



AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



Ahmet Faruk KAHYA

KUYRUK MODELİ İLE BEKLEME SÜRELERİNİN ANALİZİ VE İŞGÜCÜ
PLANLAMASI: DIŞ HEKİMLİĞİ HASTANESİNDE BİR UYGULAMA

İşletme Ana Bilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Antalya, 2019



AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



Ahmet Faruk KAHYA

KUYRUK MODELİ İLE BEKLEME SÜRELERİNİN ANALİZİ VE İŞGÜCÜ
PLANLAMASI: DIŞ HEKİMLİĞİ HASTANESİNDE BİR UYGULAMA

Danışman

Doç. Dr. Gökhan AKYÜZ

İşletme Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Antalya, 2019

Akdeniz Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğüne,

Ahmet Faruk KAHYA' nın bu çalışması, jürimiz tarafından İşletme Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Programı tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Ömür TOSUN

Üye (Danışmanı) : Doç. Dr. Gökhan AKYÜZ

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet SARITAŞ

Tez Başlığı: KUYRUK MODELİ İLE BEKLEME SÜRELERİNİN ANALİZİ VE
İŞGÜCÜ PLANLAMASI: DIŞ HEKİMLİĞİ HASTANESİNDE BİR
UYGULAMA

Onay :Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Tez Savunma Tarihi : 17/06/2019

Mezuniyet Tarihi : 04/07/2019

Prof. Dr. İhsan BULUT
Müdür

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “KUYRUK MODELİ İLE BEKLEME SÜRELERİNİN ANALİZİ VE İŞGÜCÜ PLANLAMASI: DIŞ HEKİMLİĞİ HASTANESİNDE BİR UYGULAMA” adlı bu çalışmanın, akademik kural ve etik değerlere uygun bir biçimde tarafımda yazıldığını, yararlandığım bütün eserlerin kaynakçada gösterildiğini ve çalışma içerisinde bu eserlere atıf yapıldığını belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

Ahmet Faruk KAHYA



İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER LİSTESİ	iii
TABLOLAR LİSTESİ	iv
KISALTMALAR LİSTESİ	v
ÖZET	vi
SUMMARY	vii
ÖNSÖZ	viii
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM KUYRUK MODELLERİNİN YAPISI

1.1. Kuyruk Modeli Nedir?	3
1.2. Kuyruk Modelinin Tarihçesi	4
1.3 Kuyruk Sisteminin Genel Yapısı ve Temel Bileşenleri	5
1.3.1. Geliş Süreci	7
1.3.2. Kuyruk Disiplini	8
1.3.3. Servis Mekanizması	8
1.3.4. Sistem Kapasitesi	10
1.4. Kuyruk Problemlerinde Maliyet Analizi	10
1.5. Kuyruk Modellerinde Kendall Notasyonu	11
1.6. Kuyruk Modeli Parametreleri	13
1.7. Kuyruk Modellerinde Sık Kullanılan Dağılımlar	14
1.7.1. Poisson Dağılımı	14
1.7.2. Üstel Dağılım	15
1.7.3. Kuyruk Modellerinde Saf Doğum ve Saf Ölüm Modelleri (Üstel Dağılım ve Poisson Dağılımı Arasındaki İlişki)	17
1.7.3.1. Saf Doğum Modeli	17
1.7.3.2. Saf Ölüm Modeli	18

İKİNCİ BÖLÜM KUYRUK SİSTEMİ MODELLERİ VE BU MODELLERİN ÇÖZÜMLERİ

2.1. Tek Kanallı Modeller.....	19
2.1.1. M/M/1:∞/∞/FIFO Modeli	19
2.1.2. M/M/1:N/∞/GD Modeli.....	21

2.1.3. M/M/1:N/N/FIFO Modeli	23
2.1.4. M/G/1:∞/∞/FIFO Modeli (Pollaczek-Khintchine (P-K) Formülü)	23
2.2. Çok Kanallı Modeller	25
2.2.1. M/M/c:∞/∞/GD Modeli	25
2.2.2. M/M/c:N/∞/GD Modeli	27
2.2.3. M/M/c:N/N/GD Modeli	29
2.2.4. M/M/∞:∞/∞/GD Modeli (Self Servis Modeli)	30
2.3. Maliyet Modelleri	30
2.4. Simülasyon ile Kuyruk Modelleme	32
2.5 Sağlık Sektöründe Kuyruk Problemlerinin Yeri	34

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

SİMÜLASYON METODU İLE BİR DİŞ HASTANESİNDE KUYRUK MODELİ UYGULAMASI

3.1. Araştırmanın Amacı ve Kapsamı	38
3.2. Araştırmanın Adımları ve Uygulama Sonuçları	39
3.2.1. Sistemin İncelenmesi ve Problemin Belirlenmesi	41
3.2.2. Sürece Dair Verilerin Toplanması	42
3.2.3. Verilerin Kontrolü ve Düzenlenmesi	42
3.2.4. Simülasyon Modelinin Oluşturulması ve Çalıştırılması	49
3.2.5. Çıkan Sonuç Raporlarının Analizi	54
3.2.6. Alternatif Senaryoların Geliştirilmesi ve Analizi	56
3.2.7. Alternatif Senaryolardan Çıkan Sonuçların Mevcut Durumla Karşılaştırılması ve Yorumlanması	57
SONUÇ	60
KAYNAKÇA	62
EK 1- HASTALARIN GELİŞ ZAMANLARI	69
EK 2- ARENA'DA KURULAN SİMÜLASYON MODELİN GENEL GÖRÜNTÜSÜ ..	86
EK 3.a- MEVCUT DURUMA GÖRE ARENA'DA ÇIKAN SONUÇ RAPORU	87
EK 3.b- ALTERNATİF SENARYO 1'E GÖRE ARENA'DA ÇIKAN SONUÇ RAPORU	90
EK 3.c- ALTERNATİF SENARYO 2'YE GÖRE ARENA'DA ÇIKAN SONUÇ RAPORU	93
ÖZGEÇMİŞ	96

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Kuyruk Süreci	6
Şekil 1.2 Tek Servis Birimi – Tek Servis Kanalı Modeli.....	9
Şekil 1.3 Birçok Seri Servis Birimi – Birçok Seri Servis Kanalı Modeli.....	9
Şekil 1.4 Tek Servis Birimi – Birçok Paralel Servis Kanalı Modeli	9
Şekil 1.5 Birçok Paralel Servis Birimi-Tek Servis Kanalı Modeli.....	9
Şekil 1.6 Birçok Paralel Servis Birimi – Birçok Paralel Servis Kanalı Modeli	10
Şekil 1.7 Kuyrukta Bekleme Maliyeti ve Servis Birimi Sayısı Arasındaki İlişki	10
Şekil 1.8 Servis Sağlama Maliyeti ve Servis Birimi Sayısı Arasındaki İlişki.....	11
Şekil 1.9 Toplam Beklenen Servis İşletme Maliyeti ve Servis Düzeyi Arasındaki İlişki	11
Şekil 3.1 Çalışmada İzlenen Metodolojik Adımlar	40
Şekil 3.2 Hastanın Genel Muayene Süreci	41
Şekil 3.3 08:00-10:00 Zaman Diliminde Gelen Hastaların Gelişler Arası Sürelerinin (Dakika Cinsinden) Analizi.....	43
Şekil 3.4 10:00-12:00 Zaman Diliminde Gelen Hastaların Gelişler Arası Sürelerinin (Dakika Cinsinden) Analizi.....	44
Şekil 3.5 13:00-15:00 Zaman Diliminde Gelen Hastaların Gelişler Arası Sürelerinin (Dakika Cinsinden) Analizi.....	45
Şekil 3.6 15:00-17:00 Zaman Diliminde Gelen Hastaların Gelişler Arası Sürelerinin (Dakika Cinsinden) analizi.....	46
Şekil 3.7 Asistan Doktorların Muayene Sürelerinin (Dakika Cinsinden) Analizi	47
Şekil 3.8 Stajyer Öğrencilerin Muayene Sürelerinin (Dakika Cinsinden) Analizi.....	47
Şekil 3.9 Genel Muayene İçin Gelen Hastaların Kayıt Açtırma Sürelerinin (Saniye Cinsinden)	48
Şekil 3.10 Diğer Bölümlere Tedavi İçin Gelen Hastaların Kayıt Açtırma Sürelerinin (Saniye Cinsinden).....	49
Şekil 3.11 Simülasyon Modelinde Gelişler	50
Şekil 3.12 Simülasyon Modelinde Hastaların Gelişler Arası Dağılımlarının Belirtilmesi İçin Oluşturulan Sahte Sistem	50
Şekil 3.13 Simülasyon Modelinde Hastaların Öncelik Durumunun Belirlenmesi.....	50
Şekil 3.14 Simülasyon Modelinde Hastaların Röntgen ve Muayene İşlemlerinin Gösterilmesi	51
Şekil 3.15 Simülasyon Modelinde Hastaların Tekrar Röntgen İstenme Durumunun ve Hasta Çıkışının Gösterilmesi	52
Şekil 3.16 Simülasyon Modelinde Hastaların Tekrar Röntgen İşleminin Gösterilmesi	52
Şekil 3.17 Simülasyon Modelinde Diğer Hastaların Röntgen İşleminin Gösterilmesi	52
Şekil 3.18 Simülasyon Modelinde Diğer Hastaların Kayıt Açma İşleminin Gösterilmesi	53
Şekil 3.19 Simülasyon Modelinin Çalışma Ayarlarının Belirtilmesi	53
Şekil 3.20 Simülasyon Modelinde Hastaların Sistemde İlerleyişi	54

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1.1 Kuyruk Sistemine Örnekler.....	6
Tablo 3.1 Hastaların Ortalama İşlem Süreleri	54
Tablo 3.2 Hastaların Ortalama Bekleme Süreleri ve Anlık Olarak Kaynaklarda Bekleyen Hasta Sayıları.....	55
Tablo 3.3 Hastane Kaynaklarının Kullanım Oranı	55
Tablo 3.4 Mevcut Durumda ve Alternatif Senaryolarda İşgücü Planlaması	56
Tablo 3.5 Alternatif Senaryoların Ortalama Bekleme Sürelerinin ve Ortalama Bekleyen Sayılarının Karşılaştırılması	57
Tablo 3.6 Alternatif Senaryolarda Kaynakların Kullanım Oranlarının Karşılaştırılması	57
Tablo 3.7 Mevcut Durum ile Seçilen Alternatif Senaryonun Karşılaştırılması	58



KISALTMALAR LİSTESİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
akt.	Aktarma
ATM	Automatic Teller Machine (Otomatik Vezne Makinesi)
BPR	Business Process Reengineering (İş Sürecinin Yeniden Yapılandırılması)
dk.	Dakika
FIFO	First In-First Out (İlk Giren İlk Çıkar)
IICA	Improved Imprealist Competitive Algorithm (Geliştirilmiş Emparyalist Rekabetçi Algoritma)
İGDAŞ	İstanbul Gaz Dağıtım Sanayii ve Ticaret A.Ş.
LIFO	Last In-First Out (Son Giren İlk Çıkar)
MS	Microsoft
PRI	Priority Queue Dicipline (Öncelikli Kuyruk Disiplini)
PSPO	Preemptive Service Priority (Tam Öncelikli Servis)

ÖZET

Hayatın her alanında hizmet veren birçok kurum/işletme bulunmaktadır. Gerek insan nüfusunun sürekli artıyor olması gerekse taleplere hizmet verecek olan kaynakların kısıtlı kullanılmasından dolayı kuyrukta bekleme problemleri meydana gelmektedir. Kuyruktaki bekleme sürelerinin artmasıyla birlikte en çok olumsuz durumun olduğu yerler sağlık hizmeti veren kurumlardır. Sağlık sektörünün bazı birimlerinde yaşanabilecek olan gecikmeler hastanın hayatına bile mal olabilmektedir. Hastanelerde yaşanan bu problemlerin dikkate alınması ve düzeltilmesi gerekmektedir. Diş hastaneleri, istisnai durumlar dışında hayati risk taşıyan hastaların gelmediği ancak gelen hastaların yoğunluğu ve oluşan kuyruklar sebebiyle muayene sürecinin işleyişinde aksamaların görüldüğü yerlerdir. Bu araştırma, Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Hastanesi'ne gelen hastaların tedavi olmadan önce muayene edildiği Ağız, Diş ve Çene Bölümü'nde yapılmıştır. Hastane kaynaklarının kullanım planlamasında değişiklikler yapılarak hastaların ortalama bekleme süreleri ve ortalama kuyrukta bekleyen kişi sayısının azaltılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, hastaların muayene sürecinde geçtikleri işlemlere ait veriler gözlem yoluyla; gözlem yapılamadığı durumlarda ise sağlık personeliyle mülakat sağlanarak ve fakültenin bilgi işlem biriminden alınan belgeler ile elde edilmiştir. Bilindik kuyruk modelleri ve çözümlerinin yetersiz kaldığı bu çalışma için ARENA paket programı kullanılarak simülasyon modeli kurulmuştur. Çalıştırılan model ile ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilmiş ve hastaların en çok kuyruğa takıldığı noktanın muayene kliniği olduğu tespit edilmiştir. Darboğaz oluşturan işleme ait kaynakların yeniden planlandığı alternatif senaryolar türetilmiştir. Alternatif senaryolar önce kendi arasında, daha sonra mevcut durum ile karşılaştırılmıştır. Hastaların ortalama bekleme sürelerinde ve ortalama kuyrukta bekleyen hasta sayısında iyileşme olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kuyruk modelleri, kaynak planlaması, simülasyon, diş hastanesinde kuyruk modelleme.

SUMMARY
ANALYSIS OF WAITING TIMES WITH QUEUE MODEL AND LABOR
PLANNING: AN APPLICATION FOR A DENTISTRY HOSPITAL

There are a lot of establishments serve people in many ways. Increasing of population of humans and having not enough resources cause many problems and one of them is that people may have to wait too much in queue. It affects many establishments but health care providers are struggling more than any institutes. Even one tiny bit of delay could be fatal for some patients in some units of health care establishments. These troubles which occur in hospitals should be removed. There are not many patients with vital conditions in dental hospitals (except for exceptions) however, due to the intensity of the patients coming and the queues formed, there are disruptions in the operation of the examination process. This research was made on the patients who medically examined before treatment in Akdeniz University Collage of Dentistry's sections which are mouth, chin and tooth. There has been made some changes in the planning of usage of hospital resources. Thus, the average waiting times of the patients and the average number of people waiting in the queue were aimed to be reduced. In this respect, the data of the processes that patients have during medical examination was obtained by observation; in the cases where observation could not be done, it was obtained by interviewing with the health personnel and the documents picked up from data processing section of the collage. A simulation model was established by using ARENA package program, because known queue models and solutions are insufficient. The results obtained with the model were evaluated and it was determined that the point where patients wait most is the examination clinic. The resources of bottleneck process were redesigned and alternative scenarios were derived. Firstly alternative scenarios were compared to each other, then compared to the current situation. It was seen that there was an improvement in the average waiting time of patients and the average number of the patients who waiting in the queue.

Key Words: Queue models, planning of resources, simulation, queue modeling in dental hospital.

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince bana yoğun programında zaman ayıran ve verdiği bilgilerle yolumu aydınlatan değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Gökhan AKYÜZ'e, tezimin uygulama kısmını hazırlarken her türlü veri/bilgi desteğinin sağlanmasında yardımcı olan Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dekanı Sayın Prof. Dr. Alper KUŞTARCI'ya ve hayatım boyunca olduğu gibi bu çalışma süresince de desteğini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili aileme teşekkür ederim.



GİRİŞ

Gündelik yaşamın her anında kuyruk bekleme problemi ile karşılaşılabilir. Bankalardan kuaförlere, hastanelerden süpermarketlere kadar hizmet üreten hayatın tüm alanlarında bu durum mevcuttur. Ancak bu bekleme problemi kişilerin vakit kayıplarının yanı sıra hizmet sağlayıcıları için de olumsuz durum oluşturarak kimi zaman müşteri kaybına (süpermarketler, bankalar...vs.) kimi zaman da itibar kaybına (hastaneler, devlet kurumları...vs.) sebep olabilmektedir. Bunun için kuruluşlar etkili bir şekilde servis hizmeti sağlamak zorundadırlar. Etkin servis hizmeti hem müşteriye kısa sürede hizmet vermeyi hem de bu hizmeti verebilmek için uygun sayıda personeli barındırmayı içermektedir. Hizmet üreten işletmelerde (bankalar, hastaneler, süpermarketler) talebin stokastik yapısı ve değişkenlik göstermesi nedeniyle kaynak planlaması önemli bir problem haline gelmiştir. Sağlık sektöründe ise kuyruk problemleri daha fazla soruna yol açabilmektedir. Özellikle sektörün kritik birimlerinde hayati derecede sonuçlar doğurma ihtimali; kuyruk problemlerinin çalışma alanında, sağlık sektörünü her zaman daha ayrıcalıklı bir yere sahip hale getirmiştir. Bu sebepten dolayı tezin uygulaması Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Hastanesi'nde yapılmış olup; buraya gelen hastaların kuyrukta geçirdikleri zamanın azaltılması amaçlanmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde; kuyruk modelleri ve modellere ait çözümlere dair araştırmaların tarihsel gelişimi, kuyruk sistemlerinin genel yapısı ve kuyruk sistemine ait bileşenlerin neler olduğu anlatılmıştır. İkinci bölümde; genel olarak kullanılan temel kuyruk modelleri tanıtılmış, bu modellere ait çözüm yöntemleri gösterilmiştir. Tanıtılan modellerin kullanıldığı çalışmalar ilgili model başlıklarının altında, çalışma içeriğinde neler olduğu ve kimler tarafından ne zaman hazırlandığı belirtilerek eklenmiştir. Üçüncü bölümde; Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Hastanesi'nin Ağız, Diş ve Çene Bölümü'nde gerçekleştirilen uygulamaya yer verilmiştir. Uygulamada, mevcut sürecin işleyişi hakkında bilgiler gözlem yoluyla ve hastane personelleriyle yapılan mülakatlar ile elde edilmiştir. Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Hastanesi'ne gelen hastaların genel muayene sürecinde hangi işlem birimlerinden geçtiği belirtilmiş ve bu işlem birimlerinin özellikleri tanıtılmıştır. Mevcut işleyiş ARENA simülasyon programı kullanılarak modellenmiştir. Modelden çıkan sonuçlara göre hastaların en çok hangi işlem noktasında kuyruğa takıldığı tespit edilmiştir. Alternatif senaryolar türetilerek bekleme sürelerinin azaltılması yönünde, iyileştirme yapılması amaçlanmıştır. Belirlenen alternatif senaryo ile hastane kaynakları arasında bir düzenleme yapılarak simülasyon modeli tekrar çalıştırılmış ve çıkan sonuçlar analiz edilerek mevcut duruma göre yüzdeler olarak ne kadar bir iyileştirme getirdiği

gösterilmiştir. Çalışmanın sonuç başlığı altında, yapılan araştırma ve bu araştırmanın getirdiği iyileştirme hakkında kısaca bilgilendirme yapılmış; araştırmanın daha iyi sonuçlar verebilmesi adına bu çalışmaya ek olarak nelerin farklı yapılabileceğine dair önerilerde bulunulmuştur.



BİRİNCİ BÖLÜM

KUYRUK MODELLERİNİN YAPISI

1.1. Kuyruk Modeli Nedir?

Yöneylem araştırması, 1940 yılında II. Dünya Savaşında İngilizler tarafından Alman hava saldırılarına karşı daha etkili cevap verebilmek adına geliştirilmiş bir yönetsel karar verme tekniğidir. Yöneylem Araştırmasının savaş zamanında oluşturduğu pozitif etki, çok sayıda işletmeyi bu bilim dalını karar problemlerinin çözümünde kullanılacak bir araç olarak görmesini sağlamıştır (Öztürk, 1997: 1-2).

Yöneylem Araştırmasının ulaşmak istediği en önemli fayda, bütün bir organizasyon için eldeki kaynakları olabildiğince kullanarak en uygun sonuca ulaşmaktır. Yöneylem araştırmasının ilgilendiği bazı problemlere örnek vermek gerekirse;

- Hem müşterilerin çok beklemediği hem de gişedeki çalışanların oluşturduğu maliyetin tutulabilecek en aşağı seviyede tutulduğu kuyruk problemlerinin çözümü.
- Daha fazla hastanın daha az çaba sarf ederek ulaşmasının istendiği yeni hastanenin yerinin belirlenmesinde kullanılan tesis atama probleminin çözümü.
- Eldeki hammadde stoku, ürün teslim zamanı gibi değişkenleri düşünerek yapılacak olan üretim planlaması çalışmalarında.
- Belediye otobüslerinin hem daha fazla semte uğraması hem de bunu yaparken yakıtını en az kullanacağı güzergâhlardan geçmesi için çözülmesi gereken ulaştırma probleminin çözümü.
- Projeyi oluşturan faaliyetlerin arasındaki ilişkilerin, anlamlı bir sıra oluşturmasını sağlayan proje yönetimi çalışmalarında.

Yöneylem Araştırması yaklaşımı, bekleme problemlerinin çözümünde de oldukça sık kullanılır. Yöneylem araştırması genel olarak; eldeki olanakları olabildiğince etkin kullanarak bir çözüm tasarımının oluşturulması ve oluşturulan tasarım ile karşılaşılan problemlere mevcut durumdan daha iyi bir çözüm sunma bilimidir. Yöneylem biliminde kuyruk modeli olarak adlandırılan bekleme hattı problemlerinin çözümünün amacı ise; işletmenin hem yeterli servis birimi ayarlayarak müşteriyi bekletmemek hem de servis biriminin işletmeye getireceği maliyeti minimize etmektir.

Kuyruk, gündelik yaşamın her noktasında karşılaşılan bir durumdur. Bu durum insanların karşısına muhtelif zamanlarda çıkabilmektedir. Sinemalarda oluşturduğu bilet

kuyruğu, benzin almak için bekleyen arabaların oluşturduğu kuyruk, kafede yemeğinin gelmesini bekleyen müşterilerin oluşturduğu hizmet kuyruğu örnek olarak gösterilebilir.

Bu bekleme sadece insana özgü bir deneyim değildir. Ürünler makinede işlem görmeyi bekler, uçaklar havaalanı kulesinde iniş izni almayı bekler, köprülerde ve otoyollarda araçlar bilet almayı bekler. Bu bekleme azaltabilmek için bazı beklenmedik maliyetlere katlanmak gerekir. Başarılabilecek olan beklemenin oluşturduğu negatif etkiyi kabul edilebilir seviyeye indirmek olacaktır (Taha, 2000: 597).

Kuyruklar ile alakalı olarak iki farklı sorun ile karşılaşılabilir. Bunlardan ilki talepteki artış sonucunda hizmet bekleyen insanların veya ürünlerin kuyruk oluşturması diğeri ise hizmet isteğinde bulunan insan veya ürünlerin çok az ya da hiç olmadığı hizmet vericinin boş kalmasıdır. İlk durumda beklenen kuyruk bir alternatif maliyete veya müşteri kaybına dönüşebilirken diğeri durumda ise işletme maliyetlerinin yükselmesine sebep olmaktadır (Güner, 1986: 2).

Birbirine zıt olan bu iki bekleme hali arasında en uygun bekleme süresini bulmak için kullanılan modele kuyruk modeli denmektedir. Kuyruk teorisi ise geliş ve gidişlerin rastsal olduğu işletmelerin hizmet akışını oluşturmak ve analiz etmek için modeller sunmaktadır. Tamamen rastgele süreçler olduğu için üstel dağılım ve poisson dağılımı genellikle bu analizlerin yapılmasında çok önemli bir rol oynamaktadır (Özkan, 2010: 3-4).

Oluşturulan kuyruk modelleri problemi tek başına çözmeye yetmez, bekleme hattının matematiksel analizini yapar ve sistemin işleyişiyle alakalı olan parametre ve değişkenleri tahmin ederek karar mekanizmasındaki yöneticiye bilgi sağlar (Akarçay, 2008: 14). Kuyruk modellerinin tahmin ettiği bazı parametre ve değişkenler şu bilgileri vermektedir;

- Servis sağlayıcının boş kalma yüzdesi,
- Müşterinin/ürünün servis almak için bekleme olasılığı,
- Sistemin herhangi bir anında servis bekleyen ortalama müşteri/ürün sayısı,
- Müşterinin/ürünün servis almak için beklemesi gereken ortalama süre,
- Kuyrukta geçen ortalama süre.

1.2. Kuyruk Modelinin Tarihçesi

Kuyruk modelinin temelini Danimarka'da bir şirkette mühendislik yapan A. K. Erlang atmıştır. Telefon hatlarının bekleme problemleri ile alakalı çalışmalar yapan Erlang bu çalışmalarını 1909 senesinde "The Theory of Probabilities and Telephone Conversations" (Olasılıklar Teorisi ve Telefon Görüşmeleri) adlı makalesinde yayımlamıştır. Erlang bu makaleyi yazarken kendinden iki sene önce 1907'de F. W. Johansen'in yazdığı "Waiting Times

and Number of Calls” (Bekleme Zamanları ve Arama Sayıları) adlı çalışmadan etkilenmiştir (Erdoğan, 2010: 10).

1927 senesine gelindiğinde The Bell System Technical Journal’da Molina tarafından “Application of the Theory of Probability to Telephone” (Olasılık Teorisinin Telefon Kanallarına Uygulanması) başlıklı bir makale yayımlanmıştır. 1928 yılında Thornton D. Fry “Probability and Its Engineering Uses” (Olasılıklar ve Olasılıkların Mühendislik Alanında Kullanımı) adını verdiği kitabı yazarak kuyruk kuramını geliştirmeye çalışmıştır. Bu kitap telefon hatlarındaki sıkışıklıklarla alakalı olarak birçok çözüm içermektedir (Akhter, 2008: 15-16).

1950 senesine kadar kuyruk modelleri ile telefon hatları üzerinde çalışmalar yapılmaya devam edilmiştir. 1927’de Molina, 1930’da Polazcek, 1931’de Kolmogrov ve 1932 senesinde Khintchine ve Crommelin’in ayrı ayrı yaptığı çalışmalar öne çıkanlardandır (Güner, 1986: 3).

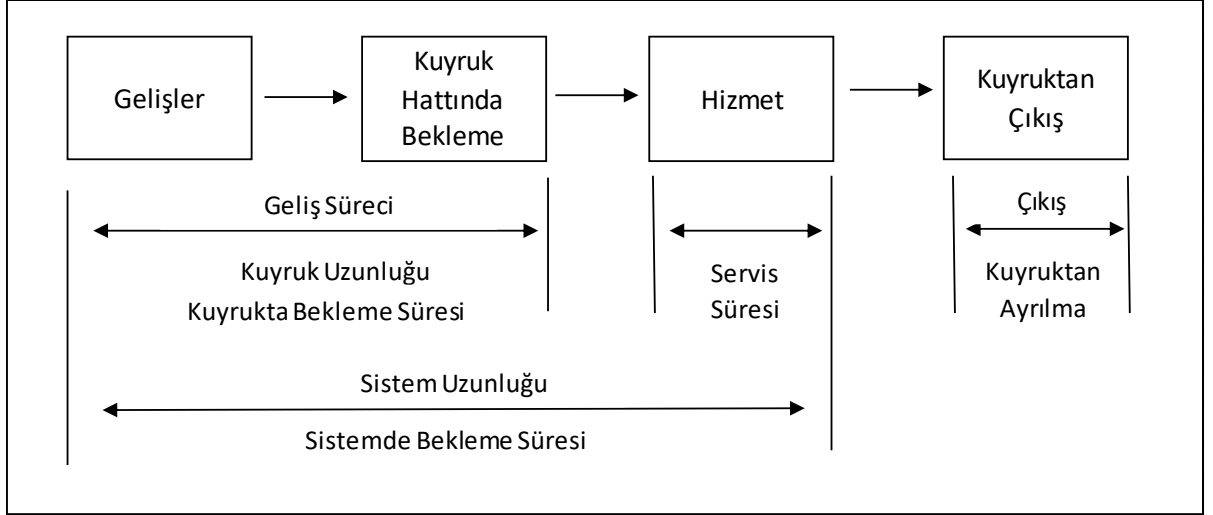
1951 senesinde David G. Kendall bekleme hatları ile ilgili sistematik ve matematiksel yaklaşımlar üretmeye başlamıştır. Böylece kuyruk kuramları sadece telefon hatları ile ilgilenmeyerek beklemenin olduğu birçok endüstri kuruluşu ve hizmet merkezlerinde uygulanabilir olmuştur (Murthy, 2007: 446).

Daha sonrasında David G. Kendall’dan ilham alınarak kuyruk sistemleri ve modellemeleri ile alakalı olarak çeşitli eserler verilmiştir. Bu eserlerin en başında Morse tarafından yazılan “Queues, Inventories and Maintenance” (Kuyruklar, Stoklar ve Bakım-Koruma) adlı kitap gelmektedir. Seaty de 1961 senesinde “Elements of Queueing Theory With Applications” (Uygulamalarla Kuyruk Teorisinin Elemanları) kitabını yazarak kuyruk teorisi çalışmalarına katkıda bulunmuştur. Günümüze gelindiğinde ise kuyruk modelleri ve bu modellerin çözümleri hakkında yazılmış sayısız kitap, makale, tez bulunmaktadır (Akarçay, 2008: 11).

1.3 Kuyruk Sisteminin Genel Yapısı ve Temel Bileşenleri

Hazırlanan kuyruk modeli ile problemin en doğru şekilde çözümlenebilmesi için hangi verilerin gerekli olduğu ve bu verilerin nasıl kullanılacağına bilinmesi için kuyruk modellerini oluşturan bileşenlerin iyi bilinmesi gerekmektedir. Bileşenlerin doğru tespiti ile birlikte modelin şablonu ortaya çıkacak ve ona göre bir çözüm yolu aranacaktır.

Bir servis sisteminde oluşan kuyruk sistemi en genel haliyle Şekil 1.1’de gösterilmiştir.



Şekil 1.1 Kuyruk Süreci (Murthy, 2007: 450)

Kuyruk sisteminde müşteriler ve servis sağlayıcılar anahtar öğelerdir. Aşağıdaki tabloda bazı servisler içinde sisteme dâhil olan müşteriler ve servislere örnekler verilmiştir.

Tablo 1.1 Kuyruk Sistemine Örnekler

Sistem	Müşteriler	Servis Sağlayıcılar
Havaalanı	Uçaklar	Pist
Yol Ağı	Arabalar	Trafik Işıkları
Telefon	Çağrılar	Müşteri Temsilcileri
Tamirhane	Makineler	Tamirci
Hastane	Hastalar	Doktor
Çamaşırhane	Kirli Sepetleri	Çamaşır Makinesi
Otopark	Arabalar	Otopark Görevlisi

Kaynak: Banks vd.'den akt.Özkar, 2011: 7

Karar vericinin analizini yapacağı modeli oluşturması için 6 temel bileşen vardır.

Bunlar;

- Geliş Süreci
- Kuyruk Disiplini
- Servis Mekanizması
 - Servis Süreci
 - Servis Veren Kanal Sayısı
 - Servis Birimi Sayısı
- Sistem Kapasitesi

Bu bileşenler modelin karakteristik özelliğini oluşturmaktadır. Sürecin detay seviyesi modelde bileşenlerden kaç tane kullanılacağını belirler. Ancak tüm modellerde geliş süreci,

servis süreci ve servis kanalı sayısı bileşenleri mutlaka bulunmak zorundadır. Eğer model oldukça detaylı ve veri toplama-analizi işi uzman matematik bilgisi gerektiriyorsa kurulan bu modeller için daha gelişmiş çözümler üretmek durumunda kalınabilir. Fakat böyle problemlerde de modelden yüksek derecede isabetli sonuç almak mümkün olmaktadır (Akhter, 2008: 25).

1.3.1. Geliş Süreci

Geliş sürecinin baş aktörü sisteme girecek olan müşterilerdir. Geliş süreci, belirli zaman dilimlerinde sisteme katılan ardışık gelişler arasında yapılan ölçümlerin ortalaması alınarak bulunur. Ölçümler sonucunda tespit edilen geliş süreleri deterministik veya stokastik olabilir. Eğer deterministik ise belirli zamandaki geliş oranı veya gelişler arası ortalama zaman bulunabilir. Ancak ortalamaların stokastik olması durumunda geliş süreci standart sapmalar ile tahmin edilebilir (Shortle vd., 2018: 4).

Müşteri gelişleri sonlu veya sonsuz sayıda olabilir. Sonsuz sayıda müşterinin gelebileceği geliş süreçlerinin çözümleri daha kolaydır. Sonsuz sayısına göre oluşturulan varsayımlar ile daha kesin çözümler elde edilebilir. Sonlu sayıdaki gelişlerde ise mevcut gelişler başka müşteri gelişlerini de tetiklemektedir. Yeni gelen müşteriler de eklenince sayının tekrar hesaplanması gerekmektedir. Bu durum geliş sayısının tespitini oldukça zorlaştırmaktadır (Hillier ve Lieberman, 2001: 835-836).

Müşteri gelişlerinde kuyruk uzunluğuna göre müşterilerin takındığı bazı tutumlar vardır (Murthy, 2007: 453):

- i. Kaçınmak (Balking): Müşteri girmek istediği kuyruğa geldiği zaman kuyruk uzunluğunu beklenemeyecek kadar uzun bulursa bu kuyruğa hiç girmez. Örneğin tramvaya binmek isteyen müşterinin bilet kuyruğunu gördükten sonra kendisine alternatif ulaşım aracı araması.
- ii. Dönmek (Reneging): Kuyruğa giren müşterinin geçen süre sonunda sabrının taşması ve kuyruktan yani sistemin içinden çıkmasıdır.
- iii. Hile Yapmak (Collusion): Kuyruğa girerek servis almak isteyen bir grubu temsilen sadece bir kişinin kuyruğa girmesidir. Bu durumda, kuyruk uzunluğu görünürde kısadır ancak grubun temsilcisi olan müşteriye sıra geldiğinde kuyruk bir anda uzamaktadır.
- iv. Jokeylik (Jockeying): Birden fazla paralel kuyruk hattının olduğu bir servis sisteminde sıraya giren müşterinin, farklı bir sırada kuyruk uzunluğunun azalması sonucunda diğer sıraya kayması durumudur.

Müşteri gelişlerinin istatistikleri servis sistemine göre farklılık gösterebilir. Ancak yaygın olan varsayıma göre müşteri geliş sayısı poisson dağılımına uymaktadır. Eğer müşteri gelişleri sonsuz ise gelişler her ne kadar rastgele olsa da sistemde bulunan müşteri sayısının tespiti yapılabilir. Müşteri gelişleri arasındaki süreler ise genel olarak üstel dağılıma uymaktadır (Hillier ve Lieberman, 2001: 836).

1.3.2. Kuyruk Disiplini

Müşterilerin hizmet alma sıralarının belirlenmesinde uyulan kurala kuyruk disiplini denir. Hizmet sistemlerinde genellikle FIFO (First In-First Out; İlk Gelen İlk Servis Alır) adı verilen ilk gelen müşterinin ilk hizmet aldığı disiplin kullanılır. LIFO (Last In-Last Out; Son Gelen İlk Servis Alır) disiplini, son gelenin ilk olarak servise dâhil edildiği sistemlerde kullanılır. LIFO genel olarak üretim sistemlerinde kullanılır hizmet sistemlerinde karşılığı pek bulunmamaktadır. PRI (Priority Queue Discipline; Öncelikli Kuyruk Disiplini) ise bir önceliklendirme disiplinidir. Bu yaklaşımda sisteme gelen müşterilerin çeşitli özellikleri vardır ve bu özellikler sayesinde diğer müşterilere göre öncelik sahibi olarak kendisinden önce gelen müşterilerin önüne geçer. PRI'da gelen müşteri aktif olarak hizmet alan müşterinin hizmetinin bitmesini bekler fakat bu disiplinin bir farklı uygulaması olan PSPO (Preemptive Service Priority; Tam Öncelikli Servis)'da öncelikli müşteri geldiğinde hizmet alan müşterinin hizmeti kesilerek kanaldan çıkarılır ve tam öncelikli müşteri servis kanalına alınır (Ulucan, 2004: 425).

1.3.3. Servis Mekanizması

Servis süreci; müşterinin sisteme giriş yaptıktan sonra hizmet alıp sistemden çıkması arasındaki süreci kapsar. Kuyruk sistemini oluştururken servis sağlayıcıların servis verme süresini belirten olasılık dağılımları açıkça belirtilmelidir. Genellikle servis sağlayıcıların standart bir olasılık dağılımına sahip olduğu varsayılır fakat her kuyruk modeli için müşteri özelliklerine veya servis sağlayıcı özelliklerine göre değişkenlik gösterebilir. Yaygın kullanılan olasılık dağılımı ise üstel dağılımdır (Hillier ve Lieberman, 2001: 837).

Servis kanalı sayısı; müşterilerin servis almak için girebilecekleri kuyruk sayısını belirtir. Kuyruklar hizmeti almak için gereken servis noktası sayısına göre tek kanallı veya çok kanallı olabilir.

Servis birimi sayısı; kuyruk sistemlerinde aynı hizmeti veren servis noktaları, servis sisteminin yoğunluğuna göre bir veya birden fazla birim olabilir.

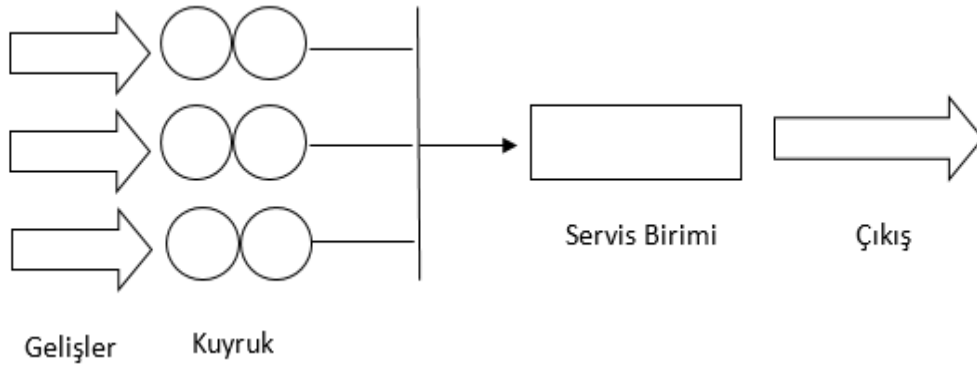
Servis mekanizmaları, servis veren birim sayısı ve kanal sayısına göre sınıflandırılır. Servis mekanizmalarına bazı örnekler aşağıdaki gibidir (Özkar, 2011: 9-10).



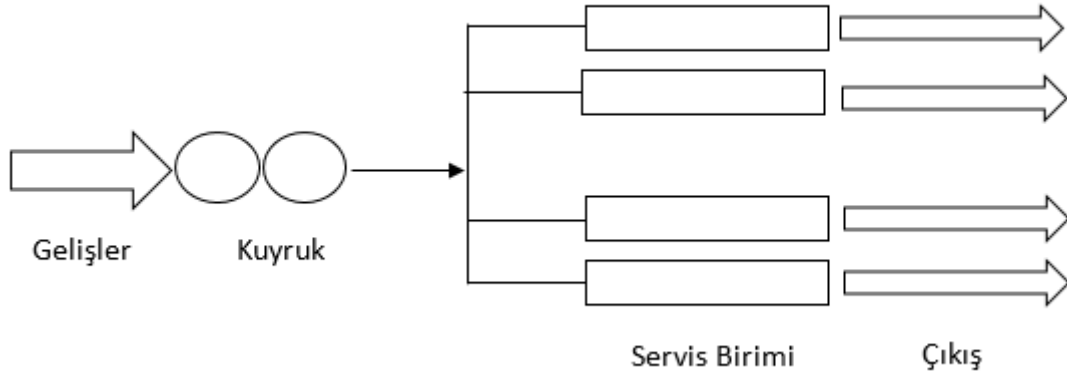
Şekil 1.2 Tek Servis Birimi – Tek Servis Kanalı Modeli



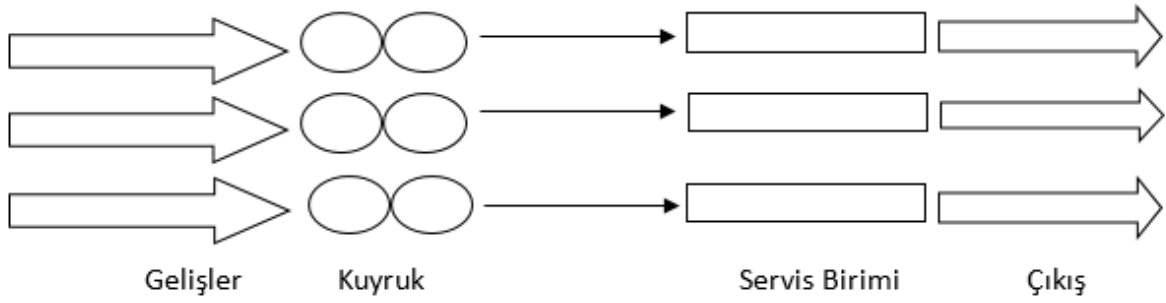
Şekil 1.3 Birçok Seri Servis Birimi – Birçok Seri Servis Kanalı Modeli



Şekil 1.4 Tek Servis Birimi – Birçok Paralel Servis Kanalı Modeli



Şekil 1.5 Birçok Paralel Servis Birimi-Tek Servis Kanalı Modeli



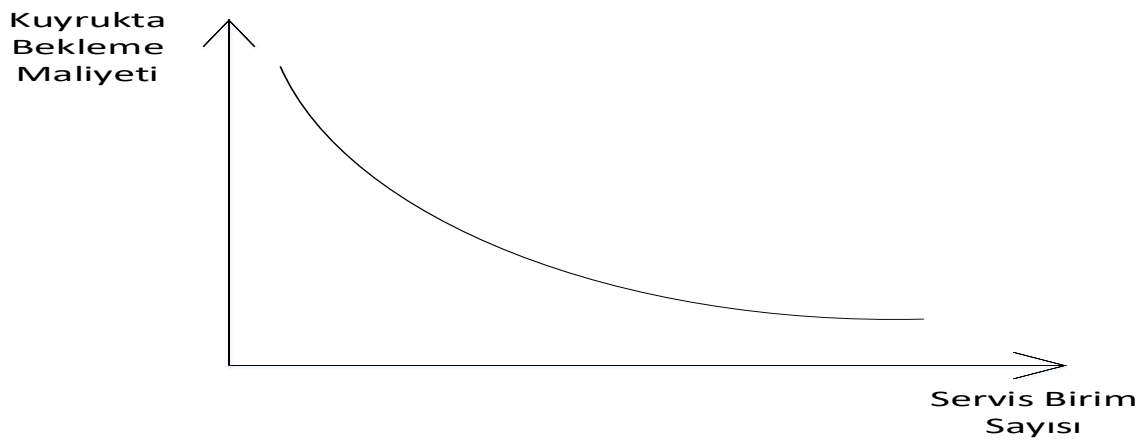
Şekil 1.6 Birçok Paralel Servis Birimi – Birçok Paralel Servis Kanalı Modeli

1.3.4. Sistem Kapasitesi

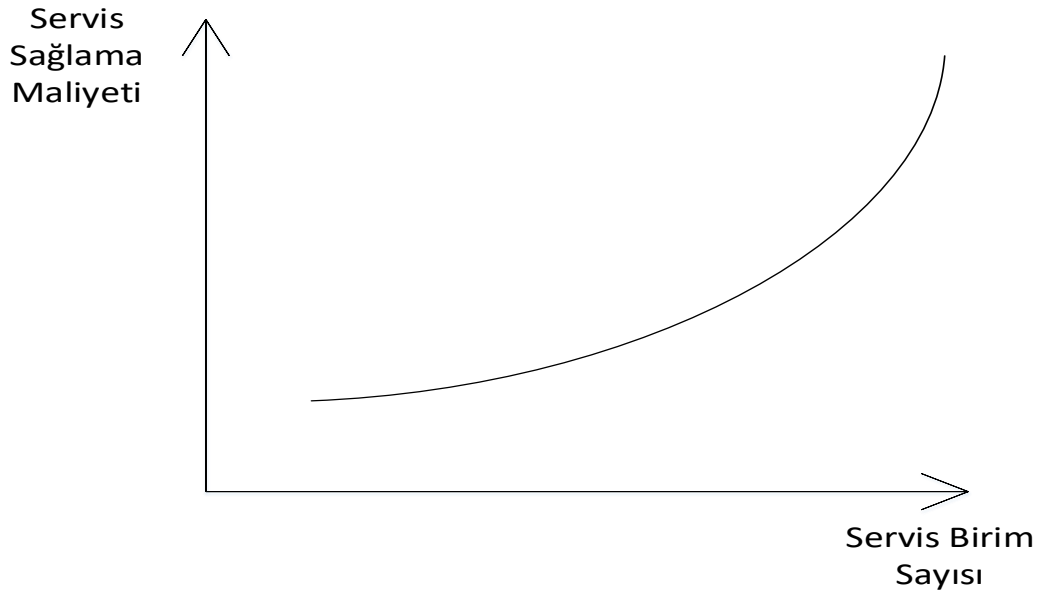
Sistem kapasitesi sonlu veya sonsuz sayıda olabilir. Sonlu sayıdaki kapasitede limitli sayıda müşteri gelişine izin vardır. Sonsuz sayıda ise müşteri gelişleri ile alakalı zorunlu kısıtlamalar yoktur.

1.4. Kuyruk Problemlerinde Maliyet Analizi

Sistem sağlayıcı, kuyruk sistemlerinde vereceği servis hizmetinin ne düzeyde olacağını planlarken birbirine zıt olan iki maliyeti göz önüne alması gerekmektedir. Bunlardan ilki daha fazla sayıda servis birimi ile servis sağladıkça artan servis sağlama maliyetidir. Diğeri ise müşteriyi uzun süre kuyrukta beklettikçe artan müşterinin zaman kaybının temel alındığı kuyrukta bekleme maliyetidir. Yönetici, müşterilerin kuyrukta daha az beklemesi için servis birim sayısını artırdığında operasyonel ve personel maliyetleri nedeniyle servis sağlama maliyeti artar; müşterilerin kuyrukta bekleme süreleri düşeceği için de kuyrukta bekleme maliyeti azalır. Servis birimi düşürüldüğünde ise servis sağlama maliyetlerinde bir artış olmaz fakat müşterilerin kuyrukta bekleme maliyeti artar (Ulucan, 2004: 436).

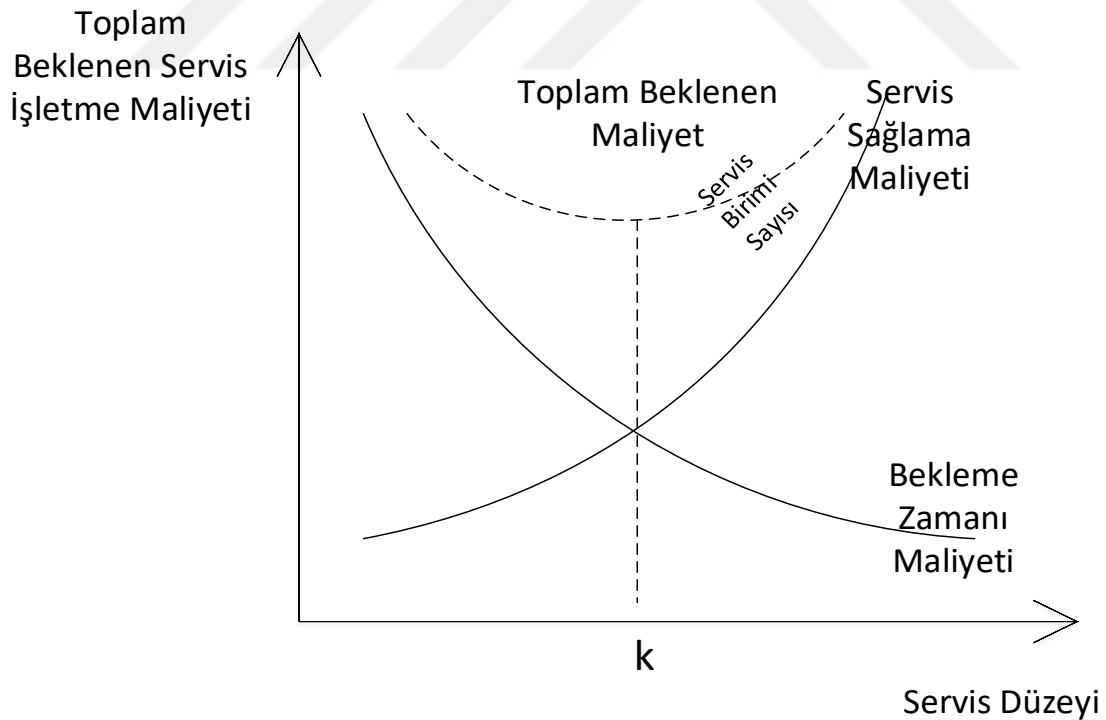


Şekil 1.7 Kuyrukta Bekleme Maliyeti ve Servis Birimi Sayısı Arasındaki İlişki



Şekil 1.8 Servis Sağlama Maliyeti ve Servis Birimi Sayısı Arasındaki İlişki

İşletmenin servis düzeyini arttırmak isteyen yöneticiler aynı zamanda kuyrukta bekleme maliyetini en düşük seviyede tutmak ister. Bekleme zamanı maliyeti ve servis sağlama maliyeti toplamının en az olduğu nokta (k noktası) işletme için en iyi servis düzeyi miktarıdır (Özkan, 2010: 10).



Şekil 1.9 Toplam Beklenen Servis İşletme Maliyeti ve Servis Düzeyi Arasındaki İlişki

1.5. Kuyruk Modellerinde Kendall Notasyonu

Kuyruk modellerinin birçok farklı tipi vardır. David G. Kendall kuyruk modellerinin notasyonu için çalışarak modellerin bileşenlerini özel rakamlar ve sayılarla tanımlamıştır. 1953

senesinde bu notasyonun ilk üç karakterini eklemiştir. Dördüncü ve beşinci karakterleri 1966 senesinde A. M. Lee, altıncı karakteri ise Hamdy A. Taha 1968'da eklemiştir (Kostak, 2016: 8).

Notasyonda gösterilen harflerin farklı kaynaklarda değişebilir olmasıyla birlikte harflerin tanımladığı bileşenler her zaman sabittir. Kendall formu şu şekildedir (https://amplab.cs.berkeley.edu/courses/queue/ftp/q_30iqt/sld004.htm, erişim tarihi: 29/11/2018) ;

A/S/m:B/K/SD

- A: Müşterilerin geliş hızı dağılımı (Arrival process)
- S: Servis süresi dağılımı (Service time distribution)
- m: Servis sağlayıcı sayısı (Number of servers)
- B: Sistemin, kuyrukta ve serviste barındırabileceği en fazla müşteri sayısı (System capacity)
- K: Geliş kaynağının sayısı (Population size)
- SD: Kuyruk disiplini (Service discipline)

A ve S harfleri için aşağıdaki semboller kullanılmaktadır:

- M: Poisson dağılımına uygun süreler için (ya da bunlara denk olarak üstel dağılıma uygun gelişler arası veya hizmet süreleri dağılımı için).
- D: Deterministik (sabit) dağılıma uygun süreler için.
- G: Genel dağılıma uygun süreler için
- E_k : k parametrelili Erlang dağılımına uygun süreler için.

m harfi için modeldeki servis birimine göre bir pozitif tam sayı; B ve K harfleri için sonlu ise pozitif bir tam sayı eğer sonsuz ise ∞ ; SD notasyonu için FIFO, LIFO, PRI, PSPO gibi geliş özelliğini belirten terimler kullanılır. Ayrıca bu notasyon için kullanılan GD terimi; FIFO, LIFO, PSPO, PRI servis disiplinlerinin herhangi birinin olabileceğini belirterek daha genel bir tanımlama yapar.

Örnek verilecek olursa; ilk gelen müşterinin ilk hizmet aldığı, gelişler arası sürenin ve servis süresinin üstel dağılıma uygun olduğu, servis biriminde iki kişinin çalıştığı modelde kaynak ve kuyruk popülasyonu sonsuz ise notasyonu M/M/2/ ∞ / ∞ /FIFO şeklinde gösterilir.

Eğer sistem FIFO disiplinine sahipse, kapasitesinde ve geliş kaynağının popülasyonunda bir sınırlama yoksa yani sonsuz ise kuyruk sisteminin gösteriminde sadece ilk üç simgenin gösterilmesi yeterli olmaktadır (Acar, 2005: 12).

1.6. Kuyruk Modeli Parametreleri

Kuyruk modellerinde gelişleri önceden tahmin edebilmek adına sayısal çalışmalar yapılmaktadır. Sayısal çalışmaların başarılı bir tahmin ortaya çıkarması adına aşağıdaki parametrelerin iyi hesaplanması gerekir.

- Geliş hızı (λ) : Belirlenen zaman birimi başına müşterilerin kuyruk sistemine geliş sayısıdır.
- Servis hızı (μ) : Belirlenen zaman birimi başına müşterilere verilen servis sayısıdır.
- Sistemdeki ortalama müşteri sayısı (L_s) : Servis görmekte ve kuyrukta bekleyen toplam müşteri sayısıdır.
- Ortalama kuyruk uzunluğu (L_q) : Servis görmek üzere beklemekte olan müşteri sayısıdır.
- Sistemde müşterinin harcadığı ortalama süre (W_s) : Müşterinin kuyruktaki bekleme süresi ve serviste harcadığı sürenin toplamıdır.
- Müşterilerin kuyrukta ortalama bekleme süresi (W_q) : Müşterinin kuyrukta beklediği süredir.
- Sistem kullanım faktörü (ρ) : Trafik yoğunluğu da denir. Sistemin meşgul olma olasılığını ifade eder. Servisi verenin müşteri için harcadığı zaman oranıdır.

$$\text{Trafik yoğunluk oranı} = \rho = \frac{\lambda}{\mu} \text{ dir (Öztürk, 1997: 430-432).} \quad (1.1)$$

- Kullanım oranı (U) : Sistemin sahip olduğu en fazla kapasitenin, kullanabildiği kapasiteye olan oranıdır.
- Servis birimi başına beklenen ortalama atıl süre (I) : Bir servis biriminin, hiçbir müşteriye servis sağlamadan geçirdiği ortalama zaman dilimidir.
- Servis birimi başına beklenen ortalama meşgul süre (B) : Bir servis biriminin, müşterilere servis sağlayarak geçirdiği ortalama zaman dilimidir.
- Sistemin boş kalma olasılığı (P_0) : Servis biriminin, hiçbir müşteriye servis sağlamadan durma olasılığını ifade eder.
- Sistemde servis bekleyen n tane birim olma olasılığı (P_n) : Servis biriminin, belirli bir zaman aralığında n tane müşteriye servis sağlama olasılığını ifade eder (Acar, 2005: 11).

Yukarıda tanımlanan parametrelerin bazıları arasındaki ilişki şu şekildedir (Yıldız ve Arslan, 2013: 174);

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} \quad (1.2)$$

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu} \quad (1.3)$$

$$L_S = \lambda W_S \quad (1.4)$$

$$L_S = L_q + \frac{\lambda}{\mu} \quad (1.5)$$

Bu dört eşitlik Little's kuralları olarak adlandırılır.

1.7. Kuyruk Modellerinde Sık Kullanılan Dağılımlar

Kuyruk modellerini oluşturmak için müşterilerin geliş yapısının ve aldıkları servisin yapısının bilinmesi gerekmektedir. Müşterilerin kuyruk sistemine gelişi önceden bilinebileceği gibi genellikle tesadüfi olarak kabul edilir. Geliş zamanlarını ve gelişler arasındaki süreyi açıklamakta genel olarak poisson ve üstel dağılım kullanılır (Öztürk, 1997: 430).

1.7.1. Poisson Dağılımı

Poisson dağılımının tanımladığı olaylar raststaldır. Raststal olaylar meydana geldikten sonra devamında gelecek olaylardan bağımsızdır. Yani, ilk olay meydana geldikten sonra kendinden sonra olacak olaylara bir etkisi bulunmamaktadır. Olayların ortaya çıkışı her zaman bir aralığın içinde gerçekleşir. Bu aralık belirli bir zamandaki aralık olabildiği gibi belirli bir miktardaki aralıkta olabilir. Raststal değişken olarak tanımlanan “ x ” aralıktaki tekrar sayısını belirtir. Zaman aralığındaki x için; bir saat içinde kırtasiyeye gelen müşteri sayısı, torna makinesinin bir mesai diliminde çıkardığı ürün sayısı gibi örnekler verilebilir. Belirli bir miktardaki x 'e ise bir parti maldan çıkan ıskarta ürün sayısı örnek olarak gösterilebilir.

Poisson denemelerinin türetildiği poisson süreci ile alakalı olarak şu özellikler bulunmaktadır (Walpole vd., 2016: 161):

- Poisson sürecinin hafızası yoktur. Yani, belirli bir periyotta ortaya çıkan olay sayısının kendinden önceki periyotlarda meydana gelmiş olay sayısı ile alakası yoktur.
- Çok kısa bir zaman aralığında veya düşük bir miktarda tek bir sonucun meydana gelme olasılığı, zaman aralığının uzunluğu veya miktarın fazlalığı ile orantılıdır ve bu zaman aralığı ile miktar aralığı dışında meydana gelen sonuçlara bağlı değildir.
- Kısa bir zaman aralığında veya düşük bir miktarda, birden fazla sonucun meydana gelme olasılığı ihmal edilebilir düzeyde olacak kadar küçüktür.
- Süreç hızları (geliş hızı λ , servis hızı μ) incelenen tüm periyotlarda sabit sayılır.

Poisson olasılık dağılımında ortalama meydana gelme sayısı λ ile verilen aralıktaki meydana gelme sayısı x ile gösterilir. Poisson olasılık dağılımı kullanılarak, λ sayısı

biliniyorken, verilen bir zaman veya miktar aralığındaki x 'in yani olayın tekrar sayısının olasılığı elde edilmektedir. Bu olasılık;

$$P(x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!} \quad (1.6)$$

denklemi ile bulunur. Burada e değeri için 2.71828 sayısı sabit sayı olarak kabul edilir. Formüldeki $e^{-\lambda}$ matematiksel olarak hesaplanacağı gibi ya da poisson dağılımı için özel olarak hazırlanmış tablolardan bulunabilmektedir (Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi, 2009: 129).

1.7.2. Üstel Dağılım

Çoğu bekleme durumunda müşterilerin sisteme gelişi tamamen rastgele bir şekildedir. Rastgelelik, bir olayın meydana gelişinin son olayın meydana gelişinden itibaren geçen sürenin uzunluğundan etkilenmemesidir. Bu durum şu şekilde örneklenebilir; eğer şu anda saat 8:20 ise ve en son gelen müşterinin sisteme girişi 8:02 ise bir sonraki müşterinin 8:29'da sisteme giriş yapma olasılığı sadece 8:20'den 8:29'a kadar olan zaman aralığının fonksiyonudur. Son sisteme giriş zamanından bu yana geçen zamanın uzunluğundan (8:02-8:20) tamamen bağımsızdır. Bu sonuç üstel dağılımın unutkanlığı veya bir diğer adıyla üstel dağılımın hafıza kaybı olarak adlandırılır (Taha, 2000: 600-601).

Üstel dağılımın hafıza kaybı özelliği, kurulan modellerde gelişler arası zamanlar belirlenirken bu dağılımın kullanılmasında en önemli sebeptir. Üstel dağılımın hafıza kaybı özelliği somutlaştırmak istenirse (Winston, 2003: 1062);

A süresi $f(A)$ ile tanımlanarak üstel dağılmış olsun; eğer t süresi son olayın meydana gelişinden beri geçen zaman aralığı ise, hafıza kaybı özelliği şu olasılık ifadesiyle belirtilir:

$$P(A > t + h | A \geq t) = P(A + h)$$

olasılık ifadesi, A süresi t süresinden büyük ve eşit olmak üzere bir sonraki gelişin $(t+h)$ 'da gerçekleşme ihtimalinin h zamanına bağlı olup t süresine bağlı olmadığını belirtir. Bu denklemin ispatı ise,

$$P(A + h) = \int_h^{\infty} \lambda e^{-\lambda t} = [-e^{-\lambda t}]_h^{\infty} = e^{-\lambda h}$$

ifadesi dikkate alınır. Daha sonra,

$$P(A > t + h | A \geq t) = \frac{P(A > t + h \cap A \geq t)}{P(A \geq t)}$$

üstteki ifade kullanılarak yapılan çözümlenmeler ile,

$$P(A > t + h \cap A \geq t) = e^{-\lambda(t+h)} \quad \text{ve} \quad P(A \geq t) = e^{-\lambda t}$$

böylece,

$$P(A > t + h | A \geq t) = \frac{e^{-\lambda(t+h)}}{e^{-\lambda t}} = e^{-\lambda h} = P(A > h)$$

Üstel dağılımın türetilmesi teoremi üç tane aksiyoma dayanır:

Birinci Aksiyom: $(0, t)$ aralığındaki olayların sayısı $N(t)$ olarak verildiğinde, bu $N(t)$ 'nin tanımını yapan olasılık süreci sabit ve bağımsız artışlara sahiptir, böylece $(T, T+S)$ zaman aralığındaki ortaya çıkacak olayların olasılığı sadece S süresinin uzunluğuna bağlı olur.

İkinci Aksiyom: $h > 0$ olan yeterli düzeyde kısa bir zaman aralığında ortaya çıkan bir olayın olasılığı her zaman pozitif değerdedir ancak birden küçüktür.

Üçüncü Aksiyom: $h > 0$ olan yeterli düzeyde kısa bir zaman aralığında en çok bir tane olay meydana gelebilir, yani $P\{N[h] > 1\} = 0$ 'dır.

$p_n(t)$, t süresi boyunca meydana gelen n tane olayın olasılığı olarak tanımlansın. Birinci aksiyomla, $h > 0$ ve yeterli düzeyde küçük bir süre olmak üzere, $t+h$ periyodunda hiçbir olayın meydana gelmeme olasılığı;

$$p_0(t+h) = p_0(t) p_0(h) \text{ ile gösterilir.}$$

Kalan iki aksiyomda ele alındığında önceki denklemin çözümü

$$p_0(t) = e^{-\lambda t}, t > 0$$

olarak gösterilir. Burada λ pozitif bir sabittir.

$f(t)$ ardarda meydana gelen olaylar arasındaki t süresi aralığının ($t > 0$) olasılık yoğunluk fonksiyonu olarak tanımlanabilir. Böylece

$$P\{\text{olaylar arası süre} > T\} = P\{T \text{ boyunca olay yok}\}$$

ifadesi elde edilir. Bu ifade aşağıdaki ifadeye dönüştürülür

$$\int_T^{\infty} f(t) dt = p_0(T), T > 0$$

denklemdaki terimlerin yerini değiştirip yeniden düzenlenirse,

$$\int_0^T f(t) dt = 1 - e^{-\lambda T}, T > 0$$

ifadesi elde edilir. Denklemden T 'ye göre her iki tarafın da türevi alınırsa,

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, t > 0 \quad (1.7)$$

üstel dağılım fonksiyonu elde edilir. Üstel dağılımın ortalama değeri $1/\lambda$ birimidir. Burada λ olayların meydana gelme hızını gösterir (Taha, 2000: 603-604).

1.7.3. Kuyruk Modellerinde Saf Doğum ve Saf Ölüm Modelleri (Üstel Dağılım ve Poisson Dağılımı Arasındaki İlişki)

Doğum modelini oluşturan doğum süreci, müşterilerin bekleme hattına geldikleri ve sistemi hiçbir zaman terk etmedikleri varsayılan durumdur. Yeni doğan bebeklere doğum belgelerinin verildiği nüfus müdürlüklerindeki durum düşünülürse yeni cüzdandan yeni doğan bebeklere verileceğinden dolayı bu süreç rastgele bir süreçtir ve poisson dağılımıyla tanımlanır. Ölüm modelini oluşturan ölüm süreci, müşterilerin giriş yapmadığı ve sistemdeki müşterilerin belirli bir kaynaktan çağrıldıkları durumdur. Stokların rastgele gelen siparişlere göre çekilmesi ölüm modeline örnek olarak gösterilebilir (Özkan, 2005: 243).

1.7.3.1. Saf Doğum Modeli

Gelişlerin λ hızıyla olduğu bir sistemde yeterli düzeyde küçük zaman aralığı $h > 0$ için üstel dağılımın türetilmesinde kullanılan teorem ele alındığında;

$$p_0(h) = e^{-\lambda h} = 1 - \lambda h + \frac{(\lambda h)^2}{2!} - \dots = 1 - \lambda h + o(h)^2$$

olduğunu gösterir. Üstel dağılımın türetilmesinde kullanılan teoremin üçüncü aksiyomunda $h > 0$ boyunca en çok bir olayın meydana gelebileceği ifade edilmiştir. Bu durumda $h \rightarrow 0$ olunca,

$$p_1(h) = 1 - p_0(h) \approx \lambda h$$

elde edilir. Bu sonuç h zaman aralığı boyunca gelişlerin ortaya çıkma olasılığının, geliş hızı λ 'nın oransal olarak sabit kalmasıyla birlikte, h süresi ile doğru orantılı olduğunu ifade eder.

Üstel dağılımın türetilmesinde kullanılan teoremlerin aksiyomlarını esas alan poisson dağılımını türetmek için $p_n(t)$ 'yi t süresi boyunca n gelişin olasılığı olarak tanımlansın. Bu durumda, $h > 0$ ve yeterli düzeyde küçük olmak üzere,

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

$$p_0(t+h) \approx p_0(t)(1-\lambda h) \quad n = 0$$

denklemleri elde edilir. Birinci denklemde, eğer t süresi boyunca n tane geliş olursa ve h süresi boyunca hiçbir geliş olmazsa veya t süresi boyunca $(n-1)$ adet geliş olup h süresi boyunca bir tane geliş olursa, $t+h$ süresi boyunca n tane geliş olmaktadır. Üstel dağılımın türetilmesinde kullanılan teoremin üçüncü aksiyomu başka hiçbir kombinasyona izin vermez. İkinci denklem için, sadece h süresi boyunca hiçbir geliş olmazsa $t+h$ süresi boyunca da hiçbir geliş olmaz. Terimleri düzenleyip $h \rightarrow 0$ 'a göre limit alınır,

$$p'_n(t) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{p_n(t+h) - p_n(t)}{h} = -\lambda p_n(t) + \lambda p_{n-1}(t) \quad n > 0$$

$$p_0'(t) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{p_0(t+h) - p_0(t)}{h} = -\lambda p_0(t)$$

elde edilir. Buradaki $p_n'(t)$, $p_n(t)$ 'nin t süresine göre birinci türevidir. Önceki fark-diferansiyel denklemlerinin çözümlenmesi yapıldığında,

$$p_n(t) = \frac{(\lambda t)^n e^{-\lambda t}}{n!}, \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (1.8)$$

t süresi boyunca ortalaması λt gelişe sahip olan poisson dağılımı elde edilir. Poisson dağılımının varyansı da λt 'ye eşittir. Doğum modeli altında oluşturulan ve çözümlenen denklemlerin sonucunda ise; gelişler arası zaman, ortalaması $1/\lambda$ olan üstel dağılımsa, belirlenen bir t süresi zarfında ortaya çıkacak gelişlerin sayısı, λt ortalamasıyla poisson dağılımına uygun olmaktadır. Bu çıkarımın tersi de doğrudur (Taha, 2000: 606-607).

1.7.3.2 Saf Ölüm Modeli

Bu modelde sistemde sıfır zamanında N tane müşteri vardır ve başka hiçbir gelişe izin verilmeden başlanır. Sistemden çıkışlar ise birim zaman başına μ müşteri hızında olur. t süre sonra sistemde n tane müşterinin geri kalmış olma olasılığını bulmak için fark diferansiyel denklemleri olan $p_n(t)$ 'yi geliştirmek amacıyla, saf doğum modelindeki (1.7.3.1.) formüller kullanılır. Bu durumda;

$$\begin{aligned} p_N'(t) &= -\mu p_N(t) \\ p_n'(t) &= -\mu p_n(t) + \mu p_{n+1}(t), \quad 0 < n < N \\ p_0'(t) &= \mu p_1(t) \end{aligned}$$

olmaktadır. Üstteki denklemlerin çözümü yapıldığında,

$$\begin{aligned} p_n(t) &= \frac{(\mu t)^{N-n} e^{-\mu t}}{(N-n)!}, \quad n = 1, 2, \dots, N \\ p_0(t) &= 1 - \sum_{n=1}^N p_n(t) \end{aligned} \quad (1.9)$$

kesilmiş poisson dağılımı elde edilir (Taha, 2000: 609-610).

İKİNCİ BÖLÜM

KUYRUK SİSTEMİ MODELLERİ VE BU MODELLERİN ÇÖZÜMLERİ

Müşterilerin geliş ve sistemin işleyiş özellikleri tespit edildikten sonra; bu tespit ile elde edilen verilerin anlamlı bir sonuç ifade etmesi için belirli modeller içinde değerlendirilmesi gerekir. Kuyruk modelleri, daha önceki bölümde anlatılan Kendall notasyonu yardımı ile oluşturulur. Kuyruk modellerinin çözümü ise gerekli matematiksel işlemler yapılarak elde edilir. Kuyruk modelleri, çeşitli varsayımlara ve birçok değişkene bağlı olarak oluşturulduğundan literatürde birçok model bulunmaktadır. Bu bölümde en temel modeller, bu modellerin çözümü ve bu modeller kullanılarak yapılan çalışmalar ilgili başlıklar altında ele alınmıştır.

2.1. Tek Kanallı Modeller

Sistem içinde hizmet verebilecek tek bir servis kanalı olan modellerdir. Bir tane servis kanalı olduğu için bu sistemlerde bekleme süresi çok kanallı modellere göre daha fazladır. Modeller; gelişler arası süre, kaynak popülasyonu gibi sistem parametrelerine göre çeşitlendirilir.

2.1.1. M/M/1: ∞/∞ /FIFO Modeli

Bu model kuyruk sistemlerinin temel modeli olarak kabul edilir. Bu modelin varsayımları ve temel performans göstergelerinin hesaplanabileceği formülleri şu şekildedir (Ulucan, 2004: 428):

- Sisteme geliş hızı poisson sürecine uygundur.
- Müşterilerin gelişleri arasındaki süre üstel dağılımla açıklanır.
- Sistemin verdiği servis süreleri üstel dağılımla açıklanır.
- Sistemde servis veren sadece bir tane birim vardır.
- Kuyrukta sınırsız sayıda müşteri bekleyebilir.
- Sistem sağlayan kaynak popülasyonu sonsuzdur.
- İlk gelen müşteri ilk servisi alır.
- λ , geliş hızını temsil eder. Birim zaman içinde sisteme gelen ortalama müşteri sayısını gösterir. $1/\lambda$ müşterilerin gelişleri arasındaki süredir.
- μ , kaynağın sağladığı servisin hızıdır. Birim zaman içinde sistemde servis alan ortalama müşteri sayısını gösterir.

- Geliş hızı servis hızından küçüktür. ($\lambda < \mu$)

$$\text{Servis birimlerinin doluluk oranı} = \rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (2.1)$$

$$\text{Sistemde hiç müşteri olmama olasılığı} = P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu} = 1 - \rho \quad (2.2)$$

$$\text{Sistemde n birim müşteri olması olasılığı} = P_n = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0 = \rho^n (1 - \rho) \quad (2.3)$$

$$\text{Sistemde harcanan ortalama süre} = W_s = \frac{1}{\mu - \lambda} \quad (2.4)$$

$$\text{Kuyrukta harcanan ortalama süre} = W_q = W_s - \frac{1}{\mu} = \frac{1}{\mu - \lambda} - \frac{1}{\mu} = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \quad (2.5)$$

$$\text{Sistemdeki ortalama müşteri sayısı} = L_s = \lambda W_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} \quad (2.6)$$

$$\text{Kuyrukta bekleyen ortalama müşteri sayısı} = L_q = \lambda W_q = \lambda \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} \quad (2.7)$$

Literatürde tek kanallı kuyruk modellerini ele alan çalışmalar incelendiğinde ampirik ve uygulamalı çalışmalara rastlamak mümkündür. Ampirik çalışmalardan bazıları şu şekilde örneklendirilebilir. Yenigün (2015), M/M/1 kuyruk problemini kullanarak, stoka üretim yapılan kuyruk sistemleri için optimal fiyatlandırma ve optimal grup kabul politikalarının yapısı incelemiştir. Markov karar süreci ile tam kontrol (deterministik) ve kısmi kontrol (stokastik) problemleri, ortalama getiriyi ençoklama kriterini temel alarak çözmeye çalışmıştır. Fiyatlandırma problemi için, müşteriye teklif edilen miktarın tam kontrol altında kısmi kontrole göre daha fazla olduğu; grup kabul politikalarında ise, tam kontrol altındayken gelen müşterilerin kısmi kontrole nazaran daha çabuk reddedildiğini tespit etmiştir. Sabırsız müşteriler için, hizmet sunucularının izin zamanlarında çalışma politikası inceleyen Selvaraju ve Goswami (2013), izinde çoklu çalışma ve izinde tekli çalışma politikası olarak iki farklı politika ele almıştır. Kapalı formda yapılan nümerik hesapların çözümleriyle; ortalama kuyruk uzunlukları, ortalama bekleme süreleri gibi performans ölçütlerini bulmuştur. Her iki model karşılaştırılarak sistem parametrelerindeki değişimle performansların ölçümünü yapmıştır. Öngörülemeyen öncelikli durumda, denge durumu olasılıkları için tam bir çözüm elde eden ilk çözümü gerçekleştirdiğini belirten Marks (1973) ise, istikrarlı bir geliş gidişe sahip olan sistemde yaptığı çalışmada, her ikisinin de aynı sayıda öncelik seviyesini sahip olduğu; öngörülen öncelikli sıraya alma ve öngörülemeyen öncelikli sıraya alma modellerini değerlendirmiştir. Makalede durum olasılıklarının tam olarak hesaplamasına izin veren bir dizi hesaplamalı etkin özyinelemeli formülü geliştirmiştir. Servi ve Finn (2002), tek kanallı modellerde sunucunun dinlenmeye çıktığı zamanlarda meydana gelen servisin durma problemini

ele almıştır. Tek kanal yerine birden fazla kanallı sistemin kullanıldığı şekilde problemi ele alarak kanalların döngüsel metotta çalıştığı bir şablon ortaya çıkarmıştır.

Uygulamalı yapılan çalışmalara ise ATM (Automated Teller Machine – Otomatik Vezne Makinesi) kuyruklarını inceleyen çalışmalar örnek olarak verilebilir. Yüksek yoğunluklu bölgelerde yer alan ATM'lerin incelendiği çalışmalarda ATM'ye ait kapasite kullanım oranı, müşterilerin kuyrukta bekleme süresi gibi performans ölçütleri hesaplanarak bölgeye yeni bir ATM eklenip eklenmemesi veya ATM'nin işlem hızının nasıl yükseltileceği yönündeki sorulara cevap aranmıştır (Ajiboye, 2014; Upadhyay, 2017). Güner (1986), Tandoğan/Ankara'da bulunan ordu pazarının şarküteri bölümünde tek bir kanal temel olarak yaptığı çalışmada kuyruktaki bekleme problemini incelemiştir. Kuyruk modellerini ve Monte Carlo benzetim tekniğini kullanarak iki farklı metot ile çözüm aramıştır. Hesapladığı verilere göre sisteme kanal ilavesi yapıldığında tesisin atıl kalma maliyeti daha fazla olacağından herhangi bir düzenlemeye ihtiyaç görmemiştir. Mwangi ve Ombuni (2015), Kenya'da bulunan Jkuat Üniversitesi'nin finans ofisinde yaptığı çalışmada, kuyruğun performans ölçütlerinin hesaplanmasının yanı sıra çalışanlar ve öğrencilere anket yaparak müşteri davranışlarını ölçmüştür. Toplanan sonuçlara göre tek kanallı olan servis sisteminin yetersiz olduğu, kanal sayısının artırılması halinde kuyrukta bekleme süresinin azalacağı ve dolayısıyla müşteri memnuniyetinin artacağını belirlemiştir.

2.1.2. M/M/1:N/∞/GD Modeli

Sistemdeki (kuyrukta bekleyenler ve hizmet alanlar) müşteri sayısının N ile sınırlandırılması dışında bu modelin, M/M/1:∞/∞/FIFO modelinden farkı yoktur. Bu modelde kuyruk uzunluğu en çok $(N-1)$ kadar olabilir. Notasyonda tanımlanan GD kuyruk disiplini genel hizmet disiplinlerinden herhangi biri için elde edilen sonuçların uygulandığını göstermektedir. Ayrıca hizmet oranının, geliş oranından küçük olması gerekmektedir. Bu durum $\rho > 1$ şeklinde de belirtilebilir. Sistemin işleyiş özelliklerini açıklayan formüller aşağıdaki gibi elde edilir (Özkan, 2005: 256):

$$\text{Servis birimlerinin doluluk oranı} = \rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (2.8)$$

$$\text{Sistemde hiç müşteri olmama olasılığı} = P_0 = \frac{1-\rho}{1-(\rho)^{N+1}} \quad (2.9)$$

$$\text{ayrıca } \rho \neq 1 \text{ için, } P_0 = \frac{1}{n} + 1 \text{ ise } \rho = 1 \text{ için yazılır.}$$

$$\text{Sistemde } n \text{ tane müşteri olma olasılığı} = P_n = P_0 \rho^n \quad n < N \text{ olmak üzere } n \in Z^+ \quad (2.10)$$

$$\text{Sistemdeki ortalama müşteri sayısı} = L_S = \frac{\rho}{1-\rho} - \frac{(N+1)(\rho)^{N+1}}{1-(\rho)^{N+1}} \quad (2.11)$$

Bu modelde kuyruk sınırlaması durumu olduğu için kuyruğa giremeyen müşteriler kaybedilir. Bu sebeple gerçek geliş oranı λ_{eff} hesaplanır; $n=N$ için P_n değeri bulunarak,

$\lambda_{eff} = \lambda(1 - P_n)$ yazılır. Buna göre aşağıdaki formüller kullanılır.

$$\text{Kuyrukta bekleyen ortalama müşteri sayısı} = L_q = L_s - \frac{\lambda(1-P_n)}{\mu} \quad (2.12)$$

$$\text{Sistemde harcanan ortalama süre} = W_s = \frac{L_s}{\lambda(1-P_n)} \quad (2.13)$$

$$\text{Kuyrukta harcanan ortalama süre} = W_q = W_s - \frac{1}{\mu} \quad (2.14)$$

Bu kuyruk modeli için de çalışılan örnekler ampirik ve uygulamalı olarak ayrılabilir. Ampirik çalışmalarda bulunan yazarlardan Kumar ve Sharma (2012), kuyruğun uzun olduğunu görüp girmeyen veya kuyrukta beklemekten sıkılarak sistemden ayrılan müşterilerin, hizmet merkezinin toplam gelirinde oluşturduğu kaybı önlemek adına çalışma yapmıştır. Müşterileri elde tutmak için oluşturulan modelde; sabırsız müşterilerin belirli bir ikna politikası ile sırada kalmaları için uğraşmışlardır. Müşterilerin sistemde kalma ve sistemden ayrılma olasılıklarını hesaplayarak modelin nümerik olarak çözümünü elde etmişlerdir. Bir başka çalışma ise kaynak kapasitesinin sonlu sayıda olduğu modellerdeki oluşan özel durumların, kolaylıkla çözümlenebilmesi için nümerik olarak çalışmalar yapan Sharma ve Tarabia' ya (2000) aittir. Xie (1993) ise sistemin depolama kapasitesinin genişledikçe belirsizleşen M/M/1/N kuyruk modeli için analiz yapmış ve iki bağımsız yaklaşım kullanmıştır. İlk olarak eyer noktası yöntemini kullanarak integrali genişletmiş ve bu şekilde çözüm aramıştır. İkinci olarak aynı soruna, sürecin geçici davranışına ait kesin bir ifade sağlayan pertübasyon teorisini kullanarak çözüm sağlamıştır.

Uygulamalı çalışmalar de şu şekilde örneklendirilebilir. Şimşek (2004), İstanbul Boğazı'nın yoğun bir tanker trafiğine sahip olduğunu ve tanker trafiği yoğunluğundaki artışın devam edeceğini tespit etmiş ve muhtemel bir sayısal miktar bulmuştur. Mevcut durumda aynı anda bir tane tankerin geçiş yapabildiği Haydarpaşa Limanı'nda bu sayının arttırılması gerektiği sonucunu, belirli performans ölçütlerini hesaplayarak elde etmiş ve Deniz Trafik Düzeni Tüzüğü'nün buna göre düzenlenmesini belirtmiştir. Rad (2010), bir Elektrik-Elektronik Mühendisliği Enstitüsü'nde yaptığı çalışmada kablosuz etki alanındaki her kablosuz istasyon ve kablolu etki alanındaki bir kablolu istasyon arasında ses bağlantılarının bulunduğu bir kablolu/kablosuz ağı göz önüne almıştır. M/M/1/N modeli ile paketin gecikme olasılığını bulmuştur. M/M/1/N modelini çözmek için iki boyutlu Markov modeline göre bir dizi doğrusal olmayan denklem çözdükten sonra, bulunan paket servis süresi ile paket geciktirme olasılığını elde etmiş ve önerilen modelin, erişim noktası yeni bir çağrı yapmadan önce paket dışına çıkma olasılığını tahmin edebilmesini sağlamıştır.

2.1.3. M/M/1:N/N/FIFO Modeli

Bu modelde, müşterilerin sınırlı sayıda potansiyel müşteri havuzundan geldiği varsayılır. Toplam gelebilecek potansiyel müşteri sayısı M ise ve sistemde hali hazırda bulunan n tane müşteri varsa; sisteme bundan sonra ancak $M-n$ tane müşteri gelebilir. Sistemin servis veren kaynak popülasyonu da sınırlıdır. Bu model için performans ölçütlerini gösteren formüller şu şekildedir (Murthy, 2007: 470-471):

$$\text{Sistemde hiç müşteri olmama olasılığı} = P_0 = 1 / \sum_{n=0}^M \left[\frac{M!}{(M-n)!} \right] \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \quad (2.15)$$

$$\text{Sistemde } n \text{ tane müşteri olma olasılığı} = P_n = \left[\frac{M!}{(M-n)!} \right] \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n P_0 \quad (2.16)$$

$$\text{Sistemdeki ortalama müşteri sayısı} = L_S = \sum_{n=0}^M n P_n = M - \left(\frac{\mu}{\lambda} \right) (1 - P_0) \quad (2.17)$$

$$\text{Kuyrukta bekleyen ortalama müşteri sayısı} = L_q = M - \left[\frac{\mu + \lambda}{\lambda} \right] (1 - P_0) \quad (2.18)$$

2.1.4. M/G/1:∞/∞/FIFO Modeli (Pollaczek-Khintchine (P-K) Formülü)

Gelişler arası sürenin veya hizmet süresinin; poisson dağılımı veya üstel dağılıma uymadığı kuyruk modelleri karmaşıktır. Bu durumlarda genel olarak simülasyon (benzetim) çalışmalarının kullanılması önerilmektedir. Buradaki “G” notasyonu; hizmet süresi t , hizmet süresinin ortalaması $E\{t\}$ ve varyansı $\text{var}\{t\}$ olan herhangi bir olasılık dağılımını temsil eder. Model, analitik uyumsuzluk sebebiyle P_n ve P_0 için bir kapalı formül ifadesi vermemektedir. Diğer temel performans ölçütleri ise şu şekilde gösterilir (Taha, 2000: 648-649):

$$\text{Sistemdeki ortalama müşteri sayısı} = L_S = \lambda E\{t\} + \frac{\lambda^2 E^2\{t\} + \text{var}\{t\}}{2(1 - \lambda E\{t\})}, \quad \lambda E\{t\} < 1 \quad (2.19)$$

Bu modelde $\lambda_{eff} = \lambda$ olduğu için geri kalan formüller Little’s kuralları (1.1;1.2;1.3;1.4) kullanılarak türetilir.

$$\text{Sistemde harcanan ortalama süre} = W_S = E\{t\} + \frac{\lambda E^2\{t\} + \text{var}\{t\}}{2(1 - \lambda E\{t\})} \quad (2.20)$$

$$\text{Kuyrukta bekleyen ortalama müşteri sayısı} = L_q = L_S - \frac{\lambda}{\mu} \quad (2.21)$$

$$\text{Kuyrukta harcanan ortalama süre} = W_q = W_S - 1/\mu \quad (2.22)$$

Bu model için incelenen çalışmalar daha çok ampirik şekildedir. Sıra uzunluğu N miktarına ulaştığı anda hemen hizmete açılan ve hizmet vermeye başlamak için belirli bir hazırlık yapma süresine ihtiyaç duyan bir imalat atölyesinde yapılan çalışmada Wang vd. (2007); sistemdeki beklenen müşteri sayısı, meşgul ve arıza süreleri gibi performans ölçütlerini teorik olarak geliştirmiş, sunucunun meşgul olma olasılığının trafik yoğunluğuna eşit olduğunu kanıtlamıştır. Ayrıca beklenen maliyeti en aza indirmek için maliyet modeli de oluşturmuştur. Wu ve Takagi (2006), Laplace-Stieltjes Dönüşümünü (LST) kullanarak servis sunucularının mola verdiği zamanlarda hizmeti tamamen kesmek yerine, farklı servis süreleri ile çalışmalarını sağlamak üzerine çalışmalar yapmıştır. Son kısmında bazı sayısal örnekler sunarak somutlaştırdıkları çalışmada, kuyruk büyüklüğünün dağılımı ve sabit durumda olan herhangi bir müşterinin sistem zamanını türetmişlerdir. M/G/1 kuyruk modeli için bazı optimal kontrol problemlerini ele alan Lillo (2000), döngüye sahip olan kontrollü sistemlere odaklanmıştır. Çalışma, tutma, anahtarlama ve hizmet maliyetlerini içeren doğrusal maliyet yapısını varsayarak standart politikalara sahip M/G/1 modeli için ayrıntılı olarak analiz yapmıştır. Harrison ve Pitel (1996), sürekli gelen müşterilerini; geliş hızlarına göre pozitif ve negatif müşteriler olarak sınıflandıran herhangi bir işletme için, pozitif müşterilerini diğer müşterilere göre öncelikli olarak hizmete alması adına gerekli olan dağılım fonksiyonlarının üretilmesini çalışmışlardır. İlk gelenin ilk hizmet aldığı durumda eğer pozitif müşteri negatif müşteri tarafından geçildiyse; pozitif müşteriler için yeniden canlandırılmış son gelen ilk hizmet alır kuyruk disiplininin oluşturulmasını amaçlamıştır. Jain ve Sigman (1996), hizmet esnasında, müşterilerin sistemi terk etmek zorunda kaldığı olağandışı durumları ele almıştır. Müşterilerin kalan hizmet sürelerini, Pollaczek-Khintchine formülünü M/G/1 kuyruk modeline uyarlayarak bulmaya çalışmışlardır. Kuyruk modelini oluştururken öncelik sağlayan kuyruk modelini kullanmışlardır.

M/G/1 modeli için incelenen bir uygulama ise, Nijerya Merkez Bankası'nın öne sürdüğü nakitsiz yaşam vizyonu doğrultusunda ATM'lerde oluşan kuyruk problemlerinin çözülmesi içindir. Araştırmacılar bu kuyruk modelini, adları Guarantee Trust Bank, Diamond Bank ve Ecobank olan üç ticari banka için uyarlamaya çalışmıştır. Üç bankada da benzer olarak; uzun kuyruk problemi, kuyrukta bekleme süresi ve ATM'lerin kullanımı üzerinde sorunlar tespit etmiştir. Çalışmada yapılan duyarlılık analizleri sonucunda, müşterilerin ortalama bir dakika harcayacağı şekilde ATM'lerin işlemci hızlarının yükseltilmesi ve belirli aralıklarla arıza kontrolü yapılması gerektiğini bulmuşlardır (Dauda vd., 2015).

2.2. Çok Kanallı Modeller

Çok kanallı modellerin çözümü, tek kanallı modellere göre biraz daha karışıktır. Sisteme gelen müşterilere, iki veya daha fazla paralel servis kanalı ile hizmet sağlanır. Modeller; gelişler arası süre, kaynak popülasyonu gibi sistem parametrelerine göre çeşitlendirilir.

2.2.1. M/M/c:∞/∞/GD Modeli

Bankaların birden fazla vezne ile müşterilerine hizmet vermesi ve maç biletlerinin satışının birden fazla gişe aracılığıyla yapılması gibi faaliyetler bu kuyruk modeli için birer örnektir. Müşterilerin geliş hızları poisson sürecine uygun ve verilen servisin süreleri üstel dağılıma uygundur. Modelde c , paralel haldeki özdeş servis kanallarının sayısını gösterir. Sisteme gelen müşteri sayısı olan n , servis veren kanal sayısından az veya ona eşit ise ($n \leq c$) gelen müşteriler kuyrukta beklemeden hizmet alabilir. Ancak $n > c$ ise sadece c sayıda müşteriye hizmet sunulacağından $n - c$ sayıdaki müşteri kuyrukta bekler. Sistemin sorun olmadan hizmet verebilmesi için;

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

Bu kuyruk modelinin performans ölçütleri şu şekildedir (Öztürk, 1997: 448-449):

$$\text{Servis birimlerinin doluluk oranı} = \rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

$$\text{Sistemde hiç müşteri olma olasılığı} = P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{c-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^c}{c!(1-\frac{\rho}{c})}} \quad (2.23)$$

$$\text{Sistemde } n \text{ tane müşteri bulunma olasılığı} = P_n = \rho^n \frac{P_0}{n!} \quad 0 \leq n < c \text{ ise} \quad (2.24)$$

$$\text{Sistemde } n \text{ tane müşteri bulunma olasılığı} = P_n = \rho^n \frac{P_0}{c!c^{n-1}} \quad n \geq c \text{ ise} \quad (2.25)$$

Sisteme gelen müşterilerin bekleme olasılığı ($n \geq c$ durumunda) =

$$P(n) = \rho^c \frac{\mu}{(c-1)!(c\mu-\lambda)} P_0 \quad (2.26)$$

$$\text{Kuyrukta bekleyen ortalama müşteri sayısı} = L_q = \frac{\lambda \mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^c}{(c-1)!(c\mu-\lambda)^2} P_0 \quad (2.27)$$

$$\text{Sistemdeki ortalama müşteri sayısı} = L_s = L_q + \rho \quad (2.28)$$

$$\text{Kuyrukta harcanan ortalama süre} = W_q = L_q / \lambda \quad (2.29)$$

$$\text{Sistemde harcanan ortalama süre} = W_s = W_q + 1/\mu \quad (2.30)$$

Kuyruk modelleri içerisinde en çok çalışması yapılan model türü M/M/C'dir. Sistemi tanımlayan özellikler çok olağan olup her hizmet biriminde karşılaşılabilecek türdedir. Bankaların durumu bu modele en uygun örneklerdendir. Bankalarda yapılan iyileştirme

çalışmalarında mevcut durumda çalışan gişelerin etkinlik oranları WinQSB programıyla veya el ile hesaplanmıştır. Ortaya çıkan durumda düşük bulunan gişelerin etkinlik oranı, mevcut durumdaki gişe sayısında değişiklik yapılarak yükseltilmeye çalışılmıştır. Farklı gişe sayıları için tekrar tekrar performans ölçütleri hesaplanarak en uygun gişe sayısı belirlenmiştir. Bu çalışmalarda bulunan Akarçay (2008), Ziraat Bankası İstanbul Merkez Şubesi'nde; Ertuğrul vd. (2015), Denizli'de bulunan iki farklı bankanın altı şubesinde; Ullah vd. (2014), Çin'deki ICBC Bankası'nda; Berhan (2015), Adis Ababa/Etiyopya'da bulunan bir bankada yapmıştır. Çağrı merkezlerinde çalışma yapan Kostak (2016) ve Keskin vd. (2018), ise mevcut durumun analizini WinQSB programını kullanarak yapmıştır. Benzer olarak en çok sesli yanıtlama sisteminde uzun süreli bekleme sürelerinin olduğunu tespit etmişlerdir. Arayan kişilerin, müşteri temsilcisine gerek kalmadan işlerini self-servis şeklinde yapacağı alternatif düzenlemeler önermişlerdir. Bu alternatif düzenlemeler için de performans ölçütleri hesaplanmış ve iyileştirme gösterilmiştir. Erdoğan (2010) da çağrı merkezinde iyileştirme çalışması yapmış fakat diğer araştırmacılardan farklı olarak gün ve saat bazlı müşteri temsilci sayısını belirleyerek bir vardiya planı oluşturmuştur. Halisdemir (1996), Samsun'da bulunan beş rıhtımlı bir limanın Ocak-Temmuz arasındaki yedi ayın istatistiklerini elde ederek; gemilerin rıhtımda kalma süresi, gemilerin rıhtıma girmeden önce beklediği ortalama süre gibi performans ölçütlerini bularak analiz yapmıştır. Buna göre hangi aylarda yoğunluğun olduğu ve bu dönemler için neler yapılabileceğini idari birimlere bildirmiştir. Hızlı yiyecek içecek hizmeti veren bir yemek servisinde araştırma yapan Abulah (2013), mevcut durumdaki çok kanallı sistemde; kuyrukta bekleme süresi, kuyrukta bekleyen ortalama müşteri sayısı tek kanallı sisteme göre az olmasına rağmen, sistemin kullanım oranının oldukça düşük çıkması sebebiyle tek kanallı sisteme geçilmesini önermiştir. Ulaş (2007), iki paralel heterojen kanallı kuyruk sistemine sahip bir hizmet merkezinde yaptığı çalışmada, öncelikle sistemde n birim bulunma ihtimalini, bir birim bulunma ihtimalini ve hiç birim bulunmama ihtimalini; bulunan birimlerin de hangi kanalda bulunacağı ihtimalini bu modele ait denklemleri kullanarak ayrı ayrı hesaplamıştır. Elde edilen olasılıklar ile sistemdeki ortalama müşteri sayısı, ortalama bekleme süresi gibi performans ölçütleri hesaplanarak bulunan sonuçlara göre sistemin iyi çalıştığı ve bir iyileştirmeye ihtiyaç duymadığını tespit etmiştir.

Bu model için ampirik bir çalışma yapan Jung ve Lee (1989), zamana bağlı birçok kanallı model için optimum kanal sayısını belirlemek istemişlerdir. İlk olarak durum olasılıklarını ve beklenen kuyruk boyutlarını elde etmek için nümerik olarak çözüm yapmışlardır. 24 saatlik günün her sekiz saatini bir vardiya olarak düşünerek dinamik bir program oluşturmuşlardır. Geliştirdiği yaklaşımı, bir havaalanından aldığı verileri kullanarak

burada uçaklara verilen servis ile örneklemiştir. M/M/C kuyruk modeli için dağıtım noktası problemini inceleyen Mohammadi (2011) ise, dağıtım noktasına varış oranına ve yerleştirilmiş diğer noktalara akışlar için yeni bir doğrusal olmayan tamsayı formülasyonu sunmuştur. Formülasyonu doğrusallaştırdıktan sonra sorunu çözmek için IICA (Improved Imprealist Competitive Algorithm – Geliştirilmiş Emparyalist Rekabetçi Algoritma) önermiş ve çıkan sonucu Genetik Algoritma ile karşılaştırmıştır. Bu kuyruk modeli için her türlü vakada Genetik Algoritmaya göre daha baskın olduğunu göstermiştir.

2.2.2. M/M/c:N/∞/GD Modeli

Bir önceki modelden farklı olarak sistem kapasitesi N ile sınırlandırılmıştır ancak sisteme geliş sayısı olan n ; sistem kapasitesi N 'den büyük olması durumunda geliş hızı olan $\lambda = 0$ olmak zorundadır. Modelin temel performans göstergeleri aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanır (Shortle vd., 2018: 100-102):

$$\lambda = \begin{cases} \lambda, & 0 \leq n \leq N \\ 0, & n > N \end{cases}$$

$$\mu = \begin{cases} n\mu, & 0 \leq n \leq c \\ \mu, & c \leq n \leq N \end{cases}$$

Diğer modellerde olduğu gibi $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ olduğu dikkate alınır. Bu durumda sistemde hiç müşteri olmama olasılığı şu şekilde hesaplanır;

$$P_0 = \left[\sum_{n=0}^{c-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^c (1 - (\frac{\rho}{c})^{N-c+1})}{c! (1 - \frac{\rho}{c})} \right]^{-1}, \quad \frac{\rho}{c} \neq 1 \quad (2.31)$$

$$P_0 = \left[\sum_{n=0}^{c-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^c}{c!} (N - c + 1) \right]^{-1}, \quad \frac{\rho}{c} = 1 \quad (2.32)$$

$$\text{Sistemde } n \text{ müşteri bulunma olasılığı} = P_n = \begin{cases} \frac{\rho^n}{n!} P_0, & 0 \leq n \leq c \\ \frac{\rho^n}{c! c^{n-c}} P_0, & c \leq n \leq N \end{cases} \quad (2.33)$$

$$\frac{\rho}{c} \neq 1 \text{ durumu için kuyrukta bekleyen ortalama müşteri sayısı} = L_q =$$

$$= \frac{\rho^{c+1}}{(c-1)!(c-\rho)^2} \left\{ 1 - \left(\frac{\rho}{c}\right)^{N-c+1} - (N-c+1) \left(1 - \frac{\rho}{c}\right) \left(\frac{\rho}{c}\right)^{N-c} \right\} P_0 \quad (2.34)$$

$$\frac{\rho}{c} = 1 \text{ için } L_q = \frac{\rho^c (N-c)(N-c+1)}{2c!} P_0 \quad (2.35)$$

W_q, W_s, L_s göstergelerini bulmak için λ_{eff} değerinin belirlenmesi gerekir, sistemin kapasitesi N ile sınırlandırıldığı için λ_{eff}, λ' dan daha küçüktür;

$$\lambda_{eff} = (1 - P_n)\lambda$$

Bu değere göre:

$$\text{Sistemdeki ortalama müşteri sayısı} = L_s = L_q + \frac{(1-P_n)\lambda}{\mu} \quad (2.36)$$

$$\text{Kuyrukta harcanan ortalama süre} = W_q = \frac{L_q}{(1-P_n)\lambda} \quad (2.37)$$

$$\text{Sistemde harcanan ortalama süre} = W_s = W_q + \frac{1}{\mu} \quad (2.38)$$

Bu kuyruk modeli için performans ölçütleri elde edilirken yapılan yoğun nümerik hesaplarında gösterdiği gibi bu modelde yoğunlukla ampirik örnekler çalışılmıştır. Yue vd. (2006), müşterilerin kuyrukta beklemekten sıkılarak ayrılması, kuyruğun uzunluğunu fazla bularak hiç girmemesi ve sunucuların senkronize biçimde hizmet vermekten ayrılması durumları için analiz yapmışlardır. Markov süreç teorisini kullanarak kararlı durum olasılık denklemlerini geliştiren araştırmacı, daha sonra sistem için; bekleyen ortalama müşteri sayısı, sabırsızlığa bağlı ortalama müşteri kaybı oranı vb. gibi performans ölçütlerini bularak tatilde olması gereken optimum sunucu sayısını belirlemeye çalışmışlardır. Bir başka deneysel çalışmada bulunan Köchel (2004) ise, kuyruk modelinin performans ölçütlerinden, bilinmeyen birinci (monotonluk) ve ikinci (dışbükeylik/içbükeylik) dereceden özelliklerini kanıtlamıştır. Daha sonra bazı kriterlerden fonksiyon oluşturarak bir optimizasyon problemi tanımlamış ve problemin çözümünü aramak için basit bir algoritma formüle etmiştir. İki'den fazla öncelik seviyesine sahip M/M/C/N modellerinin performans ölçütlerini hesaplamak için çalışan Elmelegy (2010), her öncelik seviyesi ve tüm sistem için performans ölçütlerini hesaplayacak bir model oluşturmayı amaçlamıştır. Durum dengesi denklemlerini ve durum olasılıklarını belirlemek için MATLAB programından da faydalanan yazar, hesaplamaların karmaşıklığını azaltmak adına durum geçiş matrisini aralıklı olarak tanımladığı ve matrisi her defasında bir geriye doğru çözen alt matrislere böldüğü iki farklı çözüm yaklaşımı kullanmıştır.

Somut örnekler üzerinden yapılan uygulamalı çalışmalar da bu model için mevcuttur. Orta Doğu'da inşa edilecek çok büyük ve uluslararası bir havaalanı için yolcu tarama tesisleri tasarlamasına yardımcı olmak adına araştırma yapan Gilliam (1979), yolcu güvenliği tarama operasyonu için ne kadar x-ray cihazına ve insan gücüne ihtiyaç olduğunu tespit ederek yetkililere bildirmiş ve kabul görmüştür. Rahimi vd. (2016); kargo dağıtım sistemleri, telekomünikasyon ağ tasarımı gibi çeşitli alanlarda ortaya çıkan merkez dağıtım üssü probleminin çözümünü ele almışlardır. Toplam taşıma maliyetini ve ağdaki her bir varış noktası-hedef arasındaki maksimum taşıma süresini en aza indirmeyi hedeflemiş ve pareto çözümünü elde etmek amacıyla bu kuyruk modelini kullanılarak meta-sezgisel algoritma geliştirmiştir. İran'da gerçek bir yolcu taşımacılığı vakasını inceleyerek önerilen modelin performansını ve çözüm yaklaşımını doğrulamaya çalışmıştır. Bir başka çalışma ise kuyruk

modelleri uygulamalarının çokça yapıldığı bankaların birinde yapılmıştır. Haoa ve Yifei (2011), banka kuyruğundaki tıkanıklık sorunlarının sınıfları ve metodolojilerini incelemiştir. Daha sonra, bankanın yaptığı işi araştırmış ve analiz ederek bankanın kuyruk sistemi iş sürecinin yeniden yapılandırılması (BPR) kavramına bağlı olarak dinamik çözümle ile optimize etmiştir. Bir imalat atölyesinde çalışma yapan Gosavi (1995), seri veya paralel olan kuyruk ağlarında bölünmüş kavşaklara gelen parçalara, toplam iş hacmini maksimize edecek şekilde farklı yaylar ve düğümler boyunca yönlendirecek olasılıklarının atanmasını incelemiş ve doğrusal bir zaman algoritması geliştirmiştir. Bölünmüş kavşaklar arasında engelleme olan ağlar söz konusu olduğunda ise farklı bir yaklaşım geliştirmiş ve bu yaklaşımı temel alarak optimal yönlendirme problemini çözmek için doğrusal olmayan bir programla algoritmasını hazırlamıştır.

2.2.3. M/M/c:N/N/GD Modeli

Bu kuyruk modelinde kaynak popülasyonu bir üst limitle sınırlandırılmıştır. Bir fabrikada tamir-bakım biriminde tamir için sıraya girebilecek makine sayısının fabrikadaki toplam makine sayısı ile sınırlı olması bu duruma örnek olarak gösterilebilir. Gelişler arası süre ve hizmet süresi diğer modellerin çoğunda olduğu gibi üstel dağılım ile açıklanır. c tane servis birimin olduğu modelde kaynak popülasyonu N ile sınırlıdır. Geliş hızı servis hızından küçüktür. ($\lambda < \mu$) Diğer modellere göre daha karışık olan bu modelin temel performans göstergelerini veren formüller aşağıdaki şekildedir (Ulucan, 2004: 447-448):

$$\text{Servis birimlerinin doluluk oranı} = \rho = \frac{L - L_q}{c} \quad (2.39)$$

Sistemde hiç müşteri olmama olasılığı =

$$P_0 = \frac{1}{[\sum_{n=0}^{c-1} \frac{N!}{(N-n)!n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n + \sum_{n=c}^N \frac{N!}{(N-n)!c!c^{n-c}} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n]} \quad (2.40)$$

$$\text{Sistemde } n \text{ tane müşteri olma olasılığı} = P_n = \frac{N!}{(N-n)!n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0 ; 0 \leq n \leq s \quad (2.41)$$

$$P_n = \frac{N!}{(N-n)!c!c^{n-c}} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0 ; c \leq n \leq N \quad (2.42)$$

$$P_n = 0 ; n \geq N \quad (2.43)$$

$$\text{Kuyrukta bekleyen ortalama müşteri sayısı} = L_q = \sum_{n=c}^N (n - c) P_n \quad (2.44)$$

$$\text{Sistemdeki ortalama müşteri sayısı} = L_s = L_q + \sum_{n=0}^{c-1} n P_n + c(1 - \sum_{n=0}^{c-1} P_n) \quad (2.45)$$

$$\text{Sistemde harcanan ortalama süre} = W_s = \frac{L_s}{\lambda(N - L_s)} \quad (2.46)$$

$$\text{Kuyrukta harcanan ortalama süre} = W_q = \frac{L_q}{\lambda(N - L_s)} \quad (2.47)$$

2.2.4. M/M/∞;∞/∞/GD Modeli (Self Servis Modeli)

Self servis modelinde hizmet verenlerin sayısı sınırsızdır, bunun sebebi gelen müşterinin aynı zamanda hizmeti veren olmasıdır. Self servis benzin istasyonları ve 24 saat hizmet sağlayan banka ATM'leri bu model için örnek olarak verilemez. Çünkü bu durumlarda hizmet veren müşterinin kendisi değil pompalar ve ATM'lerdir. Hizmet veren kaynak sayısının, kaynak popülasyonu kapasitesinin ve geliş sayısının sonsuz olduğu bu modelde; geliş hızı λ 'nın ve hizmet hızı olan μ 'nın sabit olduğu varsayılır. Buna göre;

$$\lambda_n = \lambda, \quad n = 0,1,2, \dots$$

$$\mu_n = n\mu, \quad n = 0,1,2, \dots$$

olur. Böylelikle,

$$\text{Sistemde } n \text{ müşteri olma olasılığı} = P_n = \frac{\lambda^n}{n!\mu^n} P_0 = \frac{\rho^n}{n!} P_0, \quad n = 0,1,2, \dots \quad (2.48)$$

elde edilir. $\sum_{n=0}^{\infty} P_n = 1$ olduğundan,

$$P_n = \frac{1}{1 + \rho + \frac{\rho^2}{2!} + \dots} = \frac{1}{e^\rho} = e^{-\rho}$$

bulunur. Sonuç olarak elde edilen,

$$P_n = \frac{e^{-\rho} \rho^n}{n!}, \quad n = 0,1,2, \dots \quad (2.49)$$

ortalaması $L_s = \rho$ olan bir poisson dağılımıdır. Self servis modeli olmasından ötürü kuyrukta bekleyen ortalama kişi sayısı (L_q) ve ortalama bekleme süreleri (W_q) sıfır olmaktadır (Taha, 2000: 643).

Self servis modeli için şu iki ampirik çalışma örnek olarak verilebilir. Chen vd. (2008), Dünya gözlem uydularında yaptıkları çalışmada; görüntü yakalama servis sisteminin bu model ile başarılı bir şekilde modellemesini yapmışlardır. Uydu sisteminin gözlem servisi için genel yer istasyonu indirme servisi ile çözümün formülasyonu da elde etmişlerdir. Elde edilen ölçütler ile görüntüleme uydusunun servis performansını teorik ve sistematik bir biçimde tespit etmişlerdir. Kuyrukta bekleyen sabırsız müşterilerin davranışlarını inceleyen Altman ve Yechiali (2008) hem sistemin görev sürelerini hem de müşterinin sabırsızlık süresini düşünerek sistem farklı bir görev için meşgul olduğunda mevcut müşteri sayısının olasılıklarını üretme işlevlerini türetmiştir. Bunun devamında; yoğun bir dönemin ortalama süresini, ortalama döngü süresini ve hizmet kalitesini ölçen ifadeleri de elde etmişlerdir.

2.3. Maliyet Modelleri

Maliyet modelleri birbiriyle çelişen; hizmet sunma maliyeti ve hizmet sunumundaki gecikmenin maliyetini dengelemeye çalışır. İki maliyet biri artarken diğeri azalır şekilde ters

orantılıdır. Hizmet oranı μ 'ye veya paralel olarak hizmet veren kanal sayısı olan c 'ye eşit olan x ; hizmet düzeyini temsil ederse maliyet modeli şu şekilde ifade edilir (Taha, 2000: 652):

$$ETC(x) = EOC(x) + EWC(x) \quad (2.50)$$

Burada,

ETC = birim zaman başına beklenen toplam maliyet

EOC = birim zamanda işletmenin beklenen maliyeti

EWC = birim zamanda müşterinin bekleme maliyeti

EOC ve EWC 'nin en basit formları aşağıdaki doğrusal fonksiyonlardır;

$$EOC(x) = C_1x$$

$$EWC(x) = C_2L_s$$

Burada,

C_1 = birim zamanda birim x için marjinal maliyet

C_2 = her bekleyen müşteri için birim zamanda bekleme maliyeti

Maliyet modelleri kullanılarak birçok çalışma yapılmıştır. İsmi açıklanmayan bir kamu bankasında araştırma yapan Çevik ve Yazgan (2008) ile Bangladeş'te bulunan bir bankada iyileştirme çalışması yapan Chowdhury (2013) sistemin performans ölçütlerini tespit etmiş ve buna göre belirli gişe sayıları için toplam maliyeti hesaplayarak en uygun gişe sayısının ne kadar olması gerektiğini bankanın idari birimlerine iletmışlerdir. Uyrun ve Yıldız (2015) hızlı yiyecek içecek hizmeti veren bir işletme için araştırma yapmış, sistemden elde ettiği verilerle WinQSB programını da kullanarak servisin boş kalma yüzdesi ile müşterilerin beklediği ortalama süreyi bulmuş çalışanların mesai sürelerinde birtakım düzenlemelere başvurarak toplam maliyeti düşürmeyi amaçlamışlardır. Yıldız ve Arslan (2013) Düzce Üniversitesi Merkez Yemekhanesinde yaptığı çalışmada, WinQSB programı ile öğrencilerin kuyrukta bekleme sürelerini ve geçiş yaptıkları turnikelerin ortalama doluluk oranlarını hesaplayıp sistemin toplam maliyetini nasıl etkilediğini belirlemiştir. Sistem için farklı zaman dilimlerinde yeterli olarak görülen turnike sayılarını belirleyerek yetkili kişilerle paylaşmışlardır. Bir petrol istasyonunda çalışma yapan Ali vd. (2018) sistemin toplam maliyetini üç farklı kuyruk modeline (M/M/1, M/G/1, M/D/1) göre hesaplayarak sistemin boş kalma ve müşterilerin bekleme maliyetlerini bulmuş ve servis hızının uygun olduğu dağılımın değiştiği zaman maliyete olan etkisini göstermek istemişlerdir. Tiwari vd. (2016) bekletilmek zorunda bırakılan her müşteri için her saat başı belli bir miktar ceza parası ödeme sistemine sahip olan bir operatör servisinin, optimum temsilci sayısının tespiti için çalışma yapmışlardır. Elde edilen performans ölçütleri ile çalışan ücretlerinin maliyeti ve müşterinin bekletilmesi sonucundaki ödenecek ceza miktarları, hesaplanarak en uygun temsilci sayısını bulmuşlardır. Spor tesislerinde, spor

aletlerinin kullanımı sırasında oluşan kuyruk problemini ele alan Girginer ve Şahin (2007) gözlem metodu ile topladığı verilerle kapasite sorununa etki eden faktörleri belirlemiştir. Bu faktörlere birlikte spor aletlerinin boş kalma maliyeti, müşterinin bekleme maliyeti gibi ölçütleri de tespit ederek; mevcut sistemin iyileştirilmesi adına iki farklı sistem tasarımı önerisi getirmiş, bu önerilerin de performans ölçütlerini hesaplayarak en faydalı olanını belirlemiştir.

2.4. Simülasyon ile Kuyruk Modelleme

Karşılaşılan bazı problemler üst başlıklarda belirtilen modellere uymamaktadır. Böyle durumlarda araştırmacılar, problemi çözmek için belirli parametreler ve değişkenleri kullanarak kendileri modellemek zorunda kalmıştır. Çeşitli paket programları veya kullanıcı tarafından kodlanan modeller aracılığıyla problemler simüle edilerek çözümlenmiştir. Daha az kurala sahip olan bu yöntem; esnek, basit ve şematik araçlar ile çözümü arar. Analitik çözümler gibi net sonuçlar vermemesi dezavantaj gözükse de oluşturulan simülasyon ile mevcut durum için değiştirilen her koşul veya kısıt için program tekrar çalıştırılabilir; böylece yapılması düşünülen iyileştirmelerin nasıl etki yapacağı görülebilir. Simülasyon ile çözümlemenin bir diğer avantajı; analitik olarak yapılan çözümlerin sonuçlarının tespiti çok uzun süre sonra olabileceken kullanılan simülasyon programı ile bunun oldukça kısa süre almasıdır.

Simülasyon yöntemiyle modelleme yaparken kullanabilecek pek çok program mevcuttur. Bu programlardan Promodel for Windows'u kullananlardan Curin vd. (2005), Michigan Üniversitesi Kampüsü'nde bulunan Tin Hortons adlı restorandın verimliliğini artırmak için dört farklı tezgah modeli geliştirmiş ve en faydalı modeli önermişlerdir; Sevgin (2000) ise, Siirt Devlet Hastanesi'nin; dahiliye, göz, çocuk, kadın doğum, genel cerrahi ve diş bölümlerinde oluşan kuyruk problemini analiz ederek doktor sayısının artırılması senaryolarını hazırlamış ve her bölümde mevcut durumda birer olan doktor sayılarının artırılmasını önermiştir. Witness programını kullanan Madadi vd. (2013), Malezya'da bulunan bir banka için iyileştirme çalışması yapmıştır. Çalışanların servis hızını geliştirmek, gişe kaldırmak, müşterilerin işini kendi halledeceği makinalar koymak gibi çeşitli değişiklikleri içeren dört tane senaryo hazırlamışlardır. Gelen müşterilerin işlerini kendi halletmelerini sağlayacak senaryolardan birini seçmiş ve önermişlerdir. Emecen (2004), FORTRAN programlama dilini kullanarak Marmara Bölgesi'ndeki limanlarda oluşan talebe göre, limanlarda oluşan sıkışıklık, tıkanıklık gibi durumların çözümü için etkin yönetim modelleri kurmuştur. Problemlerin çözümünü uzun ve orta-kısa vade olarak ele alan araştırmacı uzun vade için, ulaştırma sisteminin toplam maliyetinin minimum olacak şekilde bölgedeki rıhtım sayılarının planlamayı;

orta-kısa vadeli amaç ise toplam taşıma maliyeti minimum olacak şekilde gemi trafiğinin planlanmasını amaçlamaktadır. Küçük bir otomotiv şirketinde iyileştirme çalışması yapan Ustaoglu (2008), “Monte Carlo Simülasyon Tekniği” ile gelişler arası süre ve servis süreleri için birikimli olasılık değerleri oluşturmuş ve MS Excel yardımıyla bu olasılıklar üstünden 19 deneme gerçekleştirmiştir. Çıkan sonuca göre mevcut durumda işlerin gitgide birikmesinden dolayı, ya maliyetinin hesaplanması kaydıyla ek kanal oluşturulması ya da tek servis birimiyle devam edip sisteme birden fazla işçi eklenmesi bu sistem için önerilen çözümler olmuştur. Durmuş (2017), isminin gizli tutulmasını isteyen bir üniversitenin öğrenci işlerindeki oluşan yoğunluk problemini ele almıştır. Üniversiteden alınan veriler Microsoft’un programları (Word, Access, Excel) ile düzenlenmiş ve simülasyonu oluşturmak için kullanılan “AnyLogic” programına aktarılmıştır. Öğrenci işlerinde, personelin yaptığı işler ve işlerin ağırlıklarını belirlemiştir. Personel sayısının düşürülmesi durumunda kullanım kapasitesinin artacağını tespit etmiştir. Personel sayısının düşmesiyle birlikte ortaya çıkacak olan bekleme süresi artışının ise, e-devlet veya otomasyon üstünden bazı işlemlerin halledilmesi sağlanarak düşürüleceğini önermiştir. Yığın boyutu sabit olan yığın varışlı ve hizmetin yığın olarak alındığı iki farklı kuyruk modelini inceleyen Özkar (2011), bu kuyruk modelleri için öncelikle performans ölçütleri matematiksel olarak elle hesaplamış, daha sonra MATLAB 7.0 programını kullanarak simülasyon modeli yazmıştır. Model, birçok kez çalıştırılarak sonlu rastgele bir örneklem elde etmiş çıkan sonucu elle hesaplanan ölçütler ile karşılaştırmıştır. Arada belli bir derecede farklılık olduğunu gözlemiştir. Es (1994), Haydarpaşa Limanı’ndan alınan verileri SIMAN 3.5 programına girerek limandaki yüklemeler ile alakalı 10 yıllık bir simülasyon çıkarmıştır. Bu simülasyondan; yıllık yüklenen konteyner sayısı, boşaltılan konteyner sayısı, darboğaz oluşturan gemilerin hangi tür olduğu, darboğaz oluşan rıhtımların hangisi olduğu gibi verileri tespit ederek üç farklı öneri getirmiştir. Hem maliyet olarak hem de darboğazları yok etme konusunda daha faydalı olduğunu düşündüğü önerinin uygulanmasına karar verilmiştir.

Paket program yardımı olmadan oluşturulan model ile çözüm yapılan çalışmalar da bulunmaktadır. Dinçer (2005), İGDAŞ Bakırköy vezneleri için dinamik servisli bir kuyruk modeli simüle etmek istemiştir. Mevcut durumun performans ölçütleri, matematiksel olarak kapalı bir forma dönüştürerek modelin çözümünü yapmıştır. Elde edilen algoritma ile müşterinin gelişi ve değişim bilgilerine göre servis sayılarının değiştiği bir sistem oluşturmuştur. Ramasamy ve Chua (2012), bankada işlem yapacak olan müşteri için; bankaya bir kısa mesaj göndererek geleceğini bildirmesi karşılığında bankanın müşteriye, bankanın mevcut yoğunluk durumunu göz önüne alarak hangi saatte gelmesi gerektiğini yine kısa mesajla cevapladığı bir sistem tasarlamıştır.

Sağlık sektöründe yapılan kuyruk modelleri çalışmalarında da simülasyon ile modelleme yöntemi yoğunlukla kullanılmıştır. Bu çalışmalar 2.5 başlığı altında belirtilmiştir.

2.5 Sağlık Sektöründe Kuyruk Problemlerinin Yeri

Birçok hizmet merkezinde olduğu gibi sağlık sektöründe verilen hizmetlerde de yoğunluğa bağlı olarak zaman zaman kuyruklar meydana gelmektedir. Bu kuyrukları olabildiğince azaltmak ve hizmetin işleyişinin daha verimli hale gelmesi adına çalışmalar yapılmıştır. Lakshmi ve Sivakumar (2013), bir sağlık bakımı sürecinin kuyruk modelini oluşturarak ilgili modelin ayrıntılarını bulmak isteyen analistlere yeterli bilgiyi sağlamak amacıyla 1952-2011 arasında yapılan çalışmaları incelemiştir; bu çalışmaların sağlık bakımı sürecinin hangi kategorilerinde olduğunu (acil servis departmanı, sistem kullanım oranı enbüyükleme, personel iş planlaması vb.), ne tür yayınları olduğunu (dergi, tez vb.) belirterek incelediği çalışmaların içeriği hakkında kısa kısa açıklamalar yapmıştır.

Araştırmacılardan, iyileştirme çalışmalarını yaparken paket programlardan faydalananlar olmuştur. ARENA simülasyon programı bu çalışmalar için en çok kullanılan programlardan biridir. İlikan (2014), bir vakıf üniversitesinin meme kanseri merkezinde, 30 gün boyunca kayıt altına aldığı veriler ile ARENA simülasyon programını kullanılarak hastaların akış diyagramı çıkarmıştır. Programı çalıştırarak darboğaz oluşturan aşamaların tespitini yapmıştır. Mevcut durumu iyileştirmek adına; kaynak sayılarının değiştirilmesi, mesai saatlerinin değiştirilmesi gibi durumları içeren birçok senaryo türetmiştir. Vericourt ve Jennings (2011), ABD’de bulunan William Beaumont Ordu Tıp Merkezi’nin acil durum yönetimi için yaptığı çalışmada; kimyasal, biyolojik, radyolojik, nükleer veya yüksek verimli patlayıcı bir olay sırasında hastaneye varıştaki artışlara karşılık olarak hastanenin yeteneklerini tahmin etmek için yapmıştır. ARENA simülasyon programı kullanarak gerçek hastane kaynaklarını, mevcut yatak sayısını ve diğer parametreleri içeren bir model oluşturmuştur. İsmi açıklanmayan bir hastanede, acil servisten gelen hastaların yanı sıra ameliyathaneden gelen hastalarla birlikte yatan hasta ünitesinde oluşan yoğunluk problemini çalışan Soni (2012), hastaların yatan hasta ünitesine akış sürecinde meydana gelen gecikmeyi en aza indirmek istemiştir. İki hastaneden oluşan bir ortak hastanenin, gerçek istatistiklerine dayanarak ARENA simülasyon programını kullanarak bir hasta akış modeli oluşturmuştur. Model oluşturulurken hastaların transfer politikaları geliştirilmiş ve protokollerin etkinliğini ayrıntılı olarak simülasyon modelinde test etmiştir. Yerravelli (2010), Kishwaukee Hastanesi için yaptığı iyileştirme çalışmasında ARENA simülasyon programını kullanarak servis sistemini aksatan kritik noktaların tespitini yapmıştır. Sağlık hizmetlerinin yetersiz olduğu durumlarda hastane için oluşan maliyeti

hesaplamış ve bu maliyeti düşürmek adına; IBM ILOG OPL programını da kullanarak matematiksel model yazmıştır. Çözümü yapılan model ile gün içindeki saatler baz alınarak sistemde bulunması gereken en az hemşire sayısını hesaplamıştır.

Kuyruk problemleri çözümünde, ARENA dışında da kullanılan pek çok paket program mevcuttur. Acar (2005), Ankara Ulucanlar Göz Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde gerçekleştirdiği çalışmada, muayene gününden bir gün önce telefonla alınan randevular için kuyruk problemini incelemiştir. Verileri, hastaların gözlemi (randevu süresi, geliş saati vb.) ve hastalara yapılan anketler yoluyla elde ettikten sonra Spreadsheet simülasyonunu kullanarak her poliklinikte hastaların bekleme sürelerini, hizmet sürelerini ve doktorların boş kalma sürelerini, günleri saat dilimine bölerek bulmuş ve randevu alma yöntemi ile ilgili birçok iyileştirme önemiştir. Sunucuların güvenilmez kabul edildiği ve birden fazla aşamalı servis sistemine sahip olan bir sağlık merkezinde çalışan Akhter (2008), MATLAB programını kullanarak hasta akış sistemi için seri ve paralel servis noktalarından oluşan bir kuyruk modelini nümerik biçimde geliştirmiştir. Kuyruk modelini; kan bankaları, ayakta tedavi klinikleri, acil servis odaları gibi sağlık merkezinin çeşitli alanlarında kullanılabilir biçimde oluşturmuştur.

Paket programları kullanmadan matematiksel metotlar yardımıyla çözümler de oldukça yaygındır. Tekin (2015), Devlet Hastanesi ve Özel Hastanelerinin 2010-2013 yılları arasındaki verilerini kullanarak karşılaştırılması amacıyla yapılan çalışmada, her iki hastane türü; en yoğun olan dört polikliniğini (dâhiliye, çocuk, kulak-burun-boğaz, kadın doğum) ele almıştır. Hastanelerin her polikliniği için performans ölçütleri hesaplamış; hastanelerin kendi poliklinikleri içinde, hastanelerin genel durumlarının yıllara göre ve Özel hastane ile Devlet hastanesi arasındaki kuyrukta bekleme süreleri, etkinlik oranları gibi performans ölçütlerini karşılaştırmıştır. Hastanenin etkinliğini önemli bir biçimde etkileyen medikal ekipmanların kullanımını inceleyen Lu ve Guan (2012), hastaların kuyruk sırasına sabır gösterdiği ortalama bekleme süresi ve tıbbi cihazların boşta kalma oranını oluşturulacak model ve modelin çözümü için en önemli iki indeks olarak belirlemiştir. Bir hastanedeki bebek ultrason cihazı için hastaların aldığı hizmeti ele alan uygulama; çok kanallı ve tek kanallı sistemler için performans ölçütlerini hesaplamış ve hastanenin ultrason cihazındaki hizmetlerde tek kanallı kuyruk sistemine geçmesini önermiştir. Vass ve Szabo (2015), Mures Country/Romanya'da bir hastanenin acil departmanı için yaptıkları kuyruk çalışmasında, uzun bekleme sürelerinde hastaların davranışlarını ve kuyruğa ne kadar sabır gösterdiğini öğrenmek adına 2.195 kişiye 2010-2012 yılları arasındaki süreçte anket yapmıştır. Üç yılda gelen 51.458 kişinin verilerini kullanılarak sistemin performans ölçütlerini hesaplamış ve sağlık personelinin sabit sayıda kalması yerine dinamik olarak belirlenmesi gerektiğini önermiştir. Bir kent hastanesinin acil

bölümünde, hastaların servis görmeden ayrılmasını engellemek için personel sayısının değiştirilip değiştirilmeyeceğini tespit etmek için araştırma yapan Green vd. (2006), hastaların geliş yoğunluklarına göre sistemin hafta sonu ve hafta içi olarak iki kategoride ele alınmasını gerektiğini ve saatlik bazda yaşanan yoğunlukları da grafiksel olarak göstererek hastanenin kaynak planlamasını buna göre yapmasını önermişlerdir. Gorunescu vd. (2002), ismi açıklanmayan bir hastanede oluşturduğu kuyruk modeli ile hastanenin vereceği hizmet için kabul edilebilir gecikme olasılığını oldukça düşük tutarak boş kalan yatakların hastaneye maliyeti, gecikmiş hastaların hastaneye olan maliyetine karşı dengelemek adına ortalama maliyeti optimize etmeye çalışmıştır. Optimize edilen maliyete göre de hasta için en uygun sayıdaki yatak sayısını belirlemiştir. Nijerya’da bulunan iki tane hastanenin acil servis bölümünde oluşan kuyruk problemini ele alan Olorunsola (2014); gün içinde acile gelen hasta sayısı, yatakların ortalama doluluk oranı ve yatan hastaların ortalama yatış süresini elde edip bunlara bağlı olarak acil serviste hastaların kuyrukta hiç beklememesi adına ne kadar yatak gerektiğini hesaplamıştır. Arslan (2011), İstanbul’da bulunan bir üniversite hastanesinin iç hastalıkları genel dâhiliye bölümünde yaptığı çalışmada hastaların randevu aldıktan sonra ortaya çıkan gecikmeler, zaman kayıpları ve buna neden olan problemlerin olası sebeplerini araştırmıştır. Altı tane polikliniği bulunan bölümün, her polikliniği için ayrı ayrı performans ölçütlerini hesaplamış; polikliniklerde haftanın hangi günü hangi saatlerinin daha yoğun olduğunu, polikliniklerde ortaya çıkan özel durumları açıklamış ve buna göre yapılabilecek iyileştirmeleri önermiştir. Roumