4}{(4-1)! (4 \cdot 16,85 - 40,2)^2} \cdot 0,0845$$
$$L_q = \frac{21944,746}{4439,04} \cdot 0,0845$$
$$L_q = 0,417$$

Sistem Uzunluğu (L_s) ;

$$L_s = L_q + \rho$$
$$L_s = 0,417 + 2,38 = 2,80$$

Kuyrukta Bekleme Süresi (W_q) ;

$$W_q = L_q / \lambda$$
$$W_q = 0,417 / 40,2 = 0,010 \text{ saat}$$

Sistemde bekleme süresi (W_s);

$$W_s = W_q + 1/\mu$$
$$W_s = 0,010 + 1/16,85 = 0,0697 \text{ saat}$$

3.4.2 Mevcut Durum İçin Oluşan Maliyet Değerleri

Nisan ayı boyunca şubenin toplam gider kalemleri Ek 1’de verilmiş olup 21 910 YTL’ dir. Şube çalışma saatleri her gün 9:00 – 17:00 olmak üzere toplam 8 saattir. Nisan ayı içerisinde şube 20 iş günü açık olduğundan şubenin günlük maliyeti 1095,5 YTL/gün olarak hesaplanır.

Şubenin aylık maliyeti : 21 910 YTL

Şubenin günlük maliyeti : 1095,5 YTL

Şubenin 1 saatlik maliyeti : 136,9 YTL

Gişe asistanlarının her birinin aldığı aylık net ücret 853 YTL' dir. Bu aynı zamanda servis maliyeti olup günlük ve saatlik ücretleri aşağıdaki gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

Günlük servis maliyeti : 42,65 YTL

1 saatlik servis maliyeti : 5,33 YTL

Dört servis biriminin toplam maliyeti: 21,32 YTL

Servis birimlerinin saatte boş kalma olasılığı 0,0845'dir. Bu servis birimlerinin saatte 5,07 dk aylak kalmaları anlamına gelir. Dört gişe servis biriminin 1 saatlik servis maliyeti 21,32 YTL olduğuna göre, servis birimlerinin 1 saatlik boş kalma maliyeti toplam 1,8 YTL olarak hesaplanır.

Müşteri memnuniyetsizliğine sebep olan bekleme, ayrıca bir maliyet unsurudur ve şöyle hesaplanır:

Toplam Maliyet = Servis Maliyeti + Bekleme Maliyeti

Bekleme Maliyeti = Toplam Maliyet / Servis Maliyeti

Bekleme Maliyeti = 136,9 / 21,32 = 6,42 YTL/saat

Şube içinde servis hizmeti almak için bekleyen ve şikayette bulunan müşterilerin maliyeti 6,42 YTL/saattir. Mevcut durumda çalışan dört gişe asistanının hesaplanan servis maliyeti 5,33 YTL/saat'in bekleme maliyetinde daha düşük kaldığı görülmektedir. Maliyet değerlerine bakıldığında servis hızını arttırmak ve beklemekten sıkılan müşterilerin memnuniyetsizliğini ortadan kaldırmak için ek bir servis biriminin daha istihdam edilmesi mümkün görünmektedir. Böylelikle servis hızını arttırarak hedeflenen 2,5 dakikalık servis süresine yakınlabilir.

Sistemin performansı hakkında daha detaylı bilgi sahibi olabilmek için farklı servis birim sayılarında sistem simule edilmiştir. Servis birim sayısının 5 ve 6 olduğu farklı senaryolar için aşağıdaki kuyruk modelleri analiz edilmiştir.

3.5 SERVİS BİRİM SAYISI'NIN 5 OLDUĞU DURUM İÇİN MODELİN ÖRNEK UYGULAMASI

Şubede mevcut dört gişe asistanı yerine beş gişe asistanının istihdam edildiği durum incelenmiştir. Q-Matic programı kullanılarak Mayıs ayı boyunca veriler alınmıştır. Mayıs ayı baz alınarak yapılan incelemede müşterilere hizmet veren 5 servis birimi vardır. Bu çalışmada iş günü dikkate alındığından 23 iş günü boyunca rassal olarak seçilen birer saatlik veriler alınmıştır. Mayıs ayı içerisinde 04.05.07, 15.05.07, 22.05.07 ve 28.05.07 tarihlerinde müşteri yoğunluğu diğer günlere göre daha fazladır. Bu yoğunluk hafta başı yada maaş günü olmasından kaynaklanmaktadır.

Mayıs ayı boyunca alınan veriler incelendiğinde müşterilerin bankaya gelişleri rastgele ve saatte ortalama 46,34 müşteridir. Servis birimlerinin bir müşteriye sundukları ortalama hizmet süre 3,46 dakikadır. Mayıs ayının Nisan ayına göre daha yoğun olmasına rağmen ortalama işlem süresi düşmüştür.

Şube lobisinin yoğun olması, servis birimlerini müşterilerine sunduğu hizmet süresine kısaltmaya yönelmektedir. Lobideki yoğunluk, çok sayıda müşterinin hizmet görmek için bekliyor olması personel üzerinde de psikolojik baskı oluşturmaktadır. Modelin uygulaması;

Servis birim sayısı = $c = 5$

$\lambda = 46,34$ müşteri / saat

$\mu = \frac{60}{3,46} = 17,34$ müşteri / saat

Sistem kullanım faktörü (ρ) ;

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{46,34}{17,34} = 2,67 < c = 5$$

Sistemin boş kalma olasılığı (P_0) ;

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{c-1} \frac{1}{n!} \rho^n + \frac{\rho^c}{c!(1-\rho/c)}}$$

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^4 \frac{1}{n!} (2,67)^n + \frac{(2,67)^5}{5!(1-\frac{2,67}{5})}}$$

$$P_0 = \left[\frac{1}{0!} (2,67)^0 + \frac{1}{1!} (2,67)^1 + \frac{1}{2!} (2,67)^2 + \frac{1}{3!} (2,67)^3 + \frac{1}{4!} (2,67)^4 + 2,4401 \right]^{-1}$$

$$P_0 = [1 + 2,67 + 3,5709 + 3,1810 + 2,1252 + 2,4401]^{-1}$$

$$P_0 = [14,9897]^{-1} = 0,0667 = \%6,67$$

Kuyruk Uzunluğu (L_q) ;

$$L_q = \frac{\lambda \mu (\lambda / \mu)^c}{(c-1)!(c\mu - \lambda)^2} \cdot P_0$$

$$L_q = \frac{46,34 \cdot 17,34 (46,34 / 17,34)^5}{4!(5 \cdot 17,34 - 4634)^2} \cdot 0,0667$$

$$L_q = \frac{7305,764}{39094,31} = 0,1868$$

Sistem uzunluğu (L_s) ;

$$L_s = L_q + \rho$$

$$L_s = 0,1868 + 2,6724$$

$$L_s = 2,8593$$

Kuyrukta Bekleme Süresi (W_q) ;

$$W_q = L_q / \lambda$$

$$W_q = 0,1868 / 46,34$$

$$W_q = 0,004 \text{ saat}$$

Sistemde bekleme süresi (W_s) ;

$$W_s = W_q + 1 / \mu$$

$$W_s = 0,004 + 1 / 17,34$$

$$W_s = 0,061 \text{ saat}$$

3.5.1 Maliyet Değerleri

Mayıs ayı boyunca şubenin bütün gider kalemleri Ek-1’de verilmiş olup toplam maliyeti 21 487 YTL’dir. Mayıs ayı içerisinde 23 işgünü boyunca hergün 8 saat çalışıldığı düşünülürse toplam maliyet şöyle hesaplanır:

Şubenin aylık maliyeti : 21487 YTL

Şubenin günlük maliyeti : 934,2 YTL

Şubenin 1 saatlik maliyeti : 116,7 YTL

Servis birimlerinin maliyeti mevcut durum incelenmesinde hesaplandığı üzere 853 YTL’dir. Burada ki tek fark Mayıs ayı verileri için 5 servis biriminin toplam maliyetinin hesaplanmasıdır.

Günlük servis maliyeti : 37 YTL

1 saatlik servis maliyeti : 4,63 YTL

Beş servis biriminin toplam maliyeti : 23,17 YTL

Mayıs ayı boyunca servis birimlerinin boş kalma olasılığı 0,0667'dir. Bu servis birimlerinin saatte 4 dk aylak kalmaları anlamına gelir. Beş servis biriminin bir saatlik servis maliyeti 23,17 YTL/saat olduğuna göre servis birimlerinin 1 saatlik boş kalma maliyeti toplam 1,54 olarak hesaplanır.

Servis birim sayısının 5 olduğu durumda oluşan bekleme maliyeti şöyle hesaplanır:

$$\text{Bekleme Maliyeti} = \text{Toplam Maliyet} / \text{Servis Maliyeti}$$

$$\text{Bekleme Maliyeti} = 116,7 / 23,17 = 5,04 \text{ YTL / saat}$$

Mayıs ayı içerisinde oluşan maliyet değerlerine bakıldığında müşterilerin bekleme maliyeti 5,04 YTL/saat olarak bulunur. Mayıs verilerine bakıldığında ortalama işlem süresinin Nisan ayına göre düşüş gösterdiği ve hedeflenen işlem süresine yakınlığı görülmektedir. Ayrıca mevcut durumda söz konusu olan müşteri şikayetleri de oldukça azalmıştır. Bekleme maliyetinin hala servis maliyetinden büyük olması dikkate alınarak servis birim sayısının altı olduğu durum incelenecektir.

3.6 SERVİS BİRİM SAYISININ 6 OLDUĞU DURUM İÇİN MODELİN ÖRNEK UYGULAMASI

Mevcut durumda oluşan müşteri memnuniyetsizliğini gidermek amacıyla servis birim sayısının 6 olduğu durum incelenmiştir. Q-Matic programı kullanılarak Haziran ayı boyunca 6 gişe asistanının istihdam edildiği durum için veriler alınmıştır. Haziran ayı baz alındığından 21 işgünü boyunca rassal olarak seçilen birer saatlik veriler alınmıştır. Haziran ayı boyunca 01.06.07, 12.06.07, 19.06.07, 25.06.07 tarihleri yoğun günlerdir. Haziran ayının verileri incelendiğinde müşterilerin bankaya geliş hızı ortalama 50,25 müşteri/saat'tir. Haziran ayının Nisan ve Mayıs aylarına göre müşteri yoğunluğu açısından daha yoğun geçtiği görülmüştür. Bu yoğunluğun yaz tatili öncesi oluşan bir yoğunluk olduğu tahmin edilmektedir.

Servis birimlerinin müşterilere sundukları ortalama hizmet süresi 6,3 dakika olarak hesaplanmıştır. İşlem süresindeki bu yükseliş servis birimlerinin sayısındaki artıştan kaynaklanmaktadır. Servis birimleri müşterilere daha rahat hizmet sunmaya başlamışlar dolayısıyla verdikleri hizmet süresi artmıştır.

$$\text{Servis birim sayısı} = c = 6$$

$$\lambda = 50,25 \text{ müşteri/saat}$$

$$\mu = 60/6,3375 = 9,46 \text{ müşteri/saat}$$

Sistem kullanım faktörü (ρ);

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{50,25}{9,46} = 5,30 < c = 6$$

Sistemin boş kalma olasılığı (P_0) ;

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{c-1} \frac{1}{n!} \rho^n + \frac{\rho^c}{c!(1-\rho/c)}}$$

$$P_0 = \left[\sum_{n=0}^4 \frac{1}{n!} (5,30)^n + \frac{(5,30)^6}{6!(1-\frac{5,30}{6})} \right]^{-1}$$

$$P_0 = \left[\frac{1}{0!} (5,30)^0 + \frac{1}{1!} (5,30)^1 + \frac{1}{2!} (5,30)^2 + \frac{1}{3!} (5,30)^3 + \frac{1}{4!} (5,30)^4 + \frac{1}{5!} (5,30)^5 + 269,1 \right]^{-1}$$

$$P_0 = [1 + 5,30 + 14,085 + 24,920 + 33,067 + 35,102 + 269,1]^{-1}$$

$$P_0 = [382,583]^{-1}$$

$$P_0 = 0,0026 = \%0,2$$

Kuyruk Uzunluğu (L_q) ;

$$L_q = \frac{\lambda \mu (\lambda / \mu)^c}{(c-1)!(c\mu - \lambda)^2} \cdot P_0$$
$$L_q = \frac{50,25 \cdot 9,46 (50,25 / 9,46)^2}{5!(6 \cdot 9,46 - 50,25)^2} \cdot 0,002$$
$$L_q = \frac{27564,093}{5155,7439} = 5,3637445$$

Sistem Uzunluğu (L_s) ;

$$L_s = L_q + \rho$$
$$L_s = 5,36 + 5,30$$
$$L_s = 10,671$$

Kuyrukta Bekleme Süresi (W_q) ;

$$W_q = L_q / \lambda$$
$$W_q = 0,1067411 \text{ saat}$$

Sistemde Bekleme Süresi (W_s) ;

$$W_s = W_q + 1 / \mu$$
$$W_s = 0,106 + 0,1056$$
$$W_s = 0,2123661 \text{ saat}$$

3.6.1 Maliyet Değerleri

Haziran ayı boyunca şubenin toplam maliyeti Ek-1’de verilmiş olup 22 127 YTL’dir . haziran ayında 21 iş günü, 8 saat için hesaplanan toplam maliyet;

Şubenin aylık maliyeti : 22 127 YTL

Şubenin günlük maliyeti : 1053,6 YTL

Şubenin 1 saatlik maliyeti : 131,7 YTL

Haziran ayı boyunca 6 servis birimi için hesaplanan maliyetler;

Günlük servis maliyeti : 40,6 YTL

1 saatlik maliyeti : 5,07 YTL

Altı servis biriminin toplam maliyeti : 30,42 YTL

Haziran ayı süresince servis birimlerinin boş kalma olasılığı 0,0026’dır. Bu servis birimlerinin saatte 0,156 dk aylak kalmaları anlamına gelir. Altı servis biriminin bir saatlik servis maliyeti 30,42 YTL olduğuna göre servis birimlerinin 1 saatlik boş kalma maliyeti toplam 0,07 YTL olarak hesaplanır. 6 servis birimi için oluşan bekleme maliyeti;

Bekleme Maliyeti =Toplam Maliyet / Servis Maliyeti

Bekleme Maliyeti = 131,7 / 30,42 = 4,32 YTL / saat

Haziran ayı verileri için oluşan maliyet değerlerine bakıldığında müşterilerin bekleme maliyetinin düştüğü görülür. Müşteri sayısındaki artışa paralel servis birimi sayısının da artmış olması bekleyen müşteriler açısından maliyet oluşturmamıştır. Ancak ortalama işlem süresi oldukça artmış ve hedeflenen süreden çok uzaklaşmıştır. Müşteri talebinin belirsizliği düşünülürse talep azaldığında servis birimlerinin boş kalma ihtimali söz konusudur. Bu da bankaya ek servis maliyeti yaratacaktır.

BÖLÜM 4

SONUÇ VE ÖNERİLER

Kuyruk ve bekleme kavramları günümüzde özellikle hizmet sektörlerinde sürekli karşılaşılan önemli bir sorundur. Bireysel anlamdaki bu bekleme ve kayıplar birçok sistem içinde geçerlidir. Bekleme sorunu birbiriyle ters orantılı olarak iki şekilde ortaya çıkmaktadır. Bazen talebin artmasıyla müşteriler hizmet için beklemekte ve kuyruk oluşmakta bazen de talep az olduğu için servis birimleri atıl kalmaktadır. Talebin fazla olduğu durumda müşterilerin beklemesinden dolayı bekleme maliyeti oluşurken, talebin az olduğu durumda ise işletmenin servis maliyeti yükselmektedir. Talebin belirsiz olması nedeniyle kaçınılmaz olarak “optimal servis düzeyi” belirlenme sorunu ortaya çıkmaktadır. Optimal servis düzeyi; müşterilerin beklemesi ile servis birimlerinin atıl kalması arasındaki dengeyi sağlayacak optimal servis düzeyinin belirlenmesidir.

Bu çalışmada özel bir banka şubesinin verileri kullanılarak kuyruk sistemi incelenmiştir. Mevduattan güvencenin kalkmak üzere olduğu bankacılık sektöründe artık tam rekabet koşullarının işleme beklenmektedir. Bu nedenle bankalar rekabette yerlerini almak için sundukları hizmetlerde müşteri odaklı olmaya daha fazla önem vermeye başlamışlardır. Malın hizmet olduğu bankacılık sektöründe sunulan hizmetin müşteriye memnun edip etmediğinin takip edilmesi önemlidir.

İncelenen şubede mevcut durumda dört gişe asistanı istihdam edilmektedir. Ancak mevcut durumda çok sayıda müşteri şikayeti söz konusudur. Müşteriler çok beklediklerinde psikolojik tedirginliğe kapılmaktadırlar. Bekleme boyunca zamanlarını boşa harcamış olmalarının da maliyeti söz konusudur. Sonuçta şubeye gelen aktif ve potansiyel müşteriler beklemekten sıkılıp işlem yaptırmadan sistemden ayrılmaktadırlar.

Bu durum şubenin müşteri portföyünü arttırma hedefine de ters düşmektedir.Mevcut durumda oluşan şikayetlerden çalışan personelde etkilenmektedir. Şube lobisinin sürekli yoğun olması, servis birimlerinin müşterilerine sunduğu hizmet süresini kısaltmaya yöneltmektedir. Lobideki yoğunluk ve çok sayıda müşterinin hizmet görmek için bekliyor olması personel üzerinde psikolojik baskı oluşturmaktadır.

Yönetim için müşteri memnuniyeti sağlamak banka politikasıdır.Bu sebeple memnuniyetsizliğin ortaya çıktığı hizmetlerde iyileştirmelere gitmek mecburi hale gelmiştir. Mevcut durumda bekleme maliyetinin servis maliyetinden yüksek olduğu ayrıca hedeflenen işlem süresine uzak kalındığı görülmektedir. Buna karşın ek servis birimleri istihdam etmek banka maliyetlerini arttırmaktadır.Amaç;bankanın yararları ile müşterilerin memnuniyetini kesiştiren ekonomik dengeye ulaşmaktır.

Çalışmada Win QSB programından yararlanılmış olup Ek 2 'de sunulan çıktılarda da farklı servis sayılarında maliyetlerin arttığı görülmektedir. Dolayısı ile ek bir servis elemanının daha istihdam edilmesi müşteri memnuniyeti açısından uygun olabilir. Servis birim sayısının beş olduğu durumda ortalama işlem süresinin kısaldığı ve müşteri şikayetlerinin azaldığı görülmüştür. Beş servis birimi için incelenen maliyet değerleri dikkate alınarak servis birim sayısının altı olduğu durum için sistem simüle edilmiştir. Ancak ortalama işlem süresinin hedeflenen süreden saptığı, servis birim sayısının artması nedeniyle işlem sürelerinin rahat bir tavır ile uzadığı görülmüştür. Şubenin günlük yoğunluğu göz önüne alındığında altı gişe asistanı atılabilir.Dinamik kuyruk modelleri kullanılarak sistem simüle edilebilir ve sadece yoğun günlerde ekstra servis verecek mobil gişe elemanları değerlendirilebilir.

Talebin belirsizliği göz önüne alındığında,şubenin günlük yoğunluğu için altı servis biriminin ileride işletmenin servis maliyetini arttırma olasılığı büyüktür. Analiz edilen üç farklı senaryo için önerilen servis birim sayısı beştir.

EK 1 : ŞUBE MALİYETLERİ (YTL)

	NİSAN 2007	MAYIS 2007	HAZİRAN 2007
1- Hesaplardan Alınan Komisyon İadesi	1,24	30,33	20,58
2- Nakliye - Hammaliye Giderleri	10,31	16,2	8,51
3- Temizlik Giderleri	1875,52	1743,7	1868,2
4- Diğer İşletme Giderleri	160,48	101,8	180,31
5- İpotek Tesis Giderleri	1049,93	948	1122,63
6- Hizmet Binaları Kira Gideri	14096,37	14096,37	14096,37
7- Diğer Şube Cihazlarının Kira Bedeli	197,99	197,99	197,99
8- Menkullerin Bakım ve Onarımı	406,53	308,71	393,9
9- Hizmet Araçları Bakım Gideri	460,2	103,9	202
10- Hizmet Araçları Yakıt Gideri	416,6	480,8	520,7
11- Genel Taşıma Aracı Gideri	35,1	40,5	39,5
12- Diğer Sigorta Giderleri	42,93	35,1	45
13- Isıtma Giderleri	37	10	5
14- Aydınlatma Giderleri	867,5	907,5	803,7
15- Su Giderleri	196	201,8	281,7
16- Telefon Giderleri	991,49	1200,5	1350,52
17- Diğer Haberleşme Giderleri	15,69	17,5	19,4
18- Matbaa Giderleri	76,67	70,5	89
19- Kırtasiye Giderleri	45,36	40,1	52,1
20- Aidat Giderleri	820	820	820
21- Temsil ve Ağırılama	57,09	65,7	10
22- Diğer Temsil Giderleri	50	50	0
TOPLAM :	21910	21487	22127

KAYNAKÇA

- Ada, Erhan. Atilla Sezgin. İşletmeciler İçin Yöneylem Araştırması. G.Ü.İ.İ.B.F. İşletme Bölümü. Ankara, 1990
- Ada, Erhan. Bekleme Hattı Problemlerinin Analizinde Matematiksel Modeller, G.Ü.İ.İ.B.F. Dergisi. c. :6, Ankara, 1990.
- Akalın, Sedat. Yöneylem Araştırması. Ege Üniversitesi İşletme Fak. Yay. No : 5, İzmir, 1979.
- Ackoff, R.L.-Sasieni, M.W. Fundamentals of Operations Research, John Wiley and Sons Inc., New York, 1969.
- Alman, A.J.-Parisi, D.G. Quantitative Methods for Decision Making, General Learning Press, New Jersey, 1974.
- Altaylı, Behçet. Yöneylem Araştırması. Hv.K.K.lığı Basımevi, Ankara, 1996
- Berk, Niyazi. Avrupa Topluluğuna Tam Üyelik Açısından Türk Bankacılık Sisteminin Uyum Gereksinimleri, 2. Basım, İTÜ Yayınları, İstanbul, 1998
- Bobillierv P.A.B.C. Kahan. A.R. Prost. Simulation with GPSS and GPSS V. Prentice-Hall inc. New Jersey, 1976
- Bronson, Richard Operations Research Schaum's Outline Series, McGraw-Hill Book Comp., New York, 1982.
- Bağırkan Şemsettin. Karar Verme, Der Yayınları, İstanbul, 1983
- Bozgeyik,Abdullah. Rekabet Avantajı İçin Müşteri İlişkileri Yönetimi,Hayat Yayınları,İstanbul,2005

- Cinemre, Nalan. Yöneylem Araştırması, Beta Basım, İstanbul, 2004
- Cox, D.R.L. Walter Smith Queues, University of North Caroline, London, 1971.
- Doğan, İbrahim. Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları, M.Ü.İ.İ.B.F. İstanbul, 1994.
- Erkut, Haluk. Yönetimde Simülasyon Yaklaşımı, 2. Basım, İrfan Yayıncılık, İstanbul, 1992.
- Esin, Alptekin. Yöneylem Araştırmasında Yararlanılan Karar Yöntemleri, 3.Basım, Gazi Üniversitesi Yayın No: 126, Ankara, 1988
- Erçel, Gazi. Konuşmalar-1999, Türk Bankacılık Sistemi, TCMB, Ankara, 2000
- Halaç, Osman. Kontitatif Karar Verme Teknikleri (Yöneylem Araştırması), İ.Ü. İşletme Fakültesi yayın No:138 Geliştirilmiş 2. Baskı Cilt I, İstanbul, 1983.
- Giffin,Walter C.Queueing ;Basic Theory and Application,Grid Inc.,Ohio,1978
- Güneş, Mustafa. Benzetim ve GPSS Programlama. DEU Matbaası, İzmir, 1996.
- Gordon, G.-Pressman, Quantitative Decision Making for Business, Prentice Hall International Inc., London,1978.
- Kara, İmdat. Servis Sistemleri ve Gelişler Zamana Bağlı Olduğunda Kapasite Sorununa Matematiksel Yaklaşım, E.İ.T.İ.A. Yayınları No: 160/102, Eskişehir, 1976.
- Karayalçın, İlhami. Yöneylem “Harekat” Araştırması Kantitatif Planlama ve Karar Verme Yöntemleri. 3. Basım, Menteş Kitapevi, İstanbul, 1993.
- Karayalçın, İlhami. Harekat Araştırması (Yöneylem araştırması) İşletme Faaliyetlerinin Yönetimi ve Kontrolü için Kantitatif Yöntemler. 2.Basım, İTÜ Yayınları, İstanbul, 1979.
- Kobu, Bülent. İşletme Matematiği. İşl. Fak. Dergisi c.:9. İstanbul, 1980.

- Lee, Alec M. Applied Queueing Theory, Macmillan and Company Ltd., London, 1996.
- Ladin, L. Quantitative Methods for Business Decisions Harcourt Brace Jovanovich Inc., New York, 1975.
- Levin, R.I. Kirkpatrick, A.C. Quantitive Approaches to Management, Mc Graw Hill Kagakusha Ltd. 3. Ed., 1975.
- Law A.M. Haider S.W. Selecting Simulation Software for Manufacturing Applications/Practical Guidelines and Software Server. Industrial Engineering Series. No.31, 1989.
- Morse, Philip M. Queues, Inventories and Maintenance, John Wileyand Sons Inc., New York, 1963.
- Newbold, Paul. İşletme ve İktisat için İşletme. Ümit Şenesen (çev.). İstanbul: Literatür Yayıncılık, 2000.
- Panico, Joseph A. Queueing Theory, Prentice-Hall Inc Englewed Cliffs,1969
- Parasız, İlker. Para, Banka ve Finansal Piyasalar. 7. Basım, Ezgi Kitabevi Yayınları, İstanbul, 2000.
- Pollaczek, F. Concerning An Analitic Method For The Treatment Of Queuing Problems, University of North Carolina, Chappel Hill, 1964.
- Riggs, J.L. Production Systems Planning, Analysis and Control John Wiley & Sons Inc, New York, 1981.
- Önal,Çiğdem A.Ticari Banka Yönetimi ve Türk Ticari Bankalarının Yönetim Sorunları,Yükseklisans Tezi,Marmara Üniversitesi BSE,1994
- Öztürk, Ahmet. Yöneylem Araştırması. 9. Basım, Ekin Kitabevi, Bursa, 2004.

- Sariaslan, Halil. Sıra Bekleme Sistemlerinde Simulasyon Tekniği. A.Ü.S.B.F. Yayınları, Yayın No: 557, Ankara, 1998.
- Sariaslan, Halil. Simulasyon Tekniği Kuyruk Teorisi Modellerinin Analizi, 2. Basım, Turhan Kitapevi, Ankara, 1998.
- Scaty, Thomas L. Mathematical Methods Of Operations Research, Mc Graw-Hill Book. Co, New York, 1959.
- Schmidt, J.W. Taylor, R.E. Simulation and Analysis of Industrial Systems. D.Richard. Irwin. Inc. Georgetown, Ontario, 1970.
- Şimşek, Hüseyin. Kuyruk Teorisinin İstanbul Boğazı Tanker ve Gemi Geçişleri ile Haydarpaşa Limanı Konteyner Terminaline Uygulanması. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2004.
- Taha, Hamdy. Operation Research, Fourth Edition. Mc Millan Publishing Comp, New York, 1987.
- Taha, Hamdy. An Introduction to Operation Research. McMillan Publishing Comp. New York, 1995.
- Timor, Mehpare. Yöneylem Araştırması ve İşletmecilik Uygulamaları. İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayın No: 280, İstanbul, 2001.
- Tierauf, R.J. and Kleamp, R.C. Decision Making Through Operations Research John Wiley, New York, 1975.
- Tulunay, Y. Matematiksel Programlama ve İşletme Uygulamaları. İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayınları, No:108, İstanbul, 1980.
- Trueman, R.E. Quantitative Methods for Decision Making in Business, The Dryden Press, New York, 1981.
- Türkalp, Tayfun. Sadık Müşteri Karlılığı. [http:// www.danismend.com/konular/yeniekonomi/yeni%20eko-sadik%20musteri%20karliligi.htm](http://www.danismend.com/konular/yeniekonomi/yeni%20eko-sadik%20musteri%20karliligi.htm)

Ullman, J. Quantitive Methods in Management Schaum's Outline Series in Business Mc
Graw-Hill Book Comp. New York, 1976.

Woods, Robert L. Kent L. Lawrance. Modeling And Simulation of Dynamic System.
New Jersey, 1997.

Yılmaz, Zekai. Sayısal Yöntemler. 2. Baskı. Uludağ Üniversitesi Basımevi, Bursa,
1995.

Zimmermann, H. J. Fuzzy Sets, Decision Making and Expert Systems, Kluwer
Academic Publisher, Boston, 1987.

www.tbb.org.tr

www.econturk.org.tr

www.crmpro.com.tr

www.microsoft.com.tr

www.kobifinans.com.tr