

15645

BİR BANKA ŞUBESİ MENKUL DEĞERLER
SERVİSİNİN BEKLEME HATTI
SERVİS SİSTEMİ OLARAK
ANALİTİK İNCELENMESİ
METİN BAŞ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ESKİŞEHİR-1999

**BİR BANKA ŞUBESİ MENKUL DEĞERLER SERVİSİNİN BEKLEME HATTI
SERVİS SİSTEMİ OLARAK ANALİTİK İNCELENMESİ**

METİN BAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İşletme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Doğan Bayar

Eskişehir

Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

Ocak 1999

ÖZ

Bir bankanın Menkul Değerler servis sisteminin incelenmesi için yapılan bu çalışmada uygulama yeri olarak Toprakbank Menkul Değerler seçilmiştir. Sistemdeki servis birimleri hizmet veren sistemler olarak ele alınmıştır.

Bu servis sisteminde amaç, en iyi hizmeti en az bekleme ile sağlamaktır. Bu amaçların gerçekleşmesi için bir takım eylemlerin yapılması gerekir. Yapılan bu eylemlerin ne derece etkin olduğu sistem öğelerinin davranışlarının incelenmesi ile açıklığa kavuşturulacaktır. İşte bu amaçla şubedeki servis birimleri hizmet üreten sistemler olarak ele alınıp farklı zamandaki davranışı gözlenerek, sistemin etkinliği araştırılmıştır. Bu araştırmada kuyruk modellerinden yararlanılmıştır.

Bu çalışmada sistemin girdi, kuyruk, servis ve çıktı süreçleri incelenerek Menkul Değerler servisinin performansına ilişkin göstergeler elde edilmiş, bu göstergelerden yararlanılarak verilen hizmetin müşteri beklentisini karşılayıp karşılamadığı ve yığılmanın önlenmesi için yapılabilecek alternatif iyileştirmeler belirlenmiştir.

ABSTRACT

In this study done to observe a bank's Menkul Değerler service system, Topranbank has been selected. Service branches in system has been taken as servicing systems.

The purpose in this system is to give the best service with less waiting. There are some requirements to fulfill in the order to reach this aims. The effectiveness of these actions are determined with the examination of behaviours of the system units. With this purpose, counters in the branch office has been admitted as utility supply service and activity of the system has been examined while observing the behaviours of the system within the different time limits. Queuing is used in this study.

The inputs of the system, queue, service and output concept have been studied and than some tables showing the performance of the bank is obtained. Whether the service given a supply the client's demand and the piling of the client is tired to eliminate according to the improved alternatives that have been determined.

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

İmza

Üye (Tez Danışmanı) : Prof.Dr.Doğan BAYAR

Üye : Prof.Dr.Yaşar HOŞCAN

Üye : Doç.Dr.Emel ŞIKLAR

Metin BAŞ'ın "Bir Banka Şubesi Menkul Değerler Servisinin Bekleme Hattı Servis Sistemi Olarak Analitik İncelenmesi" başlıklı tezi **15 Nisan 1999** tarihinde, yukarıdaki jüri tarafından Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca, İşletme (Sayısal Yöntemler) Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak değerlendirilerek kabul edilmiştir.

ÖNSÖZ

Bekleme hattı sistemlerinde karar vericilerin çeşitli konularda sağlıklı karar verebilmeleri için güvenilir göstergelere ihtiyaçları vardır. Bekleme hattı sistemlerine analitik yöntemlerin uygulanmasıyla bu göstergelerin türetilmesi mümkündür.

Bekleme hattı veya kuyruk, bir hizmet sistemine gelen müşterilerin sistemin başka bir müşteriye hizmet vermesi durumunda oluşturdukları birikim olarak tanımlanır. İşte, hizmet almak isteyenlerin sayısının yeterli düzgünlükte olmayışı yığılmaların en büyük sebebidir.

Bekleme hattı sisteminde amaç, servis maliyetlerinin düşük olması istenirken, servis niteliğini yükseltmek ve müşterilerin bekleme zamanını en düşük düzeyde tutmaktır. Böylece, işletmenin yararlarına fazla uygun olmayan bir ekonomik denge oluşacaktır. İşte bu ekonomik dengeye ulaşana veya bir anlamda müşterilere en iyi ve en etkin servisi sağlama ancak bekleme hattı modelleri ile gerçekleşecektir.

Bekleme hattı modellerinden yararlanılarak, ele alınan sistemin özelliklerine göre yığılmanın boyutları araştırılıp çözüm yöntemleri geliştirilebilir. Bu elde edilen yöntemler çeşitli çözümlenelerde kullanılmak üzere yöneticilere sunulabilir.

Bu amaçla Toprakbank Menkul Değerlerde yapılan gözlemlerle sistem öğeleri belirlenmiş, bu öğelerden yararlanılarak oluşan uzun kuyrukları ortadan kaldırmak için alternatif çözümler tespit edilmiştir. Bu alternatif çözümler incelenerek, Toprakbank Menkul değerler ile burada yatırım yapmayı düşünen ve yatırım yapan müşteriler açısından yararları ve sakıncaları araştırılmıştır.

Bu düşüncelerden yola çıkarak yaptığım bu çalışmada, katkıları ve destekleri için danışmanım Prof. Dr. Doğan BAYAR'a, Prof. Dr. Yaşar HOŞCAN ve Doç. Dr. Emel ŞIKLAR'a ayrıca yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZ.....	iii
ABSTRACT.....	iv
DEĞERLENDİRME KURULU VE ENSTİTÜ ONAYI.....	v
ÖNSÖZ.....	vi
ÖZGEÇMİŞ.....	vii
GİRİŞ.....	1

BÖLÜM 1 BEKLEME HATTI SİSTEMLERİNİN GENEL YAPISI

1.1. Bekleme Hattı Kuramı.....	3
1.2. Bekleme Hattı Kuramının Tarihsel Gelişimi.....	3
1.3. Bekleme Hattı Sistemleri.....	4
1.4. Bekleme Hattı Sistemlerinin Öğeleri.....	6
1.4.1. Müşteriler (Gelişler).....	7
1.4.2. Bekleme Hattı ve Servise Alım	8
1.4.3. Servis Süreci.....	10
1.4.3.1. Servis Sunum Olanakları.....	11
1.4.3.2. Servis Kapasitesi.....	13
1.4.3.3. Servis Süresi.....	13
1.4.4. Servis Olgusu (Çıktılar).....	14
1.5. Bekleme Hattı Sistemlerinin Yapısal Gösterimi.....	14
1.5.1. Olasılık Dağılımlarına Göre Gösterim.....	15
1.5.2. Öğelerin Değişik Durumlarına Göre Gösterim.....	16
1.6. Bekleme Hattı Sistemlerinde Maliyetler.....	18
1.6.1. Servis Olanağı Maliyeti.....	18
1.6.2. Bekleme Maliyeti.....	18
1.7. Bekleme Hattı Sistemlerinde Karşılaşılan Sorunlar.....	20
1.7.1. Davranışsal Sorunlar.....	20
1.7.2. İstatistiksel Sorunlar.....	21
1.7.3. İşlemsel Sorunlar.....	21
1.8. Bekleme Hattı Sistemlerinde İncelenen Sorunlara Yönelik Araştırma.....	21
1.9. Bekleme Hattı Sistemlerinde Karşılaşılan Sorunların Çözümü.....	23
1.9.1. Sezgisel Yaklaşım.....	23
1.9.2. Matematiksel Yaklaşım.....	24
1.9.2.1. Analitik Yöntem.....	24
1.9.2.2. Benzetim Yöntemi.....	24
1.10. Bekleme Hattı Sistemlerinin Temel Kavramları.....	25
1.11. Bekleme Hattı Sistemleri.....	28
1.11.1. Sonsuz Geliş Kaynaklı Bekleme Hattı Sistemleri.....	28
1.11.1.1. Tek Kanallı Bekleme Hattı Sistemleri.....	28
1.11.1.2. Çok Kanallı Bekleme Hattı Sistemleri.....	30
1.11.2. Sonlu Geliş Kaynaklı Bekleme Hattı Sistemleri.....	31
1.11.2.1. Tek Kanallı Bekleme Hattı Sistemleri.....	32
1.11.2.2. Çok Kanallı Bekleme Hattı Sistemleri.....	33

BÖLÜM 2
BİR BANKA MENKUL DEĞERLERİNİN SERVİS SİSTEMİ OLARAK
İNCELENMESİ

2.1. Toprakbank Eskişehir Şubesi Menkul Değerlerinin Bir Servis Sistemi Olarak İncelenmesi.....	34
2.2. Sistemin Öğeleri.....	35
2.2.1. Gelişler (Müşteriler).....	35
2.2.2. Bekleme Hattı ve Servis Alım	36
2.2.3. Servis Süreci	37
2.2.4. Servis Olgusu (Çıktılar).....	37
2.3. Veri Derleme ve Analizi	38
2.3.1. Verilerin Toplanması.....	38
2.3.2. Servis Süreleri İçin Gözlem Sayısının Yeterliliğinin Tespiti	38
2.3.4. Gelişlerin İncelenmesi ve Dağılımın Belirlenmesi.....	38
2.3.5. Servis Sürelerinin İncelenmesi ve Dağılımının Belirlenmesi	41
2.3.6. Analitik Yöntemin Uygulanması.....	43
SONUÇ.....	45
EKLER.....	47
KAYNAKÇA.....	56

GİRİŞ

Günlük yaşantımızda, kuyruklarda bekleyen insanları ve araçları her zaman görürüz. Bunun nedenide, insanların toplum halinde yaşamalarının etkilerinin varolmasıdır.

İnsanlar veya araçlar başkalarını her zaman beklemek zorunda kalmışlardır. Sonuçta beklemek, her insanın istemesede günlük yaşantısının bir parçası olmuştur.

Bekleme sonucu oluşan kuyrukların oluşumundaki tek neden hizmet için gelen müşteri taleplerinin anında karşılanmamasıdır. Böylece kuyruk, sınırlı bir hizmeti karşılayamamasından dolayı bekleme hattını doğurur. Hizmet talebinde bulunan bireyler, yani müşteriler hizmet sunulan birime geldiklerinde kendilerinden önce kimse yoksa hemen hizmet görürler. Fakat, kendilerinden önce başkaları varsa saygılı davranarak bir sıra oluşturarak kuyruksa beklerler ve işletmenin kurallarına göre kendilerine servis yapılır. Diğer taraftan, eğer kuyruksa uzun bir süre beklemek gerekiyorsa müşteri kuyruktan ayrılır. Çünkü, müşteriler fazla beklediklerinde psikolojik bir tedirkinliğe girerler ve zamanlarını boşa harcamak istemezler.

Bazende hizmet talebinde bulunan hiç bir müşteri olmaz. O zamanda, hizmet birimi boş beklemektedir. Bu da, işletmeye ek maliyetler getirir. Bu ek maliyetlerin ve yüksek maliyetlerin düşük olması istenirken, servisin niteliğinin yüksek ve müşterilerin bekleme hattındaki bekleme zamanının düşük düzeyde olması amaçlanır. Bu amaç ise, bekleme hattı sisteminin işleyişi ile ilgili toplam maliyeti, ilgili maliyet türleri ve talebin şekline göre, en az düzeye indirebilecek bir hizmet kapasitesi belirlemektir. Böylece ortaya işletmenin yararları ile müşterilerin yararlarını fazla zorlamayan bir ekonomik dengeye ulaşma sorunu ile karşılaşılır. İşte bu ekonomik denge, başka bir anlamı ile müşterilere en iyi ve etkin servis sağlama ancak bekleme hattı modelleri ile gerçekleştirilir.

Günlük hayatta çok sık karşılaşılan bekleme hatlarının ortaya koyduğu sorunların yapısı üzerine gerçekleştirilen kavramların uygulama alanı giderek genişlemektedir. Bu gibi alanlarda hizmet almak isteyenlerin çokluğuna karşılık hizmet verenlerin sayısının

sınırlı bulunması, ayrıca gelişlerin ve hizmetlerin tek veya çok kanaldan olması bekleme ve servis süresi üzerinde etkili olmaktadır.

Son yıllarda insanların, gelişmek ve daha ileriye gitmek konusunda birbiriyle yarıştığı bu günde, zamanın ne kadar değerli bir kıt kaynak olduğu artık tüm kitleler tarafından bilinmektedir.

İncelenen sektör olan bankacılığın sürekli bir rekabet içinde, müşteriye daha iyi hizmet vermeyi ve daha iyi yatırımlar yaparak daha iyi para kazanmalarını amaçlayan devamlı gelişen bir otomasyona bağlı bir sektör olduğu düşünülürse zamanın en iyi biçimde kullanılmasını sağlamanın önemi açıktır.

Bu çalışmada, yukarıdaki bilgilerden hareketle üç bölümden oluşan bir çalışma yapılmıştır. Birinci bölümde, bekleme hattı sistemlerin genel yapısı hakkında teorik bilgiler verdikten sonra, ikinci bölümde bu teorik bilgiler ışığı altında Toprakbank Menkul Değerler servisinde yapılan analitik uygulama hakkında bilgiler ve son bölümde ise yapılan uygulama sonrası sonuç ve değerlendirme yapılmıştır.

