

İki Bankanın Farklı Şubelerindeki Müşteri Bekleme Sürelerinin Kuyruk Modeliyle Etkinlik Analizi

İrfan ERTUĞRUL

*Pamukkale Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü,
iertugrul@pau.edu.tr*

Burcu BİRSEN

*Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı,
burcubirsen@gmail.com*

Abdullah ÖZÇİL

*Sorumlu Yazar, Pamukkale Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü,
aozcil@pau.edu.tr*

Öz

Her geçen yıl banka şube sayılarının hızlı bir şekilde artmasına rağmen hizmet almak için yaşanan kuyruklar hiç azalmadığı gibi günlük yaşantımızın bir parçası haline gelmiştir. Banka şubelerindeki bekleme sürelerinin en aza indirilerek müşteri memnuniyetinin artırılması şube yöneticilerinin öncelikli hedeflerinden biri olmalıdır. Kaliteli hizmetin hızlı ve aynı zamanda müşteri odaklı olması müşterileri bankaya bağlayan sebeplerin en önemlisidir. Bu çalışmada, Yöneylem Araştırması tekniklerinden Kuyruk Teorisi incelenmiş, uygulama kısmında ise Denizli ilinde faaliyet gösteren iki bankanın altı farklı şubesindeki müşterilerin sıra bekleme sürelerine ilişkin bilgiler kuyruk teorisi yardımıyla analiz edilmiş ve sistemin ortalama etkinliği hesaplanmıştır. Çalışmanın verileri bankaların A₁, A₂, A₃, B₁, B₂ ve B₃ olarak isimlendirilen şubelerinden alınmıştır. Çalışma sonucunda personel ve müşteriler hakkında fayda sağlayabilecek bir takım tavsiyeler işletmeye sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kuyruk Modelleme, Performans Analizi, Optimizasyon, Bankacılık Sektörü.
JEL Sınıflandırma Kodları: C53, M12.

The Effectiveness Analysis of Waiting Processes in the Different Branches of a Bank by Queue Model

Abstract

Despite the appreciable increase in the number of bank branches every year, nowadays queues for services don't decrease and even become parts of our daily lives. By minimizing waiting processes the least, increasing customer satisfaction should be one of branch managers' main goals. A quick and also customer oriented service with high quality is the most important factor for customer loyalty. In this study, Queueing theory, one of Operation Research techniques, is handled and in application, the data are obtained related to waiting in queue of customer in six different branches of two banks operating in Denizli and then they are analyzed by Queueing theory and also calculated the average effectiveness of the system. The study's data are obtained by six branches of two banks called as A₁, A₂, A₃, B₁, B₂ and B₃. At the end of study it is presented to the company some advices that can bring benefits to the staff and customers.

Keywords: Queue Modeling, Performance Analysis, Optimization, Banking Sector.
JEL Classification Codes: C53, M12.

**Atıfta bulunmak için...|
Cite this paper...|**

Ertuğrul, İ., Birsen, B. & Özçil, A. (2015). İki Bankanın Farklı Şubelerindeki Müşteri Bekleme Sürelerinin Kuyruk Modeliyle Etkinlik Analizi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi*, 5(1), 275-292.

1. Giriş

Hizmet sektöründe faaliyet gösteren kurumların şube sayıları gün geçtikçe artmaktadır ve bu kurumlarda işi olan insanların sıra beklemek konusundaki problemleri de paralel şekilde artmaktadır.

Günümüzde sıra bekleme, müşteri taleplerinin hızlı ve etkin olarak karşılanamaması nedeniyle çok sık karşılaşılan bir sorun haline gelmiştir. Süper marketlerin ödeme kasalarında, hastanelerde hasta kuyruklarında, havaalanlarının bilet kontrol kuyruklarında ve özellikle banka şubelerinde sıklıkla bekleme sırası ile karşılaşılmaktadır. Müşterilere kısa sürede kaliteli hizmet verilmez ise müşteri memnuniyetsizliği sonucunda müşteri kaybının yaşanması ve bu durumun işletmenin sürekliliğine ve karlılığına zarar vermesi kaçınılmazdır.

Time dergisinin yazarı Lance Morrow (1984), bekleme durumunu; “Bekleme bir çeşit hapsoluştür. Bir kişi başkasının etkin olmamasından dolayı, bu kişi tarafından beklemeye zorlanmakta ve haksız yere cezalandırılmaktadır. Sıkılma ve fiziksel rahatsızlık dışında, bekleme durumunda bir kişinin en değerli kaynağı, hayatının çok önemli bir parçası olan zamanı çalınmaktadır.” şeklinde ifade etmektedir (Çiçek ve Atılgan, 2012, 85).

Kuyruk teorisi konusu; hizmet almak için aynı anda servis merkezine giriş yapan müşteri yoğunluğu ve bir servis merkezi düşünülerek tanımlanabilir. Genellikle servis merkezi sınırlı sayıda müşteriye hizmet verebilir. Yeni bir müşteri geldiğinde servis tükenmişse, bu müşteri bekleme hattına giriş yapar ve hizmet tesisi kullanılabilir hale gelinceye kadar bekler (Jomah, 2011, 22).

Sıra beklemenin söz konusu olduğu hizmet işletmelerinde, hizmet talebi tam olarak öngörülebilir olmadığından, bu belirsizlik işletmenin birbirine zıt iki durum arasında yer almasına neden olmaktadır. Bunlardan ilki, müşterilerin bekleme durumundan dolayı memnuniyetsizliklerinin artması ya da bekleme nedeniyle müşteri kaybının yaşanması, ikincisi ise hizmet biriminin boş beklemesi nedeniyle maliyetlerin artması durumlarıdır (Çevik ve Yazgan, 2008, 120).

Teknolojinin son sürat geliştiği günümüzde kurumlar arasındaki rekabet de gittikçe artmaktadır. Dolayısıyla hizmet üreten işletmeler sadece kar artışına odaklanmamalı, müşteri odaklı bir çalışma felsefesi ile ürettikleri hizmetin kalitesini artırmak suretiyle, aynı zamanda müşteri memnuniyetini de artırmalıdır. Müşteri memnuniyetinin artırılması ise müşterinin, bekleme kuyruklarında uzun süre bekletilmeden mümkün olan en kısa sürede hizmet alması ile mümkün olur.

Bekleyen müşterilerin düşük servis hızı ve kötü iş ortamı nedeniyle oluşan uzun sıraları bankalar için son yıllarda çok yaygın hale gelmektedir ve kuyruk teorisi bu problemi çözmek için kullanılmaktadır (Xu vd., 2012, 3091).

Yöneylem araştırmasının bir tekniği olan kuyruk modeli yardımı ile ele alınan analizler banka şubelerinde uygulandığında, hem bekleme süreleri iyileştirilecek hem de müşteri memnuniyeti ve sadakati artırılabilecektir.

Çalışmanın ilk bölümünde literatür taramasına yer verilmiştir. İkinci bölümde bekleme hattı ile ilgili bilgiler anlatılmıştır. Çalışmanın son bölümünde ise iki bankanın altı farklı şubesindeki müşterilerin bekleme sürelerine ilişkin analiz yapılmıştır.

2. Literatür Taraması

Kuyruk teorisi tarihi bir asırdan fazla geçmişe uzanır. Kuyruk teorisi ile ilgili ilk çalışma Johannsen'in "Bekleme süreleri ve çağrı sayıları" başlıklı makalesi¹ olarak görülmektedir. Tam bir uygulama açısından bakıldığında bu çalışmada kullanılan yöntem tam olarak matematiksel değildir ve bu nedenle tarihsel açıdan önemli olan ilk matematiksel çalışma, Erlang'ın 1909 yılındaki "Olasılık teorisi ve telefon konuşmaları" isimli çalışmasıdır (Khalaf, 2012, 14). Böylece Kopenhag Telefon Borsası için çalışan Danimarkalı mühendis Agner Krarup Erlang tarafından 1909 yılında Kuyruk teorisi üzerine ilk çalışma yayınlanmıştır (Ferreira, 2011, 193).

Sonraki 20 yıl boyunca Erlang'ın çalışmaları kuyruk teorisi hakkında bazı önemli teknik ve kavramları içermektedir. Örneğin; istatistiksel denge kavramı ve durum denklemleri dengesini formüle yöntemi² önemli teknik ve kavramlardandır (Khalaf, 2012, 14).

20. yüzyılın başındaki Erlang'ın telefon şebekeleri çalışmalarından bu yana kuyruk teorisi ve iletişim ağı oluşturma, çapraz simülasyonun dikkate değer bir parçası ve haberleşme ağları kuyruk kuramcıları için ilginç problemlerin kaynağı olmuştur. Geliştirilen teorinin iletişim ağları optimizasyonu için çok yararlı olduğu kanıtlanmıştır (Boucherie ve Dijk, 2011, 729).

Genel olarak literatürde yer alan bazı bekleme hattı kuramı ile ilgili çalışmalara Özdağoğlu vd., Paradi ve Zhu ve Ramachandran vd. tarafından yapılan çalışmalar örnek olarak verilebilir. Özdağoğlu vd. (2009) tarafından bir hastanenin acil servis birimindeki hasta verileri kullanılarak çok kanallı ve çok aşamalı kuyruk modeline uygun simülasyon modeli uygulanmıştır ve hasta bekleme süreleri ve servis sağlayıcıları çalışmaları hakkında önerilerde bulunulmuştur. Paradi ve Zhu (2013) bankalardaki verimliliği ve performansı ölçme amaçlı yapılan 24 farklı ülkeye ait 80 çalışmayı veri zarflama analizi ile incelemiştir ve bankalarla ilgili etkinlik önerileri sunmuşlardır. Ramachandran vd. (2013) özel bir bankadaki bekleme hattı sürelerini Anova programı ile analiz etmişlerdir ve sistem yapısı ile ilgili bekleme sürelerini azaltmaya yönelik önerilerde bulunmuşlardır.

Bankalar için ele alınan bekleme hattı kuramı ile ilgili çalışmalara Mehta vd., Hao ve Yifei, Paschou vd., Ramasamy ve Chua, Ngamsirijit, Taufemback ve Silva,

Madadi vd., Chowdhury, Iwu vd., Jalali vd., Al-Astal ve Ashour, Ullah vd., Sundari ve Srinivasan, Dhar ve Rahman, Yakubu ve Najim ve Ajiboye tarafından yapılan çalışmalar örnek gösterilebilir. Mehta vd. (2011) bir bankanın farklı şubelerindeki bireysel bankacılıkla ilgili müşteri memnuniyeti, verimliliği ve etkinliği arttırmaya yönelik tek kanallı tek aşamalı bir kuyruk modeli ile müşterileri segmentlere ayırarak hizmet almalarını sağlayan bir sistem önermişlerdir. Hao ve Yifei (2011) bir bankadaki bekleme hattı ile ilgili problemleri ve tıkanıkları tespit etmeye çalışmışlardır ve servis sağlayıcılar için farklı zamanlardaki uygun servis düzeyini tespit etmişlerdir. Paschou vd. (2012) ve Ramasamy ve Chua (2012) kalabalık hizmet işletmelerindeki kuyruk problemlerinin çözümüne yönelik kısa mesaj servisi ile servis kalitesi ve müşteri memnuniyetini arttırmayı hedeflemişlerdir. Uygulama olarak bir bankadaki müşterilerin bekleme süreleri elektronik bilet uygulaması ile minimum düzeye indirilmeye çalışılmıştır. Ngamsirijit (2012) kuyruk modelini kullanarak bir bankadaki servis düzeyi hakkında esnek bir performans seviyesi tespit etmeye çalışmıştır. Taufemback ve Silva (2012) kuyruk modelini bankacılık sektöründe rezerv fazlasının optimal düzeyde kullanımı için uyarlamışlardır. Madadi vd. (2013), bir bankanın farklı şubelerindeki kuyruk etkinliğini simülasyon yöntemi ile modellemişlerdir. Chowdhury (2013) islami bir bankadaki müşterilerin bekleme sürelerini ölçmek için çok kanallı tek aşamalı kuyruk modeli teorisini kullanmıştır ve minimum maliyet ve bekleme süreleri hakkında önerilerde bulunmuştur. Iwu vd. (2013) kıtalararası bir bankadaki müşteri ağı ve personel analizi ile ilgili grafik ve kuyruk analizi yöntemlerini kullanmıştır. Jalali vd. (2014) bir telefon tamir ve üretim işletmesindeki işlem süreçleri ile ilgili farklı kuyruk modelleri performans analizi yapmışlardır. Müşteri memnuniyeti ve rekabet avantajı sağlayabilecek üretim düzeyi hakkında önerilerde bulunmuşlardır. Al-Astal ve Ashour (2014) bir bankadaki mobil finansal servislerin servis kanalı maliyetlerine etkisini analiz etmişlerdir. Ullah vd. (2014) bir bankadaki müşteri etkinliğini nitel ve nicel yöntemlerle optimal düzeyde belirlemeye yardımcı olabilecek bir çalışma sunmuşlardır. Sundari ve Srinivasan (2012), Dhar ve Rahman (2013), Yakubu ve Najim (2014) ve Ajiboye (2014) bankamatiklerdeki kuyruk oluşumunun etkinliğini incelemişlerdir.

3. Bekleme Hattı Kuramı

Bir kuyruğa gelişler; parça, ünite, iş, müşteri veya görev olarak ifade edilebilir. Müşteri kavramının birçok tanımı olabilir: uygulama hattında bekleyen bir bilgisayar programı, tamir için hatta bekleyen kırık bir cihaz, bir veznedar hattında bekleyen bir görev, kuru temizlemeyi bekleyen bir takım elbise, hayatlarını kurtaracak organ naklini almayı bekleyen binlerce insan, bir mağazanın dağıtım merkezinden perakende mağazalara taşınmayı bekleyen malları, yoğun bir havaalanında kalkış için bekleyen uçaklar ve benzeri (Haghighi ve Mishev, 2013, 284).

Kuyruk sisteminin yönetimi veya kuyruk teorisinin amacı, müşteri bekleme zamanı ile servis boş zamanı arasında bir denge bulmaya yöneliktir (Köksal, 1980, 158). Ortalama bekleme süresini ve ortalama kuyruk uzunluğunu da içeren kuyruk çalışmaları kuyruk sistemi için performans ölçümleri tespit eder. Daha sonra bu bilgiler yöneticiler tarafından uygun bir tesis hizmet seviyesine karar vermek için kullanılır (Kandemir-Cavas ve Cavas, 2007, 33). Bekleme hattı ile ilgili analizlerde amaç, servis için beklemenin toplam maliyetini minimize etmektir (Güray ve Ulusam, 2001, 119).

Bekleme hattı modellerindeki genel amaçlar temel olarak şu şekilde özetlenebilir(Yıldız ve Ungan, 2009, 464);

- Çalışma şartları ve sistemin yapısına ait özelliklerin belirlenmesi,
- Sistemdeki aksaklıkların belirlenmesi,
- Gelir ve maliyet ilişkisinde en uygun dengenin sağlanması,
- Uygulanabilir bir çözüm bulunması.

3.1. Bekleme Hattı İle İlgili Terimler ve Notasyonlar

Kuyruk teorisi yaygın olarak üretim sistemlerinin çeşitli performans analizi problemlerini analiz etmek için kullanılmıştır. Kuyruk modelleri sırayla tanımlayıcı³ veya önleyici⁴ olarak sınıflandırılabilir (Teimoury vd., 2010, 56). Bekleme hattı kuramı ile ilgili bazı temel kavramlar;

- **Müşteriler:** Servis görmek üzere gelen ünitelerdir. Müşteri olarak kişiler, makineler, yedek parçalar vb. örnek verilebilir.
- **Geliş Özellikleri (λ):** Birim zamanda servis hizmeti almak için gelen müşterilerin sayısıdır. Normal olarak geliş özelliklerinin, poisson dağılımına göre rastgele dağılım verdiği sayılmaktadır (Doğan, 1995, 429). Ayrıca geliş özelliklerini açıklamak için sabit dağılım, üstel dağılım ve Erlang dağılımı kullanılmaktadır.
- **Kuyruk Disiplini:** Kuyruktan seçilen müşterilerin sırasını gösteren kuyruk disiplini kuyruk modellerinin analizinde önemli bir faktördür. En yaygın kuyruk disiplini İlk Gelen İlk Hizmet görür disiplindir (Taha vd., 2014, 599).
- **Servis Olanaklarının Yapısı:** Servis sağlayıcılarının birim olarak fiziksel olanaklarının özelliklerini yansıtır. Genellikle servis olanaklarının düzenlenmesinde hizmet yapısı tek veya çok kanallı şeklinde bir ayırım yapılır.
- **Servis Oranı (μ):** Hizmet için gelen müşterilerin istemlerini karşılamak için birim zamandaki servis süresidir. Müşterilerin servis süreleri aynı miktarda süreyi gerektirirse servis oranının uniform dağılıma uyduğu söylenebilir. Karmaşık olan servis oranları ise Erlang veya üstel olasılık dağılımları ile ifade edilir (Öztürk, 2012, 690-691).

İstikrarlı bir duruma ulaşmak için; birim zamandaki müşteri geliş miktarını gösteren ortalama geliş oranı, birim zamandaki müşteri servis miktarını gösteren ortalama servis oranından az olmalıdır. Başka bir deyişle ortalama geliş miktarının ortalama servis miktarına oranlanması ile bulunan doluluk oranı (ρ) 1'den az olmalıdır (Curwin ve Slater, 2002, 528).

Kuyruk disiplini, müşterilerin servis sağlayıcılar tarafından seçilmesi veya tam tersi müşterilerin servis sağlayıcılarını seçmesi metodudur. Kuyruk disiplinine aşağıdaki bazı örnekler verilebilir (Ferreira, 2011, 190);

- İlk gelen ilk servis alır (First Come First Served),
- Son gelen ilk çıkar (Last In First Out),
- İlk gelen ilk çıkar (First In First Out),
- Adil servis paylaşımı (Processor Sharing),
- Tesadüfi servis (Service In Random Order),
- Öncelikli servis (Priority),
- Karma genel disiplin.

Servis hizmeti veren kanal sayısı c , ortalama geliş oranı λ ve her kanal için ortalama servis süresi μ olmak üzere, çok kanallı tek aşamalı bekleme hattı analizlerinde aşağıdaki formüller kullanılır (Render ve Stair, 1991, 644-645).

- Sistemde müşteri veya birim bulunmama olasılığı ($c\mu > \lambda$);

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

- Sistemdeki ortalama müşteri veya birim sayısı;

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

- Müşteri veya birimin ortalama sistemde bulunma süresi;

$$W = \frac{\mu(\lambda/\mu)^c}{(c-1)!(c\mu-\lambda)^2} P_0 + \frac{1}{\mu} = \frac{L}{\lambda} \quad (3)$$

- Müşteri veya birimin servis için bekleme hattındaki ortalama sayısı;

$$L_q = L - \frac{\lambda}{\mu} \quad (4)$$

- Müşteri veya birimin servis için bekleme hattında ortalama bulunma süresi;

$$W_q = W - \frac{1}{\mu} = \frac{L_q}{\lambda} \quad (5)$$

- Doluluk oranı;

$$\rho = \frac{\lambda}{c\mu} \quad (6)$$

4. Uygulama

4.1. Araştırmanın Metodolojisi

4.1.1. Araştırmanın konusu

Denizli ilinde faaliyet gösteren iki farklı bankanın A₁, A₂, A₃, B₁, B₂ ve B₃ olarak isimlendirilen şubeleri çalışma kapsamına alınmıştır. Uygulama kapsamında ele alınan veriler mülakat ve belge taraması tekniklerinden yararlanılarak elde edilmiştir. Söz konusu şubeler, hafta sonu ve tatil günleri dışında 9.00-17.30 saatleri arasında, 1 saat öğle arası olmak üzere, günde toplam 7,5 saat müşterilere hizmet vermektedir. Seçilen bankaların hizmet veren A₁, A₂, A₃, B₁, B₂ ve B₃ şubelerinin sırasıyla 5.421, 3.508, 13.168, 5.616, 8.402 ve 4641 kitle müşterisi bulunmaktadır.

4.1.2. Araştırmanın amacı

Çalışmanın amacı, seçilen bankaların altı farklı şubesindeki müşterilerin sıra beklemelerine ilişkin servis sistemi, kuyruk teorisi modeliyle analiz edilerek, sistemin ortalama etkinliği hesaplamak ve belirlenen problemlere yönelik alternatif çözümler geliştirmektir. Çalışmada farklı banka ve şubeler karşılaştırılırken konum, gişe maliyeti ve müşteri potansiyeli vb. gibi şube farklılıkları göz ardı edilmiştir.

4.1.3. Araştırmanın yöntemi

Bilimsel çalışmalarda seçilen örnek olayın ele alınan konuya örnek teşkil edebilecek nitelikte olması gerekir (Yıldız ve Arslan, 2013, 176). Bankalarda oluşan kuyruklar da bekleme hattı kuramına örnek teşkil eder. Bu yüzden sistemin yapısına uygun kuyruk modeli ile performans analizi yapılmıştır.

Seçilen şubelerin servis sistemi 2 - 4 adet arası gişeye sahip bir sistem olup müşterilere bankacılık hizmetleri vermektedir. Şube gişelerinde mevcut durumda 2, 3 veya 4 adet banko asistanı görev yapmaktadır. Gişelerde sunulan hizmetler; para çekme, para yatırma, vadeli hesap kapama, vadesiz hesap açma, kredi kartı borcu ödeme, havale ve elektronik fon transferi işlemleri, kambiyo işlemleri, fon alış, fon satış gibi çok sayıda işlemi kapsamaktadır. Banka şubelerindeki servis süreleri işlem türüne göre farklı süreler almaktadır.

Müşterilerin banka şubelerine gelmeleri tamamen rastgeledir. Banka şubelerine gelen müşteri sayısı sonsuzdur yani geliş kaynağı sınırsızdır. Hizmet almak için kuyruğa ilk katılan ilk olarak hizmet alır. Kuyruk disiplini öncelikli servis uygulamasının olmadığı ilk gelen ilk servis alır kuralına uygundur. Her biri aynı hizmeti sunan yani paralel hizmet veren çok kanallı servis birimleri söz konusudur. Müşterilerin banka şubelerine gelmeleri, ortalama geliş hızı λ olan

poisson dağılıma, servis sürelerinin ise μ parametrelili üstel dağılıma sahip olduğu kabul edilmiştir.

4.2. Sistem Yapısı ve İncelenmesi

Kuyruk modellerinde bütün gelişler arası süreler ve servis zamanları bağımsız ve aynı dağılıma uyduğu varsayılır. Bu modeller genel olarak şöyle isimlendirilir;

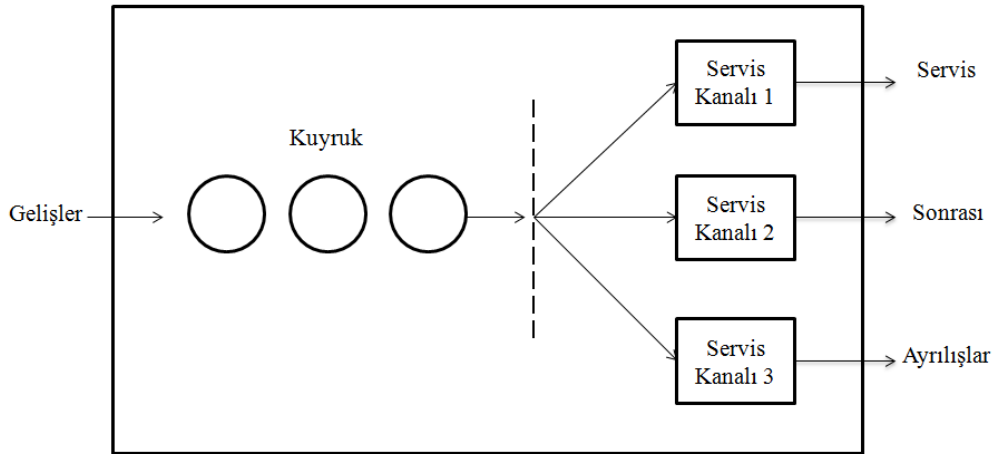
Gelişler arası sürelerin dağılımı/Servis sürelerinin dağılımı/Servis sayısı

Öyle ki; M üstel dağılımı, D dejenere dağılımı, E_k Erlang dağılımını, G genel veya diğer adıyla keyfi dağılımı simgeler. Örneğin M/M/c modeli hem gelişler arası hem de servis sürelerinin üstel dağıldığını ve c'nin servis sağlayıcı sayısı olduğunu varsayar (Hillier ve Lieberman, 597, 1990).

(a/b/c) formunda gösterilen standart notasyon 1953 yılında ilk kez D. G. Kendall tarafından geliştirilmiştir ve literatürde Kendall notasyonu olarak adlandırılır (Özkan, 2012, 322).

M/M/1, tek kanallı tek aşamalı; M/M/C, çok kanallı tek aşamalı; M/G/1, tek kanallı çok aşamalı; M/G/C, çok kanallı çok aşamalı gibi birçok kuyruk modeli gerçek problemlerin çözümünde yaygın olarak kullanılmaktadır. M/M/1 basit ve yaygın olarak kullanılan kuyruk modelidir ve diğer kuyruk modellerinin temelini oluşturmaktadır (Liu, 2014, 3541).

Çalışma kapsamında çok kanallı tek aşamalı (M/M/C) kuyruk modeli kullanılmıştır ve Şekil.1'de sistem yapısı gösterilmektedir.



Şekil 1: Çok kanallı tek aşamalı bekleme hattı modeli

Kaynak: Render ve Stair (1991, 637)

Uygulama kapsamında ele alınan kuyruk problemine ilişkin çok kanallı tek aşamalı kuyruk modeli türetilirken aşağıdaki basitleştirilmiş varsayımları kapsar (Curwin ve Slater, 2002, 528);

- Tek bir kuyruk ve c tane özdeş servis noktası vardır.
- Kuyruk disiplini ilk gelen ilk hizmet görür şeklindedir.
- Gelişler poisson dağılımına uyar.
- Servis süreleri negatif üstel dağılıma uyar.
- Kuyrukta bekleyen müşterilerin sayısında bir sınırlama yoktur.
- Bütün müşteriler servis almak için yeterli süre kadar bekler.

Hizmet almak üzere banka şubelerine gelen müşteriler, fiziksel olarak sıraya girmelerine gerek bırakılmadan sistemselsel olarak sıra numarası verilerek kuyruğa katılırlar ve gişelere hizmet önceliği olmadan servis almak üzere çağırılırlar. Sıra sistemi: sıramatik, ana göstergeler, gişe göstergeleri, gişeler, kullanıcılar ve müşterilerden oluşmaktadır.

Müşteriler şubeye geldiği anda sıramatik cihazında listelenen işlem servislerinden yapmak istediği işlem için uygun servisi seçmek suretiyle sıra numarası alınarak sıraya dâhil edilirler.

Sıramatik cihazında verilen sıra numaraları her zaman ilgili servis için en son alınan sıra numarasını ardışık olarak takip edecektir.

Sıra numarasının alınmasıyla müşteri hizmet görebilmek için kuyrukta beklemeye başlamaktadır. Müşteri sırasını gişe ve salonlarda bulunan göstergeler aracılığıyla takip edecektir. Kullanıcılar işlemlerini tamamladıkça sıradan yeni müşteri çağıracaktır.

Kullanıcının bir sonraki müşteri için çağırma talebini belirtmesiyle, kullanıcının gişesinde tanımlı parametrik kurallar çerçevesinde sistemselsel olarak sıradaki müşteri bulunur. Kullanıcının gişesinde ve gişenin bulunduğu ana gösterge üzerinde ilgili sıra numarası gösterilir.

Müşteri sıra numarasıyla çağrılan gişeye giderek işlemlerini gerçekleştirmektedir. Çağrılan müşteri gelmemesi durumunda sıradan yeni bir müşteri çağrılabilir. Çağrılan müşterinin yapacağı işlemler ilgili gişe tarafından yapılamaz ya da belirttiği işlem servisine ait değilse, kişi başka bir işlem servisine transfer edilebilir.

Müşterilerin şube içerisinde geçirdikleri süreler detaylı olarak kayıt altına alınmaktadır. Bu süreler üzerinden analizler yapılarak yönetsel kararlar verilebilmesi mümkün olmaktadır.

4.3. Sistem Verilerinin Analizi

Kuyruk sistemine gelen müşterilerin sayısı (n), kanal sayısından (c) az veya ona eşit, yani $n \leq c$ ise kuyrukta beklemeden müşteri servis alacağından kuyrukta bekleme süresi olmayacaktır. Buna karşılık $n > c$ durumunda ise c sayıda müşteriye hizmet sunulacağından $n - c$ sayıdaki müşteri için bekleme söz konusu olacaktır (Kazan vd., 2012, 256).

Herhangi bir çalışma saatinde en az 2 en fazla 4 gişenin hizmet verebilmesinden dolayı, gişe sayısının çalışma kısıtı $2 \leq c \leq 4$ şeklinde olmaktadır.

Uygulama kapsamındaki hizmet işletmelerine bekleme nedeniyle oluşan müşteri memnuniyetsizliğinin ve müşteri kaybının doğrudan maliyeti hesaplanamamaktadır. Ancak sistemin çalışmasından dolayı oluşan işletme maliyeti maliyet kısıtını belirlemektedir. Herhangi bir zamanda sistemdeki gişe sayısı c ve sistemin çalışma maliyeti M olmak üzere; Toplam Maliyet kısıtı, $\min_{(TM)} = c \times M$ olarak tanımlanmıştır.

Veriler A_1 , A_2 , A_3 , B_1 , B_2 ve B_3 şubelerinden alınan müşteri geliş ve servis miktarlarına ait bilgilerden oluşmaktadır. Bankaların bu altı şubesi için sistemden alınan 21 günlük⁵ raporlar incelenmiştir. Veriler WinQSB version 1.0 paket programındaki kuyruk modeli yardımıyla analiz edilmiştir.

Maliyet değişkenleri olan personel giderleri, kira giderleri, bakım ve onarım giderleri, ısıtma, aydınlatma ve su giderleri, basılı kâğıt ve kırtasiye giderleri, haberleşme giderleri ile ilgili veriler şube yöneticileri ile yapılan görüşmeler ve sistemdeki bilgi ve verilerin incelenmesi sonucu elde edilmiştir. Sistem yöneticileri ve veriler doğrultusunda şubelerin nicel özellikleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1: Şubelerin Nicel Özellikleri

Şubeler	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	B ₃
Müşteri Sayısı	5421	3508	13168	5616	8402	4641
Gişe Sayısı	4	2	4	3	4	3
Müşteri Gelişleri (λ)	250	84	352	116	347	195
Servis Düzeyi (μ)	105	48	137	70	105	84
Maliyet	54	46	75	67	83	58

4.4. Analiz Sonuçları

Çalışma kapsamındaki bankaların mevcut sistem performansına ait analiz sonuçları Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2: Mevcut Durumda Sistem Performans Özetleri

Şube	A₁	A₂	A₃
Gişe Sayısı	4 kişi	2 kişi	4 kişi
Sistemin ortalama etkinliği (Doluluk oranı)	% 59,5238	% 87,50	%64,2336
Sistemdeki ortalama müşteri sayısı (L)	2,7942 kişi	7,4667 kişi	3,1865 kişi
Bekleme hattındaki ortalama müşteri sayısı (Lq)	0,4132 kişi	5,7167 kişi	0,6172 kişi
Müşterinin ortalama sistemde bulunma süresi (W)	0,0112 saat	0,0889 saat	0,0091 saat
Müşterinin ortalama kuyruk bekleme süresi (Wq)	0,0017 saat	0,0681 saat	0,0018 saat
Sisteme gelen bir müşterinin bekleme olasılığı (Pw)	% 28,0994	% 81,6667	% 34,3641
Sistemde müşteri olmama olasılığı (Po)	% 8,4939	% 6,6667	% 6,7687
Sistemin bir saatlik meşgul olma maliyeti	128,5714 TL	80,50 TL	192,7007 TL
Sistemin bir saatlik boş kalma maliyeti	87,4286 TL	11,50 TL	107,2993 TL
Şube	B₁	B₂	B₃
Gişe Sayısı	3 kişi	4 kişi	3 kişi
Sistemin ortalama etkinliği (Doluluk oranı)	% 55,2381	%82,619	% 77,381
Sistemdeki ortalama müşteri sayısı (L)	2,0224 kişi	6,3677 kişi	4,3915 kişi
Bekleme hattındaki ortalama müşteri sayısı (Lq)	0,3653 kişi	3,063 kişi	2,0701 kişi
Müşterinin ortalama sistemde bulunma süresi (W)	0,0174 saat	0,0184 saat	0,0225 saat
Müşterinin ortalama kuyruk bekleme süresi (Wq)	0,0031 saat	0,0088 saat	0,0106 saat
Sisteme gelen bir müşterinin bekleme olasılığı (Pw)	% 29,5988	% 64,4373	% 60,5098
Sistemde müşteri olmama olasılığı (Po)	% 17,4684	% 2,2535	% 6,5643
Sistemin bir saatlik meşgul olma maliyeti	111,0286 TL	274,2952 TL	134,6429 TL
Sistemin bir saatlik boş kalma maliyeti	89,9714 TL	57,7048 TL	39,3571 TL

A₁ şubesinin kuyruk modeli yardımı ile yapılan analizi sonucunda, sistemde 4 servis kanalı olması durumunda sistemin ortalama etkinliği yaklaşık %59 olarak bulunmuştur. A₂ şubesi için yapılan analizde 2 servis kanalı ile sistemin ortalama etkinliği %87 olarak yüksek bir seviyede olduğu tespit edilmiştir. Analiz kapsamındaki A₃ şubesi için mevcut 4 kanal ile sistemin ortalama etkinliği %64 olarak hesaplanmıştır. B₁ şubesinde kuyruk modeli yardımı ile yapılan analiz sonucunda, sistemde 3 servis kanalı olması durumunda sistemin ortalama etkinliği yaklaşık %55 olarak bulunmuştur. B₂ şubesi için yapılan analizde 4 servis kanalı ile sistemin ortalama etkinliği %83 olarak yeterli bir seviyede olduğu tespit edilmiştir. Analiz kapsamındaki B₃ şubesi için mevcut 3 kanal ile sistemin ortalama etkinliği %77 olarak hesaplanmıştır. Şubelere ait mevcut sistem ile ilgili değişiklikler sonucu yapılan analiz sonuçları Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3: Olası Değişiklikler Sonucu Sistem Performans Özetleri⁶

Şube	A₁	A₂	A₃
Gişe Sayısı	3 kişi	3 kişi	3 kişi
Sistemin ortalama etkinliği (Doluluk oranı)	% 79,3651	% 58,3333	% 85,6448
Sistemdeki ortalama müşteri sayısı (L)	4,8305 kişi	2,2171 kişi	6,9924 kişi
Bekleme hattındaki ortalama müşteri sayısı (Lq)	2,4496 kişi	0,4671 kişi	4,4231 kişi
Müşterinin ortalama sistemde bulunma süresi (W)	0,0193 saat	0,0264 saat	0,0199 saat
Müşterinin ortalama kuyruk bekleme süresi (Wq)	0,0098 saat	0,0056 saat	0,0126 saat
Sisteme gelen bir müşterinin bekleme olasılığı (Pw)	% 63,6891	% 33,3658	% 74,1364
Sistemde müşteri olmama olasılığı (Po)	% 5,8421	% 15,5642	% 3,7647
Sistemin bir saatlik meşgul olma maliyeti	128,5714 TL	80,50 TL	192,7007 TL
Sistemin bir saatlik boş kalma maliyeti	33,4286 TL	57,50 TL	32,2993 TL
Şube	B₁	B₂	B₃
Gişe Sayısı	2 kişi	3 kişi	2 kişi
Sistemin ortalama etkinliği (Doluluk oranı)	% 82,8571	% 100,0117	% 99,9914
Sistemdeki ortalama müşteri sayısı (L)	5,2865 kişi	8,4351 kişi	8,2179 kişi
Bekleme hattındaki ortalama müşteri sayısı (Lq)	3,6293 kişi	8,4319 kişi	8,2158 kişi
Müşterinin ortalama sistemde bulunma süresi (W)	0,0456 saat	0,0263 saat	0,0472 saat
Müşterinin ortalama kuyruk bekleme süresi (Wq)	0,0313 saat	0,0263 saat	0,0472 saat
Sisteme gelen bir müşterinin bekleme olasılığı (Pw)	% 75,0893	% 99,9922	% 99,9888
Sistemde müşteri olmama olasılığı (Po)	% 9,3750	% 0,0016	% 0,006
Sistemin bir saatlik meşgul olma maliyeti	111,0286 TL	265,7783 TL	120,6445 TL
Sistemin bir saatlik boş kalma maliyeti	22,9714 TL	-16,7783 TL	-4,6445 TL

A₁ şubesine ait etkinlik oranının düşük olmasından dolayı servis kanalı sayısı 4 olarak sistem analizi tekrar yapılmış ve sistemin ortalama etkinliği artırılarak %79 olarak hesaplanmıştır. A₂ şubesinde 3 servis kanalı olması durumu ile tekrar analiz edildiğinde sistemin ortalama etkinliği %58'e düşmüştür. A₃ şubesi için doluluk oranının etkinliğinin düşük olması nedeniyle sistemdeki servis kanalı sayısı 3 olarak analiz tekrarlandığında sistemin ortalama etkinliği %85 olarak makul bir seviyede olabileceği tespit edilmiştir. B₁ şubesine ait etkinlik oranının düşük olmasından dolayı servis kanalı sayısı 2 olarak sistem analizi tekrar yapılmış ve sistemin ortalama etkinliği artırılarak yaklaşık %83 olarak hesaplanmıştır. B₂ ve B₃ şubelerinde sırasıyla 3 ve 2 servis kanalı ile 1000 saatlik çalışması durumu için analiz tekrarlandığında ise sistemin ortalama etkinliği yaklaşık %100 olarak bulunmuştur.

5. Sonuç

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 (Singer ve Donoso, 2008, 2559). Talebin fazla olduğu durumda müşterilerin beklemesinden dolayı bekleme maliyeti oluşurken, talebin az olduğu durumda ise işletmenin servis maliyeti yükselmektedir (Karahana ve Gürpınar, 2009, 163). 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 (Kazan vd., 2012, 264). Bu çalışma optimal servis düzeyinin belirlenmesinde işletmelere yardımcı olacaktır (Ullah vd., 2014, 5).

Rekabetin oldukça yoğun yaşandığı bankacılık sektöründe, müşteri odaklı bir çalışma felsefesi ile müşteri kayıplarının yaşanmasını engellemek için bekleme sürelerinin azaltılarak müşteri memnuniyetinin sağlanması ve aynı zamanda işletme maliyetlerinin optimal düzeyde tutulması yönünde ileriye yönelik kararlar alınması yöneticilere düşen çok önemli bir görevdir. Söz konusu kararların sorunlara ve iyileştirmelere etkin ve kalıcı çözümler sağlayabilmesi kullanılan araştırma ve yöntemlerin bilimsel niteliğine bağlıdır. Bekleme sürelerinin iyileştirilmesi ve müşteri memnuniyetinden sorumlu şube yöneticileri, bilimsel bir yöntem olan yönelem araştırması tekniklerinden faydalanmaktadırlar.

Bu çalışmada Denizli ilinde faaliyet gösteren iki bankanın altı farklı şubesinde olan bekleme sürelerinin kuyruk modeli yardımı ile etkinliği analiz edilmiştir. Altı adet şubede, farklı sayılarda banko asistanı ile oluşan kuyruklar bekleme süreleri ve maliyetler açısından benzetimi yapılmış ve uygun servis kanalı sayısı belirlenmeye çalışılmıştır.

A₁, A₃ ve B₁ şubelerinde hizmet veren servis kanalı sayısının birer adet azaltılarak sırasıyla 3, 3 ve 2 birim olması durumunda sistemin daha etkin kullanımının artabileceği, bu üç şubede gişe sayısının azaltılmasının A bankası için 129 TL/saat ve B bankası için 67 TL/saat maliyet avantajı sağlayacağı ve hizmet birimlerinin atıl kalmasının işletmeye yüklediği maliyetin düşürülebileceği tespit edilmiştir. A₂, B₂ ve B₃ şubelerinde ise sırasıyla 2, 4 ve 3 olan servis kanalı sayısı ile çalışılmaya devam edilmesinin analizi yapılan maliyet verileri ve sistemin ortalama etkinliği dikkate alındığında daha uygun olacağı düşünülmektedir. Ayrıca sistem performansı açısından A bankasının iki farklı şubesinde düzenleme yapılabilir iken B bankasında sadece bir şubede düzenleme yapılabilir ve bu nedenle B bankasının A bankasından daha etkin olduğu sonucu çıkarılabilir.

Kuyruk teorisi kullanılarak ölçülen performans analizinde ilgili veriler müşteri memnuniyeti ve servis düzeyi arasındaki denge düzeyinin belirlenmesi için bankada alınacak kararlara yardımcı olabilecektir (Kembe vd., 2012, 23). Gişe sayısı ile ilgili kararlarda müşteri memnuniyetini arttırmak, maliyetleri azaltmak ve rekabet avantajı sağlamak için bu verilerden faydalanılmalıdır (Chai, 2012, 840). Ayrıca banka şubesinin bulunduğu yerin konumu, müşteri potansiyeli, gelir yapısı, emekli maaş/kamu/özel sektör çalışanı bakımından müşteri ayrımı, şubenin hinterlandında bulunan diğer bankalar, günlük ortalama kesilen fiş sayısı göz önünde bulundurularak gişe sayısı belirlenmelidir ve sıramatik sistemi ile elde edilen bekleme süreleri ve gişelerin doluluk oranına ilişkin veriler belirli aralıklarla incelenerek ve açık tutulacak gişe sayısı etkin olarak belirlenerek sistem iyileştirilmelidir.

Kaynakça

- Ajiboye, A. S. (2014). Evaluating an ATM Service Using Queue Theory. *Journal of Statistics and Management Systems*, 17(5-6), 519-527.
- Al-Astal, Y. A. ve Ashour, H. Y. (2014). Application of Computer Simulation For Optimising Branchless Banking Opportunities Via Cell Phones. *International Journal of Operational Research*, 20(3), 301-314.
- Boucherie, R. J. ve Dijk, N. M. V. (2011). *Queueing Networks A Fundamental Approach*. 154. Baskı. New York: Springer Science+Business Media.
- Chai, C. F. (2012). Problem Analysis and Optimizing of Setting Service Desks in Supermarket Based on M/M/C Queuing System, *Industrial Engineering and Engineering Management*, 2012 IEEE International Conference, 833-841.
- Chowdhury, M. S. R. (2013). Queuing Theory Model Used To Solve The Waiting Line Of A Bank -A Study On Islami Bank Bangladesh Limited. Chawkbazar Branch, Chittagong, *Asian Journal Of Social Sciences And Humanities*, 2(3), 468-478.
- Curwin, J. ve Slater, R. (2002). *Quantitative Methods For Business Decisions*. Fifth Edition, Thomson Learning, Singapore.
- Çevik, O. ve Yazgan E. (2008). Hizmet Üreten Bir Sistemin Bekleme Hattı Modeli İle Etkinliğinin Ölçülmesi. *Niğde Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(2), 119-128.
- Çiçek, E. ve Atılğan, K. Ö. (2012). Hizmet İşletmelerinde Çağrı Merkezi ve Bekleme Hattı Uygulamalarına Tüketici Odaklı Bir Yaklaşım. *SÜ İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 12(23), 81-102.
- Dhar, S. K. ve Rahman, T. (2013). Case Study for Bank ATM Queuing Model. *IOSR Journal of Mathematics*, 7(1), 1-5.
- Doğan, İ. (1995). *Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları*. 2. Baskı. Eskişehir: Bilim Teknik Yayınevi.
- Ferreira, M. A. M., Andrade, M., Filipe, J. A. ve Coelho, M. P. (2011). Statistical Queuing Theory with Some Applications. *International Journal of Latest Trends in Finance & Economic Sciences*, 1(4), 190-195.
- Güray, A. ve Ulusam, S. (2001). Ağaç İşleri Sektöründeki Tek Kanallı Kuyruk Sisteminde Simülasyon Analizi Uygulaması. *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(1), 117-124.

- Hao, T. ve Yifei, T. (2011). Study on Queuing System Optimization of Bank Based on BPR. *Procedia Enviromental Sciences*, 10(A), 640-646.
- Haghighi, A. M. ve Mishev, D. P. (2013). *Difference And Differential Equations With Applications In Queueing Theory*. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.
- Hillier, F. S. ve Lieberman, G. J. (1990). *Introduction to Operations Research*. Fifth Edition, McGraw-Hill Publishing Company, Singapore.
- Iwu, H. C., Ogbonna, C. J. ve Jude, O. (2013). Graphical and Queuing Model of Banking Operations in Intercontinental Bank Plc, Nigeria. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 2(6), 282-292.
- Jalali, S. Gh., Sabbagh, M. S., Hoseini, S. F. ve Baghersad, M. (2014). Performance Evaluation and Improvement of Queuing System in Iran Khodro Agency, A Case Study. *International Journal of Applied Operational Research*, 4(2), 43-51.
- Jomah, I. R. M. (2011). *An Inventory Control Model With (M/M/1) Queueing System And Lost Sales*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Filistin: An-Najah National University Faculty of Graduate Studies.
- Kandemir-Cavas, C. ve Cavas, L. (2007). An Application Of Queueing Theory To The Relationship Between Insulin Level And Number Of Insulin Receptors. *Turkish Journal Of Biochemistry*, 32(1), 32-38.
- Karahan, A. ve Gürpınar, K. (2009). Hastanelerde Kuyruk ve Randevu Sisteminin Etkinliği Üzerine Araştırma. *SÜ İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 17(2009), 155-172.
- Kazan, H., Ergülen A. ve Çoruhlu, N. (2012). Banka Çağrı Merkezlerinde Bekleme ve Müşteri İlişkiler Yönetimi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi*, 14(1), 251-268.
- Kembe, M. M., Onah, E. S., Iorkegh, S. (2012). A Study of Waiting And Service Costs of A MultiServer Queuing Model In A Specialist Hospital, *International Journal Of Scientific and Technology Research*, 1(8), 19-23.
- Khalaf, R. F. (2012). *On Some Queueing Systems with Server Vacations, Extended Vacations, Breakdowns, Delayed Repairs and Stand-bys*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, England, Brunel University.
- Köksal, M. (1980). Kuyruk Teorisi (=Bekleme Hattı Kuramı) (Stokastik Kuyruk Modellerinin Analitik Yoldan İncelenmesi). *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 9(1), 157-179.

- Liu, Y. (2014). M/M/1 Queue Model with Uncertain Parameters by Monte Carlo Simulation. *Applied Mechanics and Materials*, 556-562(2014), 3541-3544.
- Madadi, N., Roudsari, A. H., Wong, K. Y. ve Galankashi, M. R. (2013). Modeling and Simulation of a Bank Queuing System. *Computational Intelligence, Modelling and Simulation*, 2013 IEEE International Conference, 209-215.
- Mehta, S., Chafle, G., Parija, G. ve Kedia, V. (2011). A System For Providing Differentiated QoS in Retail Banking. *Proceedings of the 22nd International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*, 16-22 Haziran, Barcelona, 2494-2499.
- Ngamsirijit, W. (2012). Using Queueing Theory For Evaluating Flexibility Performance In Banking. *International Journal Services and Operations Management*, 12(4), 387-404.
- Özdağoğlu, A., Yalçınkaya, Ö. ve Özdağoğlu, G. (2009). Ege Bölgesi'ndeki Bir Araştırma ve Uygulama Hastanesinde Acil Hasta Verilerinin Simüle Edilerek Analizi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(16), 61-73.
- Özkan, Ş. (2012). *Yöneylem Araştırması - Nicel Karar Teknikleri*. 3.Basım. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Öztürk, A. (2012). *Yöneylem Araştırması*. 14. Baskı. Bursa: Ekin Kitabevi.
- Paradi, J. C. ve Zhu, H. (2013). A Survey on Bank Branch Efficiency and Performance Research With Data Envelopment Analysis. *Omega*, 41(2013), 61-79.
- Paschou, M., Sakkopoulos, E., Sourla, E. ve Tsakalidis, A. (2012). MobiQ: Mobile Based Processes for Efficient Customer Flow Management Enterprise. *Business-Process and Information Systems Modeling Lecture Notes in Business Information Processing*, 113, 211-225.
- Ramachandran, A., Chidambaram, V., Swaminathan, V. ve Kesavan, S. (2013). A Pragmatic Study On Waiting Line Strategies Of An Indian Private Sector Bank. *Journal of Applied Economic Sciences*, 8(4), 405-415.
- Ramasamy, R. K. ve Chua, F. F. (2012). Queue Management Optimization with Short Message System (SMS) Notification, *Economics, Business Innovation*, 2012 IPEDR International Conference, 38, 49-53.
- Render, B. ve Stair, R. M., Jr. (1991). *Quantitative Analysis for Management*. Fourth Edition, Allyn & Bacon Inc., United States of America.

- Singer, M. ve Donoso, P. (2008). Assessing an Ambulance Service with Queuing Theory, *Computers and Operations Research*, 35(8), 2549-2560.
- Sundari, S. M. ve Srinivasan, S. (2012). Analysis of M/M/I Queueing Model for ATM Facility, *Global Journal of Theoretical and Applied Mathematics Sciences*, 2(1), 41-46.
- Taha, H. A., Baray, Ş. A. ve Esnaf, Ş. (2014). *Yöneylem Araştırması*. 5. Baskı. İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Taufemback, C., ve Silva, S. D. (2012). Queuing Theory Applied to the Optimal Management of Bank Excess Reserves. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 391(4), 1381-1387.
- Teimoury, E., Modarres, M., Ghasemzadeh, F. ve Fathi, M. (2010). A Queueing Approach to Production-Inventory Planning For Supply Chain With Uncertain Demands: Case Study of PAKSHOO Chemicals Company. *Journal of Manufacturing Systems*, 29 (2-3), 55-62.
- Ullah, A., Zhang, X. D., Iqbal, K. ve Ayat, M. (2014). Sub-optimization of Bank Queuing System by Qualitative and Quantitative Analysis, *Service Systems and Service Management*, 2014 IEEE International Conference, 1-6.
- Xu, X., Zhang, A., Cheng, Z., Wan, J., Ren, Z. ve Xiong, N. (2012). The Performance of Queue Problem Based on Monte Carlo Method. *Journal of Computational Information Systems*, 8(7), 3091-3099.
- Yakubu, A. W. N. ve Najim, U. (2014). An Application of Queuing Theory to ATM Service Optimization: A Case Study. *Mathematical Theory and Modeling*, 6(4), 11-23.
- Yıldız, M. S. ve Arslan, H. M. (2013). Bekleme Hattı Modeliyle Servis Sisteminin Analizi: Düzce Üniversitesi Merkez Yemekhanesi Örneği. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 21(2013), 169-184.
- Yıldız, M. ve Ungan, M. C. (2009). Toplu Ulaşım Sistemlerinde Elektronik Kart Uygulamasının Ulaşım Performansına Etkisi ve Bir Örnek Uygulama. *SÜ İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 9(16), 461-474.

Notlar

Not 1. 1907 yılında ve 1910 yılının kasım ayında Londra'da The Post Office Electrical Engineers dergisinde tekrarı yayınlanan makale

Not 2. Bu denge kavramına sonradan Chapman-Kolmogorov denklemi denilmiştir.

Not 3. Belirli bir yapılandırma ile ilgili performans ölçümleri için değerler sağlayan yöntem.

Not 4. Bir sistemi en etkili şekilde çalıştırmak için yönergeler sağlayan yöntem.

Not 5. Bir aylık periyotta işlem yapılan gün sayısı.

Not 6. B2 ve B3 şubelerinin servis kanalı sayısının birer adet azaltılması sonucu doluluk oranları (ρ) 1,6524 ve 1,1607 olarak hesaplanmıştır. Bu nedenle şubelerin istikrarlı bir duruma ulaşması çok kanallı tek aşamalı kuyruk modeline göre mümkün değildir. WinQSB paket programı yardımı ile sisteme uygun ayırık olay Monte Carlo simülasyon modeli ile sistemin 1000 saatlik çalışması durumunda oluşabilecek performans değerlerine yer verilmiştir.