BÖLÜM 1

BEKLEME HATTI SİSTEMLERİNİN GENEL YAPISI

1.1. BEKLEME HATTI KURAMI

Günlük yaşamımızda, kuyrukta bekleyen insanlar ve araçlar ile her zaman karşılaşırız. Maça gidenlerin oluşturduğu bilet kuyruğu, banka kuyruğu, hastane ve muayenehanedeki hasta kuyruğu v.b. gibi olaylar, hizmet için gelen müşteri taleplerinin anında karşılanmaması sonucu günlük yaşantımızda servis sistemlerinin yetersizliğini ve bekleme sorununu ortaya çıkararak bir yığılma meydana getirmektedir. Meydana gelen bu yığılma olayına “Bekleme Hattı” veya “Kuyruk”, probleme ise “Bekleme Hattı Problemi veya Kuyruk Problemi” adı verilir. Bu yöndeki Kurumsal çalışmalara da “Bekleme Hattı Kuramı veya Kuyruk Kuramı” adı verilir.¹ Başka bir ifade ile yığılmanın söz konusu olduğu sistemler üzerindeki bilimsel çalışmalar Bekleme Hattı Kuramı olarak başlamış ve gelişmiştir.

Bekleme Hattı Kuramı, müşterilerin geliş ve servis görme zamanlarının önceden kesin olarak tespit edilemediği, dolayısıyla müşterilerle servis araçları arasında tam bir uyumun sağlanamadığı bir çok duruma uygulanabilmektedir.

Bekleme Hattı Kuramı, özellikle servis sisteminde kullanılacak servis araçlarının sayısını ve tipini uygun bir şekilde belirlemede kullanılır.

Bekleme Hattı Sisteminin tanımını anlamlı kılmak için, ilgili sistemler üzerindeki bilimsel çalışmaların tarihsel gelişimine bakmak gerekir.

1.2. BEKLEME HATTI KURAMININ TARİHSEL GELİŞİMİ

Nüfusun artışıyla birlikte servis isteyen bireylerin çoğalması, yığılmaların meydana gelmesinde doğal etken olmuştur. Böylece bekleme hattı veya kuyruklar oluşmaya başlar.

¹ Hüseyin Erđin, Sonsuz Geliş Kaynaklı ve Tek Kanallı Bekleme Hattı Sistemlerindeki İki Modelin İlişkisi (Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Yayını, 1992), s.4.

Talepler, nüfusla doğru orantılı olarak artarken, zaman kaybını en aza indirmek için yığılma problemlerine çözüm aramakla yığılma sorunu çözülmeye başlandı. İlk yığılma problemine çözüm araştıran kişi Danimarkalı bir elektrik mühendisi olan A. Karl Erlang'dir. A. K. Erlang telefon akışlarının oluşturduğu yığılma olayları üzerine uğraşlarını ve bulgularını "Application of The Theory of Probability to Telephone Trunking Problems" başlığıyla 1909'da bir kitapta yayımlamıştır. Bekleme hattı ile ilgili ilk önemli çalışmayı Danimarkalı mühendis A. Karl Erlang yapmasına rağmen bu alanda ilk eser "Waiting Times and Number of Calls (Bekleme zamanları ve telefon etme sayısı)" başlığını taşıyan Johannson'ın 1907'de yazmış olduğu makaledir. Bundan sonra 1927'de C. Molina, 1928'de C. Fry'ın Erlang'ın çalışmalarını geliştirmesi, 1930'da ve 1934'de Polaczek'in, 1931'de Kolmogorov, 1932'de Khintchine ve 1932'de Crommeli'nin yaptığı çalışmalar gelir.²

1950 lerle birlikte kuramsal çalışmalar iş yerlerinde, stoklamada, hastanelerde ve benzeri yerlerde her türlü fiziksel akışların oluşturduğu yığılma olaylarına hızla uygulanmaya başlanmıştır. Bekleme hattı kuramı üzerinde öncelikle matematikçiler, fizikçiler, trafik mühendisleri ve iktisatçılar çalışmışlardır.³

Bugün bekleme hattı kuramı ile ilgili bir çok kaynak vardır. "Bekleme Hattı Kuramı" başlığını taşıyan kitapların yanı sıra, Yöneylem Araştırması, Sistem Analizi ve Olasılık Kuramı üzerine yazılmış kitaplarda da konu öz olarak incelenmektedir.

1.3. BEKLEME HATTI SİSTEMLERİ

Bir amaç için girdileri işlemek üzere anlamlı bir şekilde bir araya getirilen öğelerden oluşan insan-makine sistemleri kendi içlerinde ulaştırma sistemi, haberleşme sistemi, üretim sistemi, üretim bilişim sistemi vb... sınıflara ayrılabilir. İnceleme konumuzu teşkil eden Bekleme Hattı Sistemi de bir insan-makine sistemidir. Sistemin kurulmasının bir amacı vardır ve sistem öğeleri bu amacın gerçekleştirilmesi için anlamlı bir biçimde birleştirilmişlerdir.

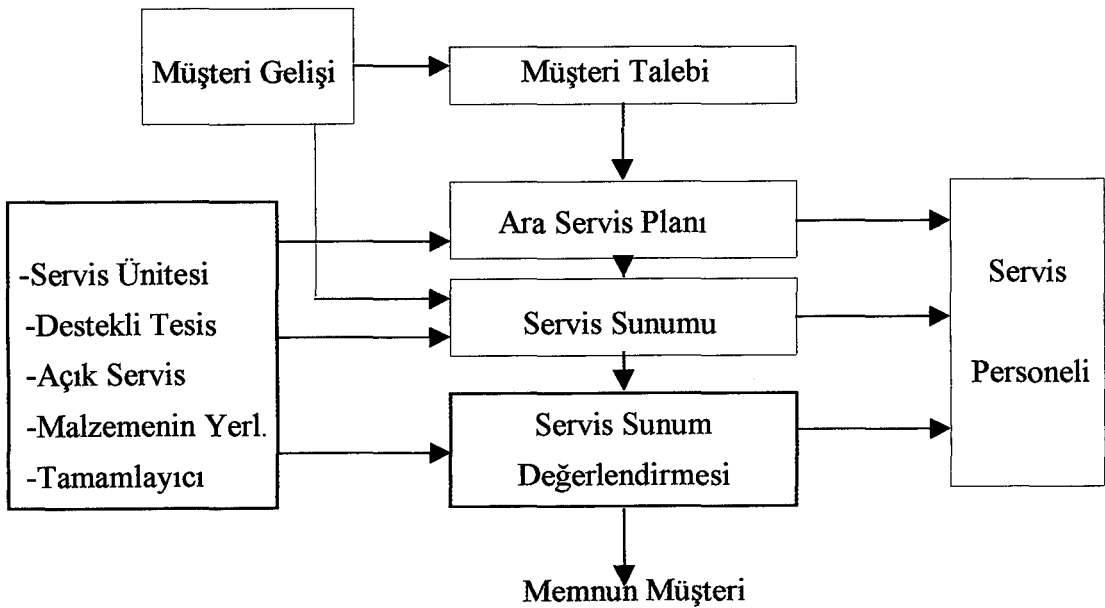
² İmdat Kara, Servis Sistemleri ve Gelişler Zamana Bağlı Olduğunda Kapasite Sorununa Matematiksel yaklaşım (Eskişehir: Esk. İ.T.İ. Akademisi Yayınları, 1976), s.8.

³ H. Erdin, a.g.e., s.5.

Genel olarak tanımlanacak olursa; müşteriler, bekleme hattı, servis ve servis çıktısı gibi dört öğeden oluşan her insan-makina bileşimine “Bekleme Hattı Sistemi” denir. Genel yapısı Şekil 1’de görülmektedir. Bir bekleme hattı sistemi yapısında problem genellikle, ya servise ihtiyaç gösteren bir grup müşterinin servis için beklemesi yada servis yapma araçlarının boş kalarak müşteri beklemesi durumunda ortaya çıkmaktadır.

Bekleme hattı sistemlerini, müşteriyile olan etkileşim ve sunulan hizmetin niteliğine göre üç ayrı sınıfta incelemek mümkündür.

1. Yüksek birliktelik veya salt servis: Servisin yapısı ve talebin zararı müşterilerce belirlenir. Kaliteyi de müşteri tayin eder. (Sağlık merkezleri, oteller, okullar, eğlence merkezleri vb...)
2. Orta Birliktelik veya Karma Servis: Müşteriler servisin yerine getirilmesinde fazla yönlendirici değildirler. (Tamirhane, polis karakolları, itfaiye, taşıma firmaları vb...)
3. Zayıf Birliktelik veya Sözde Servis: Müşterilerin servisin verilmesinde yönlendirme etkisi çok azdır. (PTT, araştırma lab., havayolu şirketinin ikram servisleri vb...)



Şekil 1. Bekleme hattı sisteminin genel yapısı

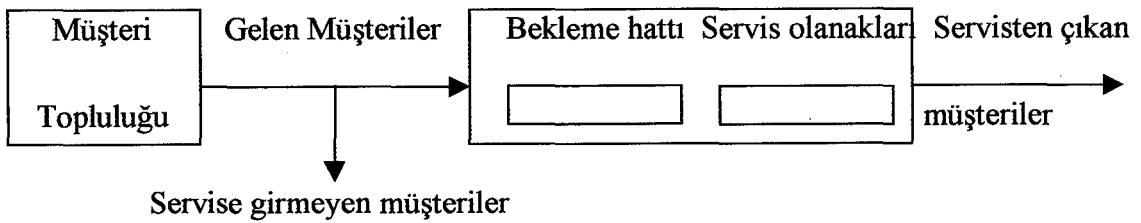
Günümüzde teknoloji gelişimi, sistem yaklaşımları, işletmecilik ve metod gelişimleri ile maliyetler ve zaman çok önemli hale gelmiştir. Bu nedenler, bekleme hattı sistemlerinin analizini zorunlu hale getirmiştir.

Bir bekleme hattı sisteminin analizi, o sistemin maliyeti ve işleyişi yönünden araştırılmasıdır. Bu analizlerde genel amaçlar;

- Üretim sistemlerinde karı maximum, maliyeti minimum yapmaktır.
- Hizmet sistemlerinde maliyet kısıtı altında en iyi hizmeti, en kısa zamanda ve en kaliteli bir biçimde vermektir.

1.4. BEKLEME HATTI SİSTEMLERİNİN ÖGELERİ

Bir bekleme hattı sistemi bir yada daha çok sayıda servis olanağına sahip bir servis sistemi etrafında gelişir. Sistemi oluşturan müşteriler sisteme değişik zamanlarda gelirler ve bekleme hattı koşullarına göre sisteme girerler veya girmezler. Kısaca, bekleme hattı sistemine gelen müşteriler servis bitene kadar bekleme hattında beklerler veya sistem boş ise gelen müşterilere hemen servis verilir ve servisi tamamlananlar sistemten ayrılırlar. Bu bilgiler ışığı altında bir bekleme hattı sistemi şekil 2’ de görülmektedir.



Şekil 2. Bir bekleme hattı sistemi

Bir bekleme hattı sistemi dört temel öğeden oluşur. Bunlar:⁴

1. Müşteriler (Gelişler)

2. Bekleme hattı ve servise alım
3. Servis süreci
4. Servis olgusu (çıktılar)

1.4.1. MÜŞTERİLER (GELİŞLER)

Bir bekleme hattı sisteminde, iş veya hizmet isteği ile gelen her birime müşteri, müşterilerin oluşturduğu topluluğada müşteri kaynağı veya müşteri topluluğu denir.⁵ Müşteri, sisteme gelen araçlar, kişiler, gereçler, hammadde ve makineler olabilir. Müşteriler topluluğu sonlu veya sonsuz sayıda olabilir. Eğer topluluktan bir birimin servis için ayrılmış olması diğer birimlerin gelişini etkilerse yani müşterilerin geldiği ana kütle sayısı küçük ise (30' dan küçük ise) sonlu, etkilemezse yani ana kütle sayısı büyük ise sonsuz müşteri topluluğu söz konusudur. Bekleme hattı sistemine müşterilerin gelişlerinin bilinmesi için gelişlerin zaman aralıklarının ve kaynak büyüklüğünün bilinmesi gerekir. Müşterilerin servis için sisteme gelişleri, gelişler arası süredeki farklılaşma, müşteri topluluğu ile müşterilerin özelliklerine ve yapılan hizmetin özelliğine bağlıdır.

Müşterilerin sisteme geliş tutumları, servis beklentileri ve sistemde harcayabilecekleri süre, bu müşterinin bekleme hattına gelişlerinde değişik davranış biçimleri göstermelerine neden olmaktadır. Bunlardan bazıları şunlardır.⁶

- Kuyruğun uzun olması nedeniyle müşterilerin kuyruğa girmemesi
- Kuyruğa girip sonra kuyruktan ayrılma
- Birden fazla kuyruk varsa hızla ilerleyen kuyruğa veya bekleyeni az olan kuyruğa girmesi

Bu durumlar sisteme ilişkin kurulan modelleri etkilemektedir. Müşterilerin bekleme hattı sistemine gelişleri şekillerden biridir.⁷

⁴ İ. Kara, a.g.e., s.11.

⁵ H.Erdin, a.g.e., s.6.

⁶ Sedat Akalın, Yöneylem Araştırması (Bornova: Ege Üniversitesi İşletme Fakültesi yayını, 1979) s.46.

⁷ İ. Kara, a.g.e., s.12.

- Düzgün gelişler
- Tamamen tesadüfi (Rassal) gelişler
- Genel bağımsız gelişler
- Zamana göre sıçramalı düzgün gelişler
- Toplu gelişler
- Karmaşık gelişler
- Kesik zamanlı gelişler
- Zamana bağlı gelişler
- Sistemin diğer yönlerine bağlı gelişler
- Sürekli akış halinde gelişler.

Müşterilerin sisteme gelişleri yukarıda sıralanan şekillerdeki gibi genellikle tesadüfi (Rassal) gelişlerle tekli veya toplu biçimdedir. Gelişlerin türü belirlendikten sonra gelişler ve gelişlerarasının dağılım fonksiyonları belirlenir. Bu konuda tesadüfi gelişlerin çoğunun Poisson dağılım fonksiyonuna uyduğu, buna göre gelişlerarası dağılım fonksiyonunun da Üstel dağılım olduğu söylenebilir.

1.4.2. BEKLEME HATTI VE SERVİSE ALIM

Müşteriler servis için sisteme geldiklerinde, sistemin durumuna göre işlem görürler.⁸ Eğer müşterilerin beklemesi herhangi bir servis durumu yüzünden ise yani hizmet talebi, hizmet kapasitesinden büyük ise bekleme hattı veya kuyruk oluşur. Sadece servis için beklemekte olan müşterileri kapsayan bekleme hatları servisteki müşterileri içine almaz. Bekleme hattı belli bir uzunluğu aşamaz ve sonludur. Bazende bekleme hattı uzunluğu sınırlı bir şekilde değildir. Yani sonsuzdur.

⁸ İ. Kara, a.g.e., s.13.

Müşterilere hizmet sunulan nokta veya yerlere servis kanalı denir. Bekleme hattında oluşan kuyruklar bu kanal düzenine göre değişiklik gösterir. Eğer servis kanalı tek ise bir tek kuyruk vardır. Bunada tek sıralı - tek kanallı sistemler denir. Çok kanal bulunma durumunda ise ve kanallar seri olarak düzenlenmişse aynı şekilde tek kuyruk oluşur. Kanallar paralel ise oluşacak kuyruk sayısı müşterilerin servise alınma durumuna göre değişir. Eğer müşteriler doğrudan kanallara geliyorsa, her kanal önünde bir kuyruk oluşur. Bunada çok sıralı - çok kanallı sistemler denir. Müşteriler paralel kanallara birtek noktadan alınıyorsa tek kuyruk vardır ve bu sistemede tek sıralı - çok kanallı sistemler denir.

Gişe önündeki müşteriler, bankada veznenin önünde bekleyen müşteriler bekleme hattına örnektir. Bir hizmet sisteminde yani bekleme hattında tek kanal varsa bu kanal önünde kuyruk oluşurken, çok kanallı bekleme hattında sisteme giriş kuralına göre kanallar önünde kuyruk oluşur. Sistemin özelliğine göre servis talep eden müşteriler;⁹

- Tek bir kuyruk
- Özel talepler için özel kuyruk
- Öncelikli servisler için ayrılmış kuyruk
- Aynı talepler için birden fazla kuyruk

şeklinde beklerler. Bu durumlarda servise alım için bir kural gerekir. Müşterilerin hizmet birimine hangi kurallara göre alınacağına servise alım kuralı denir. Bekleme hattı sistemlerinde müşterilere nasıl servis yapılacağını belirleyen servise alım kuralları aşağıdaki gibidir.

- İlk gelen ilk alınır. (FIFO). İlk gelen müşteriye önce hizmet verilir.
- Son gelen ilk alınır. (LIFO). En son gelen müşteriye önce hizmet verilir.
- Rasgele alınır. (SIRO). Hangi müşteri rasgele gelirse ona hizmet verilir.

⁹ İ. Kara, a.g.e., s.13.

- Öncelikle alınır.
- Tanımlanan bir özellik sırasına göre alınır.
- Önem sırasına göre alınır.

Servis alım kuralının farklı olması, sistemin genel işleyişini etkilemez. Çünkü sistemde olması beklenen ortalama müşteri sayısı, sırada bekleyen ortama müşteri sayısı ve bekleme zamanı gibi servis göstergeleri servise alım kuralına bağlı olmaksızın aynıdır. Servise alım kuralının farklı olması müşterilerinin beklemesi ile ilgilidir. Bu kuralının işleyişinde şu noktalara dikkat etmek gerekir.¹⁰

- Sistemin kapasitesi dolu ise gelen müşteri kabul edilmez.
- Gelen bir müşteri bekleme hattında beklemenin uzun zaman alacağını kestirirse, bekleme hattına girmeden sistemi terk edebilir.
- Bazı müşteriler bekleme hattında bir süre bekledikten sonra sistemden ayrılırlar.

1.4.3. SERVİS SÜRECİ

Müşterilerin istediği hizmetin gerçekleştirilmesinde geçen süredir. Servis süreci üç öğeden oluşur. Bunlar,

1. Servis sunum olanakları
2. Servis kapasitesi
3. Servis süresi

olarak sıralanabilir.

1.4.3.1. SERVİS SUNUM OLANAKLARI

Herhangi bir anda bir müşteriye servis sunan servis aracına servis noktası denir.¹¹ Servis bir dizi servis noktalarından oluşuyorsa bu diziye servis hattı veya servis kanalı denir. İşte, bu servis noktalarının ve servis kanallarının tümünün birleşimi servis olanaklarını meydana getirir.

Servis sunum olanakları bekleme hattındaki müşterilerin ihtiyaç duyduğu özellikleri ortaya çıkarır. Örneğin; Bir klinikteki hastalara bakacak doktor sayısının belirlenmesindeki müşterilere yani hastalara servis olanağı doktorlardır. Bir liman için servis hızının belirlenmesinde müşterilere yani gemilere servis olanağı limandır. Bu sistemlerde servis yapıldıkça bekleme hattındaki eleman sayısında bir azalma meydana gelir. Servis hiçbir yardımcı alet kullanmayan kimseler tarafından yapılabileceği gibi alet ve araç kullanan kimseler tarafından veya insan emeği olmadan sadece makineler tarafından yapılabilmektedir.

Servis sunum olanakları, sistemin ve gelen talebin özelliğine göre;

- Paralel bileşimli servis olanağı
- Seri bileşimli servis olanağı
- Seri - Paralel bileşimli servis olanağı
- Paralel - Seri bileşimli servis olanağı

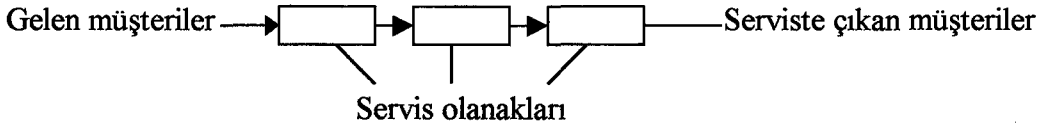
şeklinde ayrılırlar. Çok (Seri - Paralel, Paralel - Seri) servis sistemlerinde bütün kanallar ayrı servis için kullanılabilir gibi, bazılarında özel servisler içinde kullanılır.

Seri bileşimli servis olanağı, servis olanaklarını arka arkaya sıralamak suretiyle oluşturulur. Böyle bir sistemde servisin tamamlanması için müşterilerin seri olarak sıralanmış bulunan olanakların herbirinden sıra ile geçmesi gerekmektedir. Kısaca, her

¹⁰ H. Erdin, a.g.e., s.8.

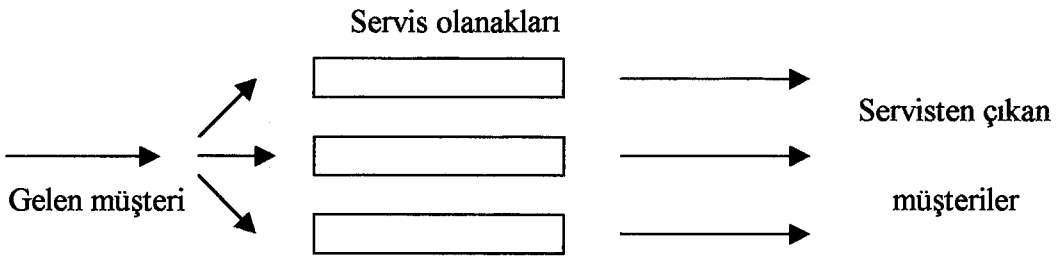
¹¹ İ. Kara, a.g.e., s.14.

servis olanağı birbirinden bağımsız olarak servise alım yapmaktadır. Bu seri bileşim servis olanakları şekil 3’ de görülmektedir.¹²



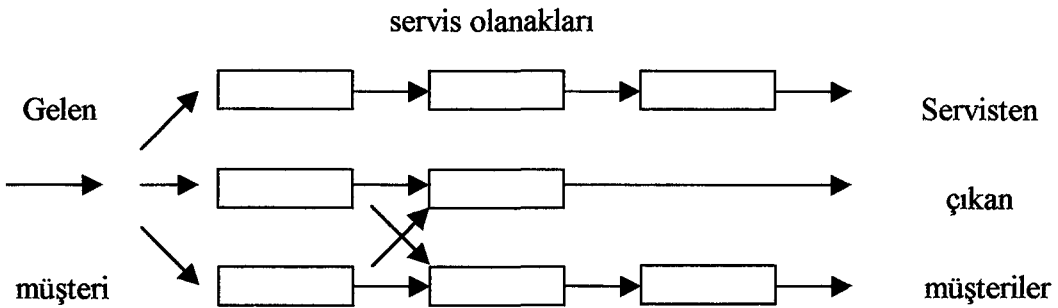
Şekil 3. Seri bileşimli servis olanakları

Paralel düzenlemede gelen müşteriye paralel olarak sıralanmış olanaklardan herhangi bir taraftan servis yapılır. Bu paralel bileşim servis olanakları şekil 4’ de görülmektedir.



Şekil 4. Paralel bileşimli servis olanakları

Seri - Paralel çok kanallı servis olanakları ise şekil 5’ de görülmektedir.



Şekil 5. Seri - Paralel çok kanallı servis olanakları

¹² Şenkal Ender, Bekleme Hattı Problemlerinin Temel yapısı ve Tek Kanallı Servis Sistemlerinin Matematik Analizi (İstanbul: İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, 1972), c.1 s.160.

1.4.3.2. SERVİS KAPASİTESİ

Tanımlanan bir zaman diliminde servise alınıp talebi karşılanabilen en fazla müşteri sayısı ile servis kapasitesi oluşur.¹³ Sistemin amacı ve talebin özelliğine göre servis kapasitesi “Sabit kapasiteli” ve “Değişken kapasiteli” sistemler olarak ikiye ayrılırlar.¹⁴

Sabit kapasiteli sistemlerde servis kapasitesini meydana getiren isteği karşılanabilen müşteri sayısı sabittir. Fakat değişken kapasiteli sistemlerde ise genellikle birim zamanda servis yapabilen müşteri sayısı, iki sınır değer arasında değer alır.

1.4.3.3. SERVİS SÜRESİ

Herhangi bir müşteriye servisin başlangıcı ile bitimi arasında ayrılan süreye yani, servise alındıktan sonra bu servisin tamamlanmasına kadar geçen süreye “Servis süresi” denir. Tanımlanan bir zaman biriminde servisi tamamlanan müşteri sayısına “Servis debisi” denir.¹⁵ Servis debisi doğrudan servis süresine bağlı olduğu için servis süresinin belirlenmesi ile bulunur.

Servis sisteminin özelliğine ve talebin niteliğine göre servis süresi aşağıdaki türlerden biri olabilir.¹⁶

- Düzgün servis süresi
- Üstel servis süresi
- Gama tipi ve özel Erlangian servis süresi
- Genel Erlangian servis süresi
- Binom servis süresi
- Normal servis süresi

¹³ H. Erdin, a.g.e., s.13.

¹⁴ İ. Kara, a.g.e., s.15.

¹⁵ İ. Kara, a.g.e., s.16.

- Durağan olmayan servis süresi
- Sistemin diğer durumlarına bağlı servis süresi
- Müşteri farklılığına bağlı servis süresi

Servis süresi tesadüfi yani, müşteriye servis için harcanan süre rasgele değiştiğinde, servis süresinin olasılık dağılım fonksiyonu söz konusu olur. Böylece, genellikle gelişlerarasında olduğu gibi, servis süreleri dağılımında da Üstel dağılım fonksiyonuyla karşılaşılır.

1.4.4. SERVİS OLGUSU (ÇIKTILAR)

Hizmet veya iş talebiyle sisteme gelen her birim, servisin tamamlanmasıyla sistemin bir olgusu (çıktısı) olmaktadır. Sistemin bir olgusu için herhangi bir bekleme hattı sistemi aşağıdaki durumlardan biri veya birkaçını alır.¹⁷

- Sistemi bir daha dönmek üzere terk eder.
- Sistemin içinde sürekli dönüş halindedir.
- Sistemi terk eder ama gelecekte yeniden sisteme dönmesi beklenir.
- Olgu yeni bir şekle girer ve diğer sistemlere kayar veya başka sistemlerin olgularıyla bütünleşir.

Servisin bitmesiyle birlikte servisten ayrılan müşteri sayısı, bir zaman biriminde servisi tamamlandığı için servis debisine eşdeğerdir. Bu nedenle servis debisine ayrılış debisi de denir.¹⁸

1.5. BEKLEME HATTI SİSTEMLERİNİN YAPISAL GÖSTERİMİ

Bekleme hattı sistemi elemanları açısından olasılık dağılımlarına göre ve sistem içindeki değişik durumlara göre bütünleşik olarak gösterilebilir.¹⁹

¹⁶ Mustafa Köksal, Kuyruk Teorisi (İstanbul: İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, 1980) c.9 s.1.

1.5.1. OLASILIK DAĞILIMLARINA GÖRE GÖSTERİM

Servis sistemlerinin iki temel elemanı olan gelişler ve servis süreleri genellikle ortalama bir değer etrafında dalgalandığı için bu gösterim tarzı bu iki tesadüfi değişkenin değişik durumlarına göre yapılır. D.G. Kendall gelişler ile servis sürelerinin dağılımları yani servise alınabilen müşteri sayısından başka, sistemde mevcut paralel servis kanalı sayısında göz önüne alarak genel bir gösterim yapmıştır. Daha sonra A.M. Lee ve H.A. Taha bu gösterim üzerinde genişletmeler yapmışlardır.²⁰

Gösterim en son şekli ile, $(a / b / c) : (d / e / f)$ dir. Bu genişletilmiş Kendall - Lee - Taha notasyonunda;

a : Geliş veya gelişlerarası dağılımını

b : Ayrılış veya servis süresi dağılımını

c : Sistemde mevcut paralel servis kanalı sayısını

d : Servis disiplinini

e : Sistemde bulunabilecek maksimum müşteri sayısını

f : Müşteri kaynağını veya kuyruğun büyüklüğünü, göstermektedir.

Burada 'a' ve 'b' sembolleri yerine;

M : Poisson geliş ve ayrılış dağılımları veya bunun gerektirmesi olarak Üstel gelişlerarası ve servis süresi dağılımı

D : Düzgün gelişlerarası veya servis süresi dağılımı

E_k : Erlang ve Gama gelişlerarası veya servis süresi dağılımı

GI : Genel bağımsız gelişlerarası dağılım

¹⁷ İ. Kara, a.g.e., s.17.

¹⁸ H. Erdin, a.g.e., s.15.

¹⁹ İ. Kara, a.g.e., s.17.

²⁰ H. Erdin, a.g.e., s.16.

G : Genel servis süresi dağılımı

‘c’ sembol yerine;

Paralel servis kanalı sayısını gösteren herhangi bir tamsayı.

‘d’ sembol yerine;

FİFO : İlk giren ilk çıkar.

LİFO : Son giren ilk çıkar.

SIRO : Rastgele servis

GD : Genel servis disiplini

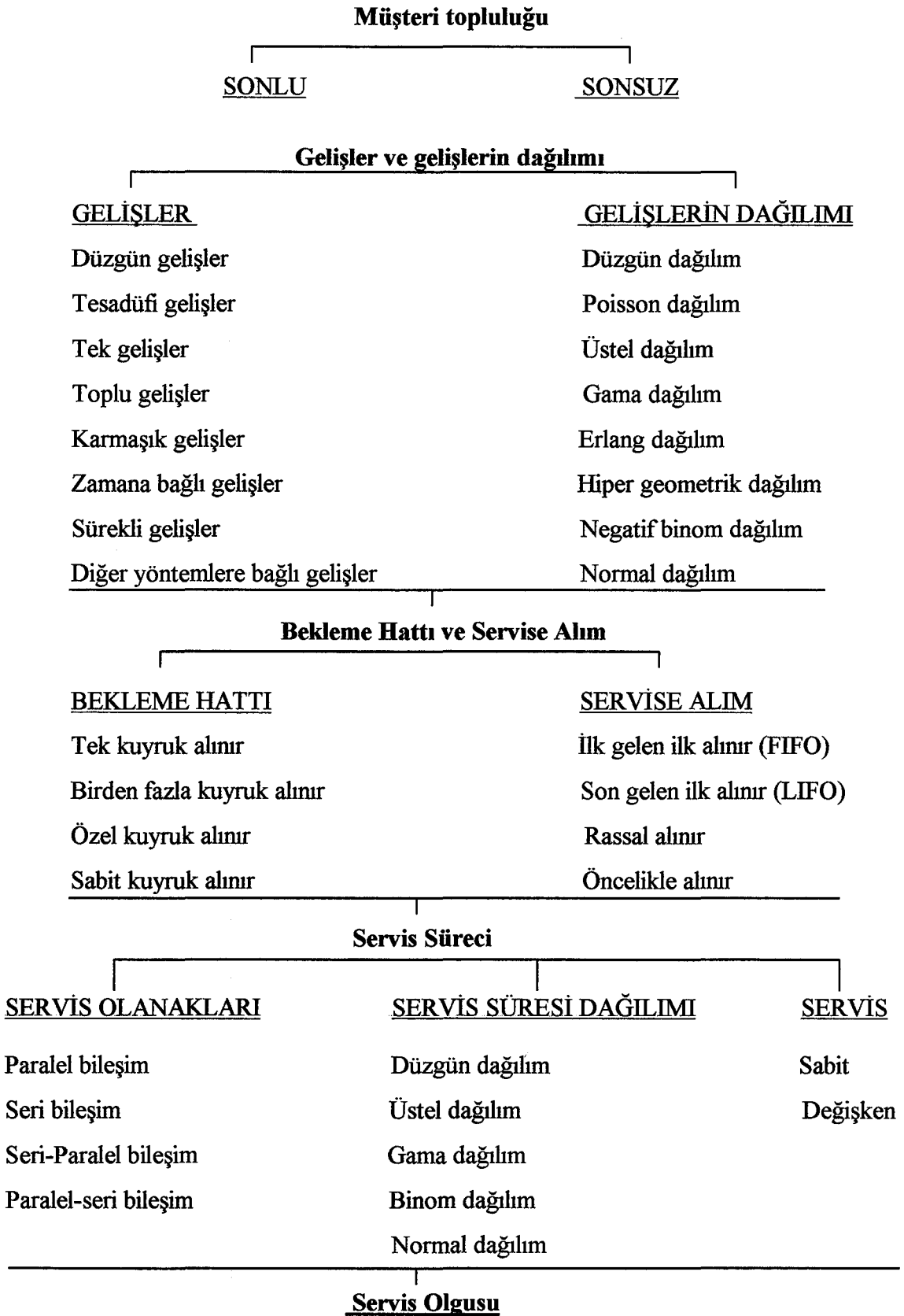
‘e’ ve ‘f’ sembolleri yerine;

Sırası ile bekleme hattı sisteminde ve müşteri kaynağındaki sonlu veya sonsuz müşteri sayısı.

kullanılmaktadır. Eğer örnek verecek olursak, (M / M / 2) : (FİFO / N / a) notasyonu, Poisson geliş (Üstel gelişlerarası), Poisson ayrılış (Üstel servis süresi) dağılımları olan, iki servis kanallı ilk gelen ilk çıkar servis disiplinli, bekleme hattı sisteminde en çok ‘N’ sayıda müşterinin bulunabileceği ve müşteri kaynağında sonsuz sayıda olduğu bir bekleme hattı modeline ilişkindir.

1.5.2. ÖGELERİN DEĞİŞİK DURUMLARINA GÖRE GÖSTERİM

Bir servis sistemi öğeleri olan, müşteriler ve gelişleri, bekleme hattı ve servise alım kuralı, servis noktaları ve/veya kanalları, servis olgusu bütününde olasılık dağılımlarına göre gösterimi yeterli olmadığında, bunların kendi içlerindeki değişimleri ve sistem içindeki konumlarına göre bütünleşik olarak gösterilebilir. Servis sistemlerinin bütünleşik gösterimi şekil 6’ da görülmektedir.



Şekil 6. Servis Sistemlerinin Bütünleşik Gösterimleri

1.6. BEKLEME HATTI SİSTEMLERİNDE MALİYETLER

İşletmeler genelde servis vermek için kanal sayısını belirlerken, en ekonomik olan çözümü bulmaya çalışırlar. Bazı işletmeler ise hızlı ve rahat hizmet verebilmek amacıyla ekonomik kanal sayısından daha fazla kanal sayısına sahip olmak isterler. Bu ayrıcalık onlara diğer firma rakipleri karşısında üstünlük sağlama imkanı verir. Bekleme hattı sisteminde iki tür maliyetten söz etmek mümkündür.

1. Servis olanağı maliyeti

2. Bekleme maliyeti

1.6.1. SERVİS OLANAĞI MALİYETİ

Bekleme hattı sisteminin her kanalı bir sermaye yatırımı ve birde işletme ve bakım masraflarını gerektirmektedir. Ayrıca sistem için gerekli genel masrafları ve hizmet veren personel ücretlerini de gözönünde tutmak gerekir. Servise ihtiyacı olan müşterilere servis yapma kapasitesi, servis kanalında bulunan servis araçlarının bir işlem bütünüdür. Servis kapasitesinin artırılması bekleme maliyetinde bir azalmaya sebep olacağından, servis kapasitesi bütün sistemin bekleme ve servis olanağı maliyetleri toplamını minimum yapacak şekilde tayin edilmelidir.

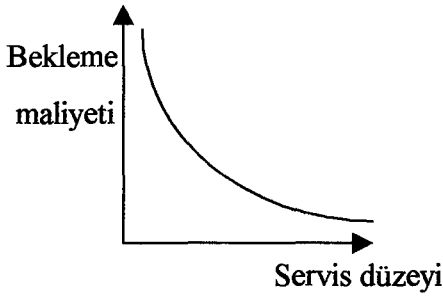
1.6.2. BEKLEME MALİYETİ

Servis talebi arttığında sistemde kuyruk oluşmaktadır. Bekleme hattına gelen müşterilerin bekleme hattında geçirdikleri sürenin maliyeti bekleme maliyetini oluşturmaktadır. Kısaca, müşterilerin servis için bekledikleri zaman kaybının maliyetidir. Bir bekleme hattı sisteminde kanal sayısı arttıkça bekleme maliyeti azalmakta fakat servis olanağı maliyeti artmaktadır. Bekleme hattı sistemlerinde, servis olanağı maliyeti ile bekleme maliyeti ters orantılıdır. Bu nedenle, servis birimi sayısını azaltığımızda servis olanağı maliyeti azalırken, bekleme hattındaki beklemeden dolayı meydana gelen bekleme maliyeti artacaktır. Eğer servis birimini fazla tutarsak, bekleme maliyeti azalacak, ancak servis olanağı maliyeti artacaktır. Burada, servis olanağı artarken bekleme maliyetinin en

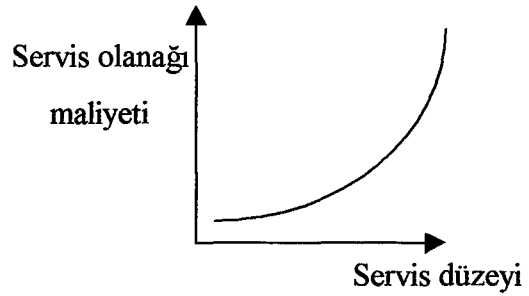
düşük olması amaçlanır. Bu iki maliyetin toplamının en az olduğu noktada servis olanağı çok iyi olacaktır. Önemli olan toplam maliyetin minimum olmasıdır. Bunun içinde;

- Servis sisteminde bekleme sırası incelenir.
- Belirli işlem karakteristikleri incelenir. (Kullanım aracı, ortalama bekleme süresi, sistemde geçen toplam ortalama süre)
- Müşterilerin bekleme maliyeti ile servis olanağı maliyeti hesaplanır.
- En az maliyetli kanal sayısı belirlenir.

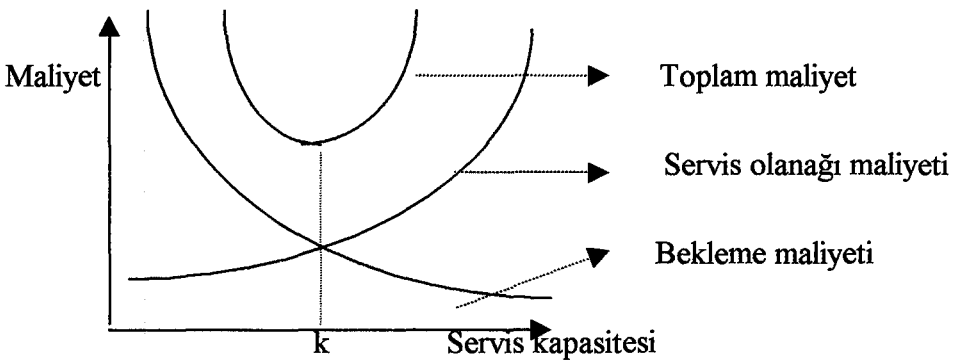
Bekleme maliyeti, servis olanağı ve toplam maliyet grafiği şekil 7,8 ve 9'de görülmektedir.



Şekil 7. Bekleme maliyeti



Şekil 8. Servis olanağı maliyeti



Şekil 9. Toplam maliyet

k noktasında toplam maliyet minimum olmaktadır.

1.7. BEKLEME HATTI SİSTEMLERİNDE KARŞILAŞILAN SORUNLAR

İnsan-makine sistemlerinden oluşan servis sistemlerinde insan unsurundan, makine unsurundan veya insan-makine bilişiminden doğan sorunlarla karşılaşılır. Hizmet üretiminde bulunan bu sistemlerin fazlaca karşılaştıkları en önemli sorun beklemedir.

Müşterilerin beklemesi ve hizmet biriminin beklemesi tipindeki bu iki temel soruna çözüm araştırması çok önemli olmaktadır. Çünkü, bekleme zamanını azaltarak müşteri kaybını önlemek amacı ile talebi bir anda karşılamak için hizmet kapasitesi artırılabilir veya ekleme yapılabilir. Bu, sistemdeki müşteri sayısına göre kuyruktaki müşteri sayısını ve bekleme zamanını azaltabilir. Ancak, bu koşullarda hizmet birimlerinin, talebin belirsiz olduğu durumlarda boş beklemesi ek maliyetlerin yükselmesine neden olur. Bu maliyeti düşürmek içinde hizmet kapasitesinin çok iyi seçilmesi ve sınırlı tutulması gerekir.

Genel olarak bu sorunları üç bölümde ele alabiliriz.

1. Davranışsal sorunlar
2. İstatistiksel sorunlar
3. İşlemsel sorunlar

1.7.1. DAVRANIŞSAL SORUNLAR

Servis sistemlerinde sistem öğelerinin ve öğelerin değişik durumlarının bugün ve/veya gelecekteki davranışlarında oluşan sorunlarına “Davranışsal Sorunlar” denir.²¹ Davranışsal sorunların çoğu kuyruk uzunluğu, bekleme süresi, işleyiş süresi vb... gibi işlem karakteristiklerine göre gelişlere, servise alım kuralına ve servis sürecine bağlı belirsizlik taşıyan rassal (tesadüfi) değişkenlerden oluşur.

Bazı sistemler işleyiş süresi içinde zamandan bağımsızlaşarak durağan haline gelirken bazılarında sürekli değişim gösterirler. Bu nedenle, servis sistemlerinin yöneticileri için sistemin zaman içindeki durumu bir davranışsal sorun özelliğindedir.

1.7.2. İSTATİSTİKSEL SORUNLAR

Sistemin davranışına yönelik parametrelerin kestirimi, hipotezlerin sınanması ve gelişler veya servis süresi dağılımları ile bunlar için yapılacak uygunluk sınamaları, yönetimin karşılaşılabileceği sorunlara “İstatistiksel Sorunlar” denir.

1.7.3. İŞLEMSEL SORUNLAR

Gerçek hayatta karşılaşılan servis sistemlerinin, yapısal ve yönetsel planda sistemin yönelem sürecinde yatan tüm sorunlar “İşlemsel Sorunları” oluşturur.²² İşlemsel sorunların çözümüne yönelik yapılan çalışmalar, sistemin belirli koşullar altında eniyilenmesini sağlayacak amacı taşıyacaktır.

1.8. BEKLEME HATTI SİSTEMLERİNDE İNCELENEN SORUNLARA YÖNELİK ARAŞTIRMA

Sorunların çözümü için yapılan çalışmalar sırasında aşağıda verilmiş amaçlardan birine ulaşmak istenebilir.

- Çalışma kuralları ve sistemdeki karakteristik parametrelerin belirlenmesi.
- Zaman kayıplarının ve gecikme koşullarının belirlenmesi.
- Gerekli servis sürecinin çalıştırılmasından sağlanan gelir ile yapılan maliyet arasında dengenin sağlanması.
- Sistemin istediği politikanın belirlenmesi.
- Sistemdeki değişkenler arasındaki ilişkilerin belirlenip sistem performansının incelenmesi.

Sistem ile ilgili ortaya çıkan sorunlar daha çok sistemin etkinliği ile ilgili olduğundan sistemin etkinliği üzerinde rol oynayan değişkenlerin açıkça ortaya konması

²¹ İ. Kara., a.g.e., s.30

²² Mehmet Şahin, Üretim Yönetiminde Simülasyon Analizi ve uygulanması (Eskişehir: Eskişehir İ.T.İ.A. Yayını, 1978), s.46.

gerekir. Genel olarak servis sistemlerinin performansını etkileyen değişkenleri üç kısımda inceleyebiliriz.

1) Dışsal değişkenler

- Genel müşteri sayısı
- Sistemdeki servis kanalı sayısı
- Beklenen servis zamanı

2) Durum değişkenleri

- Boş ve dolu kanal sayısı
- Kanalların meşgul olma süresi
- Kuyrukta bekleme süresi
- Kuyrukta bekleyen müşterilerin davranışları
- Kuyruğu terk eden müşterilerin davranışları

3) İçsel değişkenler

- Ortalama servis süresi
- Ortalama bekleme süresi
- Ortalama boş geçen servis zamanı
- Ortalama hizmet edilen müşteri sayısı
- Kuyruk uzunluğu
- Ortalama sistemde geçen süre
- Kuyrukta bekleme maliyeti
- Sistemin kapasite kullanım oranı

Birçok servis sistemlerinde gelişlerin ve servis sürelerinin dağılımı ile servis alım kuralının belirlenmesi kararlaştırılan etkinlik ölçüsüne ulaşmak için yeterlidir. Ancak diğer bazı bilgilerin ortaya konması sorunların daha iyi görünmesine yardımcı olacaktır.

1.9. BEKLEME HATTI SİSTEMLERİNDE KARŞILAŞILAN SORUNLARIN ÇÖZÜMÜ

Bekleme hattı sistemlerinde karşılaşılan bütün sorunlar için çözüm yöntemleri kullanılmadan önce sorunun ayrıntılı olarak tanımlanması ve sonrada aşağıdaki sıranın takip edilmesi gerekir.

- Değişkenler doğru olarak tanımlanır.
- İstatistiksel ölçümlerle ilgili dağılımlar araştırılarak onların gerçek şekilleri belirlenir.
- Dağılımlardan, kullanılacak ölçütler elde edilir ve bu ölçütlerle olayın etkinliği araştırılır.

Sorunların tanımlanıp sistemin etkinliğine ilişkin izlenecek yol belirlendikten sonra sorunun çözümü için çözüm yöntemleri kullanılır.

Bu yöntemler,

1. Sezgisel yaklaşım
2. Matematiksel yaklaşım

olarak ikiye ayrılır.

1.9.1. SEZGİSEL YAKLAŞIM

Sistemin işlerliğinde deneme yanılma veya sezgi ile önceki bilgiler ışığında bazı ayarlamalar yapılırsa bu yolla sorun çözümlenmiş olur. Sorunun bu yolla çözümlenmesi işlemine “Sezgisel Yaklaşım” denir.

Sistemin işleyişi üzerinde etkili olan bileşenlerin ayarlanması ile gelişler, servis süreci, servise alım kuralı üzerinde sezgisel planla gerekli değişim yapılır. Ancak, bu

yöntem bileşenlerin herhangi birindeki değişimin diğer bütün bileşenlerde etkisinin görülebildiği sistemler için geçerlidir.

1.9.2. MATEMATİKSEL YAKLAŞIM

Bekleme hattı sistemlerinde, karşılaşılan sorunların çözümünde iki tip matematiksel yaklaşım yöntemi kullanılmaktadır.

1. Analitik Yöntem

2. Benzetim Yöntemi

1.9.2.1. ANALİTİK YÖNTEM

Gelişler ve servis sürelerinin dağılımları belirlendikten sonra, servise alım kuralı ve yöntemin amaçları doğrultusunda soruna fonksiyonel çözüm arayıp karar değişkenlerini bulma yoluna “Analitik Yöntem” denir. Analitik yöntemle bir sorunun çözülebilmesi için, sorunu etkileyen tüm bileşenlerin ve aralarındaki ilişkilerin matematiksel olarak yazılması gerekmektedir.

1.9.2.2. BENZETİM YÖNTEMİ

Gelişler ve servis süreleri hakkındaki istatistiklerden MONTE-CARLO yöntemi ile gerçek veya varsayılmış dağılımlarla karar değişkenlerini bulma şekline “Benzetim Yöntemi” denir. Bu yöntem analitik yöntemin yetersiz kaldığı durumlarda uygulanmaktadır. Gelişler ve servis süreleri hakkında genel bir istatistiksel bilgi elde edilmemişse benzetim yöntemi sonuç vermektedir.

İşletmelerdeki işlem merkezlerinde, işlem görmek isteyen değişik öğeler bulunur. Bu öğeler, insanlar, üretim siparişleri, otomobiller, bozuk makineler vb. olabilir. İşlem merkezleri ise, işin türüne göre, değişik hizmet gören kişiler, makineler, bakım tezgahları gibi adlar alır. Bir bekleme hattı sistemine işlem için gelenlerin, gelişleri arasındaki zaman, tesadüfi bir değişkendir. Aynı şekilde, gerekli işlem için geçecek zaman da tesadüfi bir değişken olabilir.

Bekleme hattı problemlerinin çözümünde amaç, işlem için beklemenin toplam maliyetini ve işlem merkezlerinin boş geçen zamanının toplam maliyetini enazlamaktır. Söz konusu maliyetler, gerçek veya beklenen öğelerin, beklemekten bıkmaya nedeniyle sistemden ayrılmaları sonucunda uğranılacak kayıplar, elde stok bulundurma ve stok yöntemi maliyetleri, amortisman ve fırsat maliyetleri, iş bekleyen merkezlerin boş geçirdiği zaman maliyetleridir.

Belirli tür bekleme hattı problemlerini öteki matematiksel yöntemlerle çözme olanağı vardır. Ancak, bu durumda bekleme hattı probleminin yapısı, matematiksel yöntem için zorunlu olan şartlara uygun olmalıdır. Söz konusu şartlar varsa, öteki analitik yöntemlerle elde edilen çözüm hem daha dolaysız, hem de daha az masraflı olur.

Bununla beraber, karmaşık çok kanallı bekleme hattı sistemlerinde yada geliş oranlarına ve işlem zamanlarına ilişkin dağılımlarının karmaşık tesadüfi değişkenli fonksiyonlardan oluşan bekleme hattı sistemlerinde, öteki analitik yöntemler yetersiz kalır. Bu gibi durumlarda, tek alternatif, Benzetim yöntemidir.²³

1.10. BEKLEME HATTI SİSTEMLERİNİN TEMEL KAVRAMLARI

Bekleme hattı sistemlerinin çözümünde kullanılan değişkenler ve tanımları aşağıda verilmiştir.²⁴ Burada, müşteri gelişlerinin Poisson, servis sürelerinin ise Üstel dağıldığı varsayılmıştır.²⁵

L_q : Bekleme hattındaki ortalama müşteri sayısıdır. Servis görmek üzere beklemekte olan müşteri sayısıdır. Buna kuyruk uzunluğu da denir. Bekleme hattındaki müşteri sayısının beklenen değeridir.

L : Sistemdeki ortalama müşteri sayısıdır. Servis görmekte ve bekleme hattında bekleyen müşteri sayısıdır. Bekleme hattı sistemindeki müşteri sayısının beklenen değeridir.

²³ M. Şahin, a.g.e., s,46.

²⁴ M.Köksal, a.g.e.

²⁵ İmdat Kara, Olasılık (Eskişehir: Eskişehir M.M.F yayını 1989)

W_q : Bekleme hattındaki bekleme süresidir. Bir müşterinin bekleme hattında bekleyerek harcadığı süredir. Bekleme hattında bekleme süresinin beklenen değeridir.

W : Sistemdeki bekleme süresidir. Müşterinin bekleme hattında bekleme süresi ile serviste harcayacağı sürenin toplamıdır. Bekleme hattı sisteminde bulunma süresinin bekleme süresidir.

L_n : Servis sistemindeki ortalama müşteri sayısıdır. Bekleme hattında hiç müşteri olmadığı süreler düşünülmeden bekleme hattında bekleyen ortalama veya ümit edilen müşteri sayısıdır. Bekleme hattı sıfırdan farklı olduğunda bekleme hattındaki müşteri sayısının beklenen değeridir.

W_n : Bir müşterinin ortalama bekleme süresidir. Boş olmayan bekleme hattı sistemlerinde bir müşteri daima bekleme hattında beklerse, müşterinin bekleme hattında bekleme süresidir. Bu değer, servis kanalı dolu olduğunda, bekleme hattına giren bütün müşteriler için ortalama bekleme süresidir. Kanal boş olduğu zaman gelen müşteriler sıfır bekleme süresine sahip olurlar ve bu değer W_n ' nin ortalamasını bulurken göz önüne alınmaz. Bekleme hattı sıfırdan farklı olduğunda bekleme hattında bekleme süresinin beklenen değeridir.

λ : Geliş hızıdır. Birim zamanda servis görmek üzere gelen müşterilerin sayısıdır. Bu değer in dağılımına bakılarak yapılacak olan varsayımların matematik modellere etkisi son derece önemlidir. Geliş hızının, Poisson dağılımına göre rastgele dağılım verdiği varsayılmaktadır ve geliş hızı ortalama değeri “ λ ” dir. Birim zamanda gelen müşteri sayısının beklenen değeridir. (Geliş debisi : Müşteri / Birim zaman)

μ : Servis hızıdır. Gerekli müşteri hizmetlerini (servisini) gerçekleyen servis kanalındaki müşteri sayısıdır. Ve birim zamandaki müşteriler olarak belirlenir. Servis kanalı daima meşgul veya boş zaman yoksa mutlaka gerçekleşmesi gereken servis hızı olduğuna dikkat edilmelidir. Poisson sürecine göre servis hızının rastgele dağıldığı varsayılacaktır. Birim zamanda servis gören müşteri sayısının beklenen değeridir. (Servis debisi : Müşteri / Birim zaman)

n : Bekleme hattı sistemindeki müşteri sayısıdır.

$P_n(t)$: Herhangi bir "t" anında sistemde n sayıda müşteri bulunma olasılığıdır.
(Geçişken durum : İşlem özelliklerinin zamana göre değiştiği durumlar)

P_n : Sistemde n sayıda müşteri bulunma olasılığıdır. (Durağan durum : İşlem özelliklerinin zamana göre değişmediği durumlar)

c : Paralel servis istasyonu sayısıdır.

$\rho = (\lambda / \mu)$: Trafik yoğunluğudur. Bu formülde (λ / μ) oranının 0 ile 1 arasında yer alması gerekmektedir. Diğer bir deyişle, trafik yoğunluğu 1' den küçük olmalıdır.

ρ / c : Doluluk oranı.

$\lambda \times \Delta t$: Δt zaman aralığında gelen müşteri sayısı.

$\mu \times \Delta t$: Δt zaman aralığında servis gören müşteri sayısı.

Gelişler : Birim zamanda gelen müşteri sayısı (λ) Poisson dağılmıştır.

Servis : Birim zamanda servis gören müşteri sayısı (μ) Poisson dağılmıştır.
Servis sürelerinin dağılımı ise üsteldir.

Poisson dağılım : İlgilenilen olayın anlamlı olduğu zaman aralığında ya belirli bir yerde sık sık karşılaşılmayan rassal olayların (tesadüfi olayların) özel durumları için geliştirilen olasılık fonksiyonu Poisson dağılımdır. Poisson dağılım, istatistik analizin yanında rassal süreçler ve özel bekleme hattı modellerinde de oldukça yaygın uygulanır. Bir rassal sistemde, X ilgilenilen olayın ortaya çıkma sayısı iken, X' in olasılık fonksiyonu $\lambda > 0$ olmak üzere;

$$P(x) = (e^{-\lambda} \lambda^x) / x! \quad , x = 0,1,2,3,4 \dots$$

$$0 \quad , \text{Diğer durumlarda}$$

olan fonksiyona ‘‘Poisson dağılım’’ denir. X’ ede Poisson dağılmış rassal değişken denir. Poisson dağılımda $\lambda > 0$ olan tek bir parametre vardır. Yani, Poisson dağılımının parametresi λ ’dır.

Üstel dağılım : X rassal değişkeninin olasılık yoğunluk fonksiyonu, $\lambda > 0$ olmak üzere;

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

0 , Diğer durumlarda

şeklinde ise, $f(x)$ ’ e Üstel dağılım denir. X’ ede üstel dağılmış rassal değişken denir. Üstel dağılımın tek bir parametresi vardır. O da λ dir. Burada;

$P(x)$ = Olasılık fonksiyonu

$f(x)$ = Olasılık yoğunluk fonksiyonunu göstermektedir.

1.11. BEKLEME HATTI SİSTEMLERİ

1.11.1 SONSUZ GELİŞ KAYNAKLI BEKLEME HATTI SİSTEMLERİ

1.11.1.1 TEK KANALLI BEKLEME HATTI SİSTEMLERİ

Tek kanallı bekleme hattında servis veren bekleme hattı problemlerinin sonsuz geliş kaynaklı olanı en basit bekleme hattı sistemi olarak incelenmektedir. Müşterilerin sisteme geliş süreçleri Poisson dağılımı, servis süreçleri ise Üstel dağılım özelliği gösterdiği varsayılacaktır. Ortalama servis oranı, ortalama müşterilerin geliş oranından büyüktür. Bu durumda ($\mu > \lambda$) tüm gelen müşterilere servis verme olanağı vardır. Eğer müşterilerin geliş oranı, ortalama servis verme olanağından büyük ($\lambda > \mu$) olursa bekleme hattı belirsizce büyüyecektir. Yani, bekleme hattı yapısı sonsuz olma özelliğini gösterecektir.

Ayrıca, birim zamanda gelen müşteri sayısı λ ve birim zamandaki servis sayısı μ birer Poisson dağılımı gösteriyorsa, birbirini takip eden iki geliş arasında geçen süre ($1/\lambda$) ve servis süresi ($1/\mu$) birer Üstel dağılım ortaya koyarlar.

1. Bekleme hattı sisteminin boş kalma olasılığı

$$P_0 = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)$$

2. Bekleme hattı sisteminde 'n' sayıda müşteri bulunma olasılığı

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

3. Bekleme Hattı sistemindeki müşteri sayısının beklenen değeri

$$L = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = \lambda W$$

4. Bekleme hattı sistemlerinde bulunma süresinin beklenen değeri

$$W = \frac{L}{\lambda} = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{L+1}{\mu}$$

5. Bekleme hattındaki müşteri sayısının beklenen değeri

$$L_q = L - \frac{\lambda}{\mu} = \lambda W_q$$

6. Bekleme hattında bekleme süresinin beklenen değeri

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

7. Servise gelen müşterilerin bekleme hattında bekleme olasılığı

$$P(n > 0) = \rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

1.11.1.2. ÇOK KANALLI BEKLEME HATTI SİSTEMLERİ

Burada tüm sistemin ortalama servis oranı (μc), ortalama geliş oranı (λ)' dan büyük olmalıdır. Ayrıca sistemin meşgul olma olasılığı, başka bir ifade ile bekleme olasılığı $P(n > 0)$ değil, $P(n \geq c)$ ile hesaplanır. Dolayısı ile, sistemdeki müşteri sayısı servis yapılcıların sayısına eşit olduktan sonra, gelen her müşteri beklemek zorunda kalacaktır.

1. Bekleme hattı sisteminin boş kalma olasılığı, $c\mu > \lambda$ ise,

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

2. Bekleme hattı sisteminde 'n' sayıda müşteri bulunma olasılığı,

$n > c$ ise,

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

$n \leq c$ ise,

$$P_n = \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n P_0$$

3. Bekleme hattı sisteminde müşteri sayısının beklenen değeri,

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

4. Bekleme hattı sisteminde bulunma süresinin beklenen değeri,

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

5. Bekleme hattındaki müşteri sayısının beklenen değeri,

$$L_q = L - \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)$$

6. Bekleme hattında bekleme süresinin beklenen değeri,

$$W_q = W - \left(\frac{1}{\mu} \right) = \frac{L_q}{\lambda}$$

7. Servise gelen müşterilerin bekleme hattında bekleme olasılığı (Trafik yoğunluğu)

$$P(n \geq c) = PW = \frac{1}{c!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^c \frac{c\mu}{c\mu - \lambda} P_0$$

1.11.2. SONLU GELİŞ KAYNAKLI BEKLEME HATTI SİSTEMLERİ

Bekleme hattını oluşturacak bir potansiyel müşteri veya bireyler vardır. Bazı hallerde potansiyel birey sayısı küçük olarak düşünülür. Bu değer çok küçük olması, servise gelen bireylerin gelişini veya tek bir servisin oluşması daha sonra gelecek bireylerin geliş olasılığını etkileyecektir. Dolayısı ile, sonsuz geliş kaynağı varsayımında geçersiz olacaktır. Yalnız bir tek gelişle, geliş kaynağı yapısı değişeceğinden, müşteri geliş kaynağı değişkendir veya servis gören birey tekrar geliş kaynağına dahil olacaktır. Bir kural olarak geliş kaynağında 30'dan az müşteri varsa, sonlu geliş kaynağı için verilecek olan denklemlerin kullanılması gerekir.

Kavramlar sonsuz geliş kaynaklı bekleme hatları için verilenlerle aynı olmasına rağmen, bazı terimler farklıdır ve sonlu geliş kaynaklı bekleme hatlarının analizi için gerekli formüller farklıdır. Bu bekleme hatlarının hesaplama zamanı daha fazladır. Bir bireyin geliş olasılığı, sisteme girmeye müsait olan müşteri sayısına bağlı olarak değişir. Toplam bireylerin oluşturduğu geliş kaynağı birey sayısı 'M' ile gösterilerek ve bekleme hattı sisteminde bulunan birey sayısı 'n' olursa, gelişler henüz sistemde olmayan M-n bireyden beklenilecektir. Dolayısı ile, bir bireyin geliş olasılığı her bir gelişin olasılığı

bilinirse bulunabilir. Herhangi bir bireyin isteyeceği servisler arası ortalama zaman, yeni bir müşterinin gelişi arasındaki ortalama zamanı $\frac{1}{\lambda}$ ise, Δt zaman diliminde bir bireyin servis isteme olasılığı λ olur. Burada olasılığı zaman süresinden bağımsız olduğu ve dolayısı ile de poisson dağılımı verdiği varsayımına dikkat etmek gerekir. Bir bireyin servis gereksinim olasılığı λ ise M-n adet birey bekleme hattı sistemine henüz girmemiştir. Bu bireylerin servis isteme olasılığı $(M-n)\lambda$ olacaktır. Burada da Δt yeterince küçük bir süre olarak düşünüldüğüne ve bir veya daha fazla gelişin olasılığı için yeterli olmadığı varsayılmaktadır.²⁶

1.11.2.1. TEK KANALLI BEKLEME HATTI SİSTEMLERİ

1. Geliş kaynağında M tane birey varsa, sistemin boş olma olasılığı

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

2. Sistemde n müşteri bulunma olasılığı

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

3. Sistemde beklenen müşteri sayısı

$$L = \sum_{n=0}^M nP_n = M - \frac{\mu}{\lambda} (1 - P_0)$$

4. Kuyrukta beklenen müşteri sayısı

$$L_q = M - \frac{\lambda + \mu}{\lambda} (1 - P_0)$$

²⁶ Osman Halaç, Kantitatif Teknikler, 1991

1.11.2.2. ÇOK KANALLI BEKLEME HATTI SİSTEMLERİ

Bu grupta kanal sayısı 'k' birden fazla sayılır ve ayrıca $1 < k \leq M$ olduğu, yani kanal sayısı geliş kaynağı müşteri sayısına eşit veya ondan küçük varsayılır.

Buradaki denklemlerin uygulanması, sonsuz geliş kaynaklı bekleme hattı sistemleri gibidir. Bazen servis hızı ve kanal sayısı yerine optimum kaynak büyüklüğünün belirlenmesi istenileceğinden, çok az sayıda denklem farklı bağıntıları gerektirir.

BÖLÜM 2

BİR BANKA MENKUL DEĞERLERİNİN SERVİS SİSTEMİ OLARAK İNCELENMESİ

2.1. TOPRAKBANK ESKİŞEHİR ŞUBESİ MENKUL DEĞERLERİNİN BİR SERVİS SİSTEMİ OLARAK İNCELENMESİ

Toprakbank Eskişehir Şubesi Menkul Değerler bölümü bir servis olarak, insanlara rahat, güvenilir ve hızlı yatırım yapmak ve böylece yatırımlarının enflasyon karşısında güçlenerek daha çok kazanmalarına neden olmak üzere 1 Temmuz 1997' de kurulmuştur.

Toprakbank'ı yatırım yapmak için tercih edenlerin işlem yoğunluğunu normal banka sisteminin yoğunluğundan ayırıp hafifleterek daha iyi ve daha güvenilir bir şekilde sadece yatırımı düşünmeleri için kurulan Toprakbank Menkul Değerler Servisi yer olarak bankadan farklı yerde fakat çalışma düzeni olarak yine bankanın çalışma saatleri gibi haftanın beş iş günü 8:30 -12:00 ve 14:00 -17:00 saatleri arasında hizmet vermektedir.

Toprakbank Menkul Değerler Servisi, banka müşterilerine olduğu gibi, doğrudan dışarıdan gelen müşterilere de servis vermektedir. Hizmetleri içinde, İstanbul Menkul Kıymetler Borsası (İMKB)' ndan hisse senedi alıp satmak, bu alınıp satılan hisse senetlerinin de İMKB' de müşteri ve banka adına Takasbankda saklanmasına yardımcı olmak, Yatırım fonu almak, Repo ve vadeli işlemler yapmak, Döviz alıp satmak, müşteri adına tutulan yatırım elemanlarını başka menkul değerlere veya başka menkul değerlerden müşterinin Toprakbank' da ki yatırım hesabına virman ve EFT (Elektronik Fon Transferi) yapmak, Yatırım hesabı açmak, Yatırım bilgisi vermek ve böylece müşterilerinin daha aktif ve önde olarak işlemlerini yapmak ve daha iyi kazandırmak vardır.

Servis sistemlerin incelenmesinde uygulama yeri olarak seçilen Toprakbank Menkul Değerler servisinin öncelikle bir servis sistemi olarak kabul edilip edilmeyeceği incelenmelidir. Bunu araştırmak içinde ilk olarak "sistem" sözcüğünü ele almak gerekir.

Sistem, belirli bir amacın sağlanması için bir araya getirilmiş öğeler dizisini belirler. Üç temel özelliği vardır. Bunlar;

1. Amaçların Olması,
2. Sistem öğelerinin anlamlı bir biçimde yerleştirilmiş olması,
3. Bilgi, enerji ve malzeme gibi girdilerin bulunmasıdır.

Bu bilgiler ışığı altında, bankalar müşteriye iyi hizmet verebilmek, işlemlerin etkin ve hızlı bir biçimde yürütülmesini sağlamak vb... gibi faaliyetleri gerçekleştirme amaçlarıyla bir araya getirilmiş öğeler topluluğudur. Bu öğeler belirlenmiş amaçlar doğrultusunda bir takım işlemleri gerçekleştirirler. O halde; müşteriler, bekleme hattı, servis ve servis çıktısı gibi dört öğeden oluşan Toprakbank Menkul Değerler servisi bir servis sistemidir.

Ayrıca, sıra bekleme sistemleri bir hizmet birimine gelen müşterilerin sistemin banka bir müşteriye hizmet vermesi durumunda oluşturdukları birikim olarak tanımlandığına göre, işlem birimleri önünde büyük yayılmalar ve kuyruklar oluşacağından bu servis sistemi bir sıra bekleme sistemidir.

2.2. SİSTEMİN ÖĞELERİ

2.2.1. GELİŞLER (MÜŞTERİLER)

Yatırım yapmak için Toprakbank Menkul Değerlere gelen müşteri topluluğunun sonsuz büyüklükte olduğu söylenebilir. Çünkü servisten hizmeti tamamlanan bir birimin ayrılması diğer hizmet talebinde bulunacak müşterilerin gelişlerini etkilemeyecektir. Aynı zamanda, ana kütle sayısının 30'dan büyük olduğu da belli ve kesindir.

Toprakbank Menkul Değerler servisi normal çalışma saatleri arasında sunduğu tüm işlemleri yapmaktadır. Fakat sadece hisse senedi alım - satım işlemini İMKB' nın çalışma saati olan 10:00 - 12:00 ve 14:00- 16:00 olduğu için bu işler yalnız bu saatler arasında yapılabilmektedir. Bunun yanında repo işleri de saat 12:00' den önce yapılma zorunluluğunda olduğu için 8:00 ve 12:00 saatleri arasında yapılabilmektedir.

Böylece, Toprakbank Menkul Değerler servisinde zorunlu ve normal şekilde yapılan hizmetin özelliğine, müşterilerin yapacakları yatırıma göre yani müşterinin özelliğine göre müşterilerin servis için sisteme gelişleri değişiklik gösterir. Zamana da bağlı olabilir.

Belirli bir zaman aralığında ve genel olarak birim zamanda gelen müşterilerin sayısına ‘Geliş debisi’ denir ve ‘ λ ’ ile gösterilir.

Birbirini izleyen iki geliş zamanı arasındaki zaman dilimine ‘Gelişlerarası zaman’ denir ve $\frac{1}{\lambda}$ ile gösterilir.

Bu konuda tesadüfi gelişlerin çoğunun Poisson dağılım fonksiyonuna uyduğu ve buna göre de gelişler arası dağılım fonksiyonunda Üstel dağılım olduğu söylenebilir.

Verilen hizmet yatırım yönünde olduğu için, yapılan işler ve hizmet için gelen müşteri her zaman aynı yönde ve aynı talep de olacağından gözlem yoluyla alınan verilere göre geliş debisi,

$$\lambda = 0,59 \text{ müşteri / dakika bulunmuştur.}$$

2.2.2. BEKLEME HATTI VE SERVİSE ALIM

Sistemin bekleme hattında herhangi bir sınırlama yoktur. Yani, bekleme hattı sonsuz büyüklüktedir.

Toprakbank Menkul Değerlere gelen müşterilerin beklemesi sunulan hizmet den dolayı olduğu için, yani verilen hizmetin talebi hizmetin kapasitesinden büyük olduğu için bekleme hattı oluşur.

Müşteriler Toprakbank Menkul Değerlere sabah 8:30 ile 12:00 öğlen 14:00 ile 17:00 arası her an gelebilmektedirler. Fakat hisse senedi alıp satmak için gelen müşteri diğer farklı işlemleri haricinde sadece hisse işlemleri için geliyorsa sabah 10:00 ile 12:00 öğlen 14:00 ile 16:00 arası gelmektedir. Bunun gibi Repo işlemleri içinde sadece 12:00'den önce yapıldığından, Repo müşterisi de sadece 8:30 ile 12:00 arası gelmektedir.

Bununla birlikte diğ er hizmetler için, müşteriler sistemin açık oldu ğ u her an gelmektedirler.

Gelen müşteriler müşteri havuzunda beklemektedirler ve servise, tanımlanan bir özellik sırasına göre, bunun haricinde işlem yapacaklar ise ‘ilk gelen ilk alınır yani ilk gelen müşteriye önce hizmet verilir (FIFO)’ kuralına göre müşteriler alınır.

Servise alım kuralının farklı olması, sistemin genel işleyişini etkilemez. Çünkü sistemde olması beklenen ortalama müşteri sayısı, sırada bekleyen ortalama müşteri sayısı ve bekleme zamanı gibi servis göstergeleri servise alım kuralına bağlı olmaksızın aynıdır. Servise alım kuralının farklı olması müşterilerin beklemesi ile ilgilidir.

Toprakbank Menkul Değ erler servisinin bekleme hattı olarak incelenmesinde amaç, müşterilerin ne kadar süre bekleme hattında ve sistemde beklediğini, sunulan hizmetin yeterli olup olmadığını incelemek ve bu bilgiler ışığı altında iyileştirme ve alternatif çözümler geliştirmektir.

2.2.3. SERVİS SÜRECİ

Müşteriler, servis birimi olan çalışma bankoları boşalır boşalmaz servise alınmaktadır. Toprakbank Menkul Değ erler sisteminin servis olanaklarını meydana getiren servis birimleri servis kanalı olarak ele alındığından, sistem çok kanal-tek aşamalı bir servis sistemi olup, mevcut servis birimi sayısı (Paralel kanal sayısı) ikidir.

Tanımlanan bir zaman biriminde servisi tamamlanan müşteri sayısına ‘servis debisi’ denir. Yapılan gözlem sonuçlarından servis debisi $\mu = 0,675$ müşteri / dakika olarak bulunmuştur.

Burada tek aşamalı bir servis sistemi olduğu için aynı işi yapan iki paralel servis biriminden alınan gözlemler tek işlem olarak alınıp servis süresi dağılımı tespit edilmiştir.

2.2.4. SERVİS OLGUSU (ÇIKTILAR)

Toprakbank Menkul Değ erler sistemine gelen her müşteri servisteki hizmetlerinin tamamlanmasıyla sistemin bir olgusu (çıkıtısı) olmaktadır. Servis olgusu olan her

müşteri Toprakbank Menkul Değerler sisteminde, bir daha dönmek üzere sistemi terk eder veya bir talebini gerçekleştirdikten sonra diğer talepleri için sistemin içine geri dönüş yapar. Başka bir ifade ile, repo yatırım yapan bir müşteri eğer hisse senedi veya diğer yatırım araçlarından birini daha kullanmak isterse sisteme geri döner, istemezse servis olgusu olarak sistemi terk eder ve diğer günlerde yatırım yapması için sisteme geri dönmesi beklenir.

2.3. VERİ DERLEME VE ANALİZİ

2.3.1. VERİLERİN TOPLANMASI

Gelişler ve servis süresi dağılımlarının belirlenmesi için, gelişler ve servise ilişkin veriler toplanmıştır. Bunun için uygun bir zaman biriminde servisi tamamlanan müşteri sayısı ve işlem süreleri gözlem yolu ile elde edilmiştir. Hizmet türüne göre gelen müşterinin işleme bağlama ve bitiş süreleri kaydedilmiş, servis için harcadıkları süre kaydedilmiştir. Servis sürelerine göre bu gözlemler sınıflandırılmış ve tek işlem yolu ile dağılımı tespit edilmiştir. İşlem sürelerine ilişkin gözlem değerleri EK' de verilmiştir.

2.3.2. SERVİS SÜRELERİ İÇİN GÖZLEM SAYISININ YETERLİLİĞİNİN TESPİTİ

Yapılan gözlemlerin sayısı 30' dan büyük olduğu için, servis sürelerinin gözlem sayısının yeterliliğinin tespitinde örnek büyüklüğü yeterlidir denir.

2.3.4. GELİŞLERİN İNCELENMESİ VE DAĞILIMININ BELİRLENMESİ

Sistemin girdi sürecinin belirlenmesinde müşteri gelişlerinin bilinmesi gerekir. Böylece, menkul değerler sistemindeki servis birimlerinin sayısının müşteri ihtiyacını karşılayıp karşılamadığı belirlenir. Gelişlerin dağılımı incelenirken ilk akla gelen bu dağılımın Poisson dağılımı olup olmadığıdır. Çünkü bekleme hattı sistemlerinde gelişlerin çoğunlukla Poisson dağıldığı ve bunun bir gerektirmesi olarak da gelişlerarası sürenin Üstel dağıldığı kabul edilmektedir.

Gelişlerin Poisson dağılımına uyup uymadığını belirlemek için χ^2 testi yapılır.

Hipotezler ;

$\lambda = 0,59$ müşteri / dakika olduğuna göre,

H_0 : Birim zamanda gelen müşterilerin dağılımı, parametresi λ olan Poisson dağılıma uyar.

H_1 : Birim zamanda gelen müşterilerin dağılımı, parametresi λ olan Poisson dağılıma uymaz.

Karar verirken şu kurallara uyulur,

$\chi^2 \geq \chi^2_{\alpha, v}$ ise, H_0 hipotezi red edilir.

$\chi^2 < \chi^2_{\alpha, v}$ ise, H_0 hipotezi red edilmez.

$$\chi^2 \text{ 'nin formülü ise, } \chi^2 = \sum \frac{(F_b - F_g)^2}{F_b} \text{ dir.}$$

Burada, F_b Beklenen, F_g ise Gözlenen frekansı temsil etmektedir.

Tablo:1. Gelişlere ilişkin frekans tablosu

5 dakikada gelen müşteri sayısı	Gözlenen frekans	Beklenen frekans
0	23	24,69
1	33	36,17
2	11	10,25
3	6	4,27
4	6	3,28
5	4	2,94
6	0	0,44
7	1	1,96

$$\chi^2 = 4,6971$$

$$v = n - k - 1$$

$$v = 8 - 1 - 1 = 6$$

$$\alpha = 0,05$$

$$\chi^2_{tablo} = 12,59$$

Sonuç:

1. $\chi^2 = 4,6971 < \chi^2_{tablo} = 12,59$ olduğundan $\alpha = 0,05$ anlam düzeyinde H_0 hipotezi red edilmez.

2. Birim zamanda gelen müşteri sayısı $\lambda = 0,59$ müşteri / dakika olup, Poisson dağılımına uyduğu söylenebilir.

2.3.5. SERVİS SÜRELERİNİN İNCELENMESİ VE DAĞILIMININ BELİRLENMESİ

Analitik yöntemin uygulanabilmesi için servis süresinin Üstel dağılımına uyması gerekmektedir. Gelişlerin incelenmesi için izlediğimiz yolu servis süresi içinde uygulayabiliriz. Tek fark λ yerine μ kullanılacaktır.

Hipotezler;

$\mu = 0,675$ müşteri / dakika olduğuna göre,

H_0 : Servis sürelerinin dağılımı, parametresi μ olan Üstel dağılıma uyar.

H_1 : Servis sürelerinin dağılımı, parametresi μ olan Üstel dağılıma uymaz.

Karar verirken şu kurallara uyulur,

$\chi^2 \geq \chi^2_{\alpha, v}$ ise, H_0 hipotezi red edilir.

$\chi^2 < \chi^2_{\alpha, v}$ ise, H_0 hipotezi red edilmez.

$$\chi^2 \text{ 'nin formülü ise, } \chi^2 = \sum \frac{(F_b - F_g)^2}{F_b} \text{ dir.}$$

Burada, F_b Beklenen F_g ise Gözlenen frekansı temsil etmektedir.

Servis süreleri için sınıf aralığı şu şekilde belirlenir.

$$S = \frac{X_{enb} - X_{enk}}{1 + 3.322 \log N} = \frac{450 - 16}{1 + 3.322 \log 122} = 54,72 \cong 55$$

S : Sınıf aralığı

X_{enb} : En büyük gözlem değeri

X_{enk} : En küçük gözlem değeri

N : Gözlem birimlerinin sayısı

Tablo:2. Servis sürelerine ilişkin frekans tablosu

Servis süresi	Gözlenen frekans	Beklenen frekans
00-55	75	73,86
55-110	23	26,54
110-165	7	9,76
165-220	6	4,77
220-275	4	2,59
275-330	3	2,61
330-385	2	1,68
385-440	3	1,28
440+	1	0,91

$$\chi^2 = 4,7939$$

$$v = n - k - 1$$

$$v = 9 - 1 - 1 = 7$$

$$\alpha = 0,05$$

$$\chi^2_{tablo} = 11,47$$

Sonuç:

1. $\chi^2 = 4,7939 \leq \chi^2_{tablo} = 11,47$ olduğundan $\alpha = 0,05$ anlam düzeyinde H_0 hipotezi red edilmez.
2. Servis sürelerinin dağılımı, parametresi $\mu = 0,675$ müşteri / dakika olan Üstel dağılıma uyduğu söylenebilir.

2.3.6. ANALİTİK YÖNTEMİN UYGULANMASI

Gözlenen bekleme hattı sisteminin işlem karakteristiklerinin analitik yöntemle bulunabilmesi için gelişlerin dağılımı Poisson, servis sürelerinin dağılımının Üstel olması gerekir. Yapılan χ^2 testi sonucunda gelişlerin dağılımının Poisson dağılımına, servis sürelerinin Üstel dağılıma uyduğu görülmüştür. Bu durumda analitik yöntem kullanılabilir.

Bekleme hattı sisteminin analitik çözümü QSB paket programıyla yapılmıştır. QSB paket program çıktısı Ek' de sunulmuştur. Mevcut duruma ilişkin işlem karakteristikleri hesaplanmış ve yorumlanmıştır.

$$P=0,437037$$

Gözlem süresince sistem % 43,7037 oranında doludur.

$$L=1,080439$$

Gözlem süresince sistemdeki ortalama müşteri sayısı 1,080439 kişidir.



$$L_q=0,2063654$$

Gözlem süresince bekleme hattındaki ortalama müşteri sayısı 0,2063654 kişidir.

$$W=1,831253$$

Gözlem süresince müşterilerin ortalama sistemde bulunma süresi 1,831253 dakikadır.

$$W_q=0,3497719$$

Gözlem süresince müşterilerin ortalama bekleme hattında bulunma süresi 0,34 97719 dakikadır.

$$P_w=0,2658266$$

Sisteme gelen bir müşterinin bekleme olasılığı % 26,58266' dır.

$$P_0=0,3917526$$

Servis biriminin boş olma olasılığı % 39,17526' dır.

$$P(10)=0,608093$$

Sistemde 'n' sayıda müşteri bulunma olasılığı ise 10 müşteri için hesaplanmış ve %60,8093 bulunmuştur.



SONUÇ

Bekleme, hizmet üretiminde bulunan işletmelerin etkinliklerinde devamlı olarak karşılaştıkları önemli bir sorundur. İşletmelerin sunduğu hizmete olan istemin rassal olarak değişmesinden kaynaklanan bu sorun, birbirine karşıt iki biçimde ortaya çıkmaktadır. Bunlardan birincisi, istemdeki artış sonucu bir bekleme hattı oluşmakta ve müşteriler hizmet için beklemektedir. İkincisi ise, hizmet isteminde bulunan müşteri çok az yada hiç olmadığı için hizmet birimi boş beklemektedir. Birinci durum müşterilerin bekleme hattında beklemesinden dolayı bir alternatif maliyete ve müşteri kaybına yol açarken, ikinci durumda işletme maliyetlerinin yükselmesine neden olmaktadır.

Böylece, istemin belirsizliği sonucu hangi biçimde olursa olsun, kaçınılmaz olan bekleme olayı bir dereceye kadar optimal hizmet sunmanın bir işleyişi olarak ortaya çıkmakta ve ekonomik zorunluluklardan kaynaklanmaktadır. Bundan dolayı müşteriler ile işletmenin yararlarını göz önünde bulunduran bir ekonomik dengeye ulaşmak sorunu ortaya çıkar. Bu ekonomik denge sorunu ise bekleme hattı modelleriyle ortadan kaldırılabılır.

Bir servis sistemi olarak bir banka şubesinin menkul değerler servisi bekleme hattı servis sistemi olarak seçilmiştir. Bu bekleme hattı servis sisteminde yapılan gözlemler sonucunda sistemin çok kanallı-tek aşamalı, gelişlerin sonsuz büyüklükte ve birbirinden bağımsız olduğuna karar verilmiştir.

Toprakbank Menkul Değerlerde yapılan bu incelemede, bankalar hizmet üreten servis birimleri olarak ele alınarak sistemin özellikleri incelenmiş ve gelişlerin dinamik bir yapı gösterdiği belirlenmiştir. Birim zamanda gelen ortalama müşteri sayısının Poisson dağılıma uyduğu belirlenmiştir. Servis sürelerinin dağılımının da Üstel dağılıma uyduğu belirlenmiştir. Sistemin ölçütlerinden yararlanarak kuyrukta beklenen müşteri sayısı, sistemde beklenen müşteri sayısı, kuyrukta ortalama bekleme süresi, sistemde ortalama bekleme süresi ve sistem hakkındaki bazı olasılıklar hesaplanmıştır.

Bekleme, hizmet üreten sistemlerde devamlı olarak karşımıza çıkan bir sorun olarak, bekleyen kişilerin sabır düzeyleri ve zamanları, kişileri belli bir sınır seviyesine kadar beklemeye imkan verir ve böylece kuyruklar kişilerin istedikleri serviste daha

fazla bekleyerek, zaman kaybederek ve çeşitli kişisel veya servisle ilgili her türlü maliyeti oluşturarak oluşmasına neden olur. Bu çalışmada maliyete uygulamada yer verilmemesinin nedeni kişilerin özelliklerinin her şekilde bilinmemesi, oluşturulacak maliyet bölümlerine ulaşamaz ve sağlıklı bir biçimde temsil edemez olmasından kaynaklanmaktadır.

Toprakbank Menkul Değerler Servisine gelen müşterilerin içinde aynı ve/veya benzer yatırım aracına yatırım yapmayı düşünenlere, aynı servis biriminde hizmet verilecek olursa sistem her zaman daha iyi işleyecektir. Çünkü, servis sisteminde bulunan iki servis birimi, sunulan hizmetlerin bazılarını aynı, bazılarını ise işleyişte farklı vermektedir. Bu hizmetler servis birimlerinde farklı olunca, servis sisteminde farklı dengeler oluşmaktadır. Bu servis sisteminde, gözlem süresince sistemin %43,7037' u dolu iken, servis birimlerinin boş olması ise %39,17526 dır. Eğer servis birimlerinde sunulan hizmetler birimler açısından ayrı ayrı paylaşılıp müşteri istekleri karşılanırsa, sistemin doluluğu artarken, boş olması ise azalacaktır ki bu da müşterilerin hemen hepsinin yeterli derecede beklemeden, sıkılmadan ve fazla maliyet oluşturmadan sistemi terk etmelerini engelleyecektir. Böylece, servis sistemi etkili olarak çalışmasını sürdürecektir. Yığılma genelde birinci servis biriminde olduğu için ikinci servis birimine fazla müşterinin gitmesi sunulan hizmetlerden dolayı engellendiği için servis sisteminin genelindeki işlem karakteristikleri açısından yanlış bilgiler elde edilecektir. Gözlem süresince sistemdeki ortalama müşteri sayısı 1,080439 kişi iken, gözlem süresince bekleme hattındaki ortalama müşteri sayısı 0,2063654 kişidir. Bu da gelen müşterilerin çoğunun birinci servis birimine girmesinden kaynaklanmaktadır. Böyle olunca, sistemdeki müşteri sayısı sistem için uygun iken bekleme hattına geçen müşteriler ikinci servis birimine girmeyince genel olarak bekleme hattındaki ortalama müşteri sayısı düşmekte ve sistem boş gibi kullanılmaktadır. Bu da sistemin etkin çalışmasını engellemektedir. Örneğin borsa işlemlerine sadece bir servis birimi; repo, EFT, yatırım fonu ve parasal işlemlere bir servis birimi; müşterilerin hesapları ile ilgili her türlü işlemler içinde bir servis birimi hizmet verse bu servis sisteminde her türlü işleyiş düzenli ve sistemli olacağından çalışmada her türlü verim iyi olacaktır.

EKLER

BİRİNCİ SERVİS BİRİMİ GÖZLEM DEĞERLERİ

Para çekme	8:40:00	8:43:10	190sn
Para çekme	8:45:30	8:48:37	207sn
Hesap bilgisi sorma	8:50:08	8:50:33	25sn
EFT	8:53:17	8:57:23	246sn
Yatırım fonu alış	8:59:18	8:59:59	41sn
Yatırım fonu alış	9:01:10	9:01:50	40sn
Yatırım fonu alış	9:01:50	9:02:45	55sn
Yatırım fonu alış	9:02:45	9:03:35	50sn
Yatırım fonu alış	9:03:35	9:04:17	42sn
Yatırım fonu alış	9:04:17	9:05:02	45sn
Yatırım fonu alış	9:09:25	9:10:03	38sn
Yatırım fonu alış	9:10:03	9:10:43	40sn
Yatırım fonu alış	9:10:43	9:11:43	60sn
Hesap bilgisi sorma	9:20:38	9:22:03	85sn
Repo	9:27:13	9:30:49	216sn
EFT	9:33:26	9:38:56	330sn
Para yatırma	9:38:58	9:39:47	49sn
Repo	9:40:04	9:40:27	23sn
Repo	9:40:27	9:40:59	32sn

Repo	9:43:36	9:44:05	29sn
Repo	9:44:05	9:44:40	35sn
Ekstre almak	9:45:03	9:45:27	24sn
Döviz alış	9:45:47	9:47:01	74sn
Yatırım bilgisi sorma	9:48:50	9:55:50	420sn
Yatırım hesabı açma	9:56:10	9:58:15	125sn
Hesaplar arası virman	9:59:17	9:59:49	32sn
Hisse senedi alış	10:01:14	10:01:15	21sn
Hisse senedi alış	10:02:13	10:02:31	17sn
Hisse senedi satış	10:02:33	10:02:59	26sn
Hisse senedi alış	10:04:39	10:04:55	16sn
Hisse senedi alış	10:04:55	10:05:15	20sn
Hisse senedi alış	10:05:15	10:05:37	22sn
Hisse senedi satış	10:07:23	10:07:59	36sn
Ekstre almak	10:07:59	10:09:01	62sn
Hesaplar arası virman	10:14:03	10:16:37	154sn
Hisse senedi satış	10:23:17	10:23:57	40sn
Yatırım hesabı açma	10:27:11	10:34:17	426sn
Para yatırma	10:34:17	10:36:24	127sn
Hisse senedi alış	10:41:23	10:42:33	70sn

Repo	10:53:38	10:54:54	76sn
Para yatırma	10:55:10	10:56:53	103sn
Döviz alma	10:58:43	11:00:44	121sn
Yatırım fonu alış	11:03:15	11:07:11	236sn
Ekstre alma	11:07:11	11:08:54	103sn
Hisse senedi satış	11:09:25	11:10:03	38sn
Hisse senedi satış	11:10:03	11:10:43	40sn
Hisse senedi alış	11:10:43	11:11:43	60sn
Hisse senedi alış	11:12:42	11:13:17	35sn
Hisse senedi alış	11:13:17	11:13:54	37sn
Hisse senedi satış	11:13:54	11:14:50	56sn
Ekstre alma	11:20:17	11:20:56	39sn
Ekstre alma	11:20:56	11:21:29	33sn
Hisse senedi satış	11:23:39	11:24:24	45sn
Hesap bilgisi sorma	11:38:00	11:39:57	117sn
Yatırım bilgisi sorma	11:40:29	11:45:30	301sn
Para yatırma	11:46:01	11:47:13	72sn
Repo	11:47:13	11:47:57	44sn
Yatırım fonu alış	11:47:57	11:48:47	50sn
Hisse senedi alış	11:48:53	11:49:44	51sn

Hisse senedi alış	11:49:44	11:51:01	77sn
Hisse senedi satış	11:52:41	11:53:29	48sn
Hisse senedi alış	11:55:29	11:55:59	30sn
Hisse senedi alış	11:55:59	11:56:49	50sn
Hisse senedi satış	11:56:49	11:57:35	46sn
Hisse senedi alış	11:57:35	11:58:49	74sn

İKİNCİ SERVİS BİRİMİ GÖZLEM DEĞERLERİ

Hesaplar arası virman	8:59:01	9:03:11	250sn
Yatırım hesabı açma	9:14:13	9:19:23	310sn
Yatırım bilgisi sorma	9:21:24	9:25:48	264sn
Yatırım bilgisi sorma	9:25:48	9:31:12	384sn
Yatırım bilgisi sorma	9:33:28	9:36:13	165sn
Repo	9:36:13	9:37:24	71sn
Repo	9:39:37	9:40:17	40sn
Yatırım bilgisi sorma	9:40:53	9:46:43	350sn
Hesaplar arası virman	9:48:37	9:49:57	80sn
Hisse senedi alış	10:00:01	10:00:48	47sn
Hisse senedi alış	10:00:48	10:01:10	24sn
Hisse senedi satış	10:01:10	10:01:48	38sn
Hisse senedi alış	10:09:15	10:09:57	42sn
Hisse senedi alış	10:09:58	10:10:43	45sn
Hisse senedi satış	10:10:44	10:11:36	52sn
Hisse senedi alış	10:11:37	10:12:27	50sn
Hisse senedi satış	10:12:28	10:13:22	54sn
Hisse senedi satış	10:13:23	10:14:15	52sn
Hesap bilgisi sorma	10:17:21	10:18:59	98sn

Hisse senedi alış	10:21:17	10:22:06	49sn
Hesap bilgisi sorma	10:24:11	10:25:03	52sn
Yatırım bilgisi sorma	10:25:03	10:27:55	172sn
Hisse senedi alış	10:27:56	10:28:43	47sn
Hisse senedi satış	10:31:03	10:32:17	74sn
Yatırım bilgisi sorma	10:37:23	10:44:53	450sn
Hesap bilgisi sorma	10:44:58	10:47:18	140sn
Hisse senedi alış	10:49:37	10:51:01	84sn
Hisse senedi satış	10:54:17	10:55:19	62sn
Hisse senedi alış	11:04:17	11:05:02	45sn
Hisse senedi satış	11:09:25	11:10:03	38sn
Hisse senedi satış	11:10:03	11:10:43	40sn
Hesap bilgisi sorma	11:10:43	11:11:43	60sn
Yatırım bilgisi sorma	11:11:43	11:18:54	431sn
Hisse senedi alış	11:20:17	11:21:29	72sn
Hisse senedi satış	11:21:29	11:22:00	31sn
Hisse senedi alış	11:22:00	11:23:39	91sn
Yatırım bilgisi sorma	11:23:45	11:26:35	170sn
Hisse senedi alış	11:27:11	11:28:02	51sn
Hesap bilgisi sorma	11:29:17	11:29:43	26sn

Hisse senedi alış	11:36:10	11:36:57	47sn
Hisse senedi alış	11:39:00	11:39:57	57sn
Hisse senedi alış	11:39:57	11:40:29	32sn
Hisse senedi satış	11:40:29	11:41:10	40sn
Yatırım bilgisi sorma	11:41:53	11:44:43	170sn
Hisse senedi alış	11:45:05	11:45:35	30sn
Hisse senedi satış	11:45:35	11:46:03	28sn
Hisse senedi alış	11:46:35	11:47:25	50sn
Hisse senedi alış	11:47:25	11:47:52	27sn
Hisse senedi alış	11:47:52	11:48:34	42sn
Hisse senedi alış	11:48:34	11:49:24	50sn
Hisse senedi alış	11:49:34	11:50:18	44sn
Hisse senedi satış	11:50:18	11:50:43	25sn
Hisse senedi satış	11:50:43	11:51:18	35sn
Hisse senedi alış	11:51:18	11:51:55	37sn
Hisse senedi satış	11:53:21	11:53:45	24sn
Hisse senedi satış	11:55:17	11:55:46	29sn
Hisse senedi satış	11:55:46	11:56:11	25sn
Hisse senedi satış	11:57:01	11:57:23	22sn
Hisse senedi alış	11:58:32	11:59:04	32sn

Solving the Model for toprak

M/M/2

With lamda = .59 customers per minute and $\mu = .675$ customers per minute

Utilization factor (ρ) = .437037

Average number of customers in the system (L) = 1.080439

Average number of customers in the queue (Lq) = .2063654

Average time a customer in the system (W) = 1.831253

Average time a customer in the queue (Wq) = .3497719

The probability that all servers are idle (P_0)= .3917526

The probability an arriving customer waits(P_w)= .2658266

$P(1) = 0.34242$ $P(2) = 0.14965$ $P(3) = 0.06540$ $P(4) = 0.02858$ $P(5) = 0.01249$

$P(6) = 0.00546$ $P(7) = 0.00239$ $P(8) = 0.00104$ $P(9) = 0.00046$ $P(10) = 0.00020$

10

$\delta P(i) = 0.608093$

$i=1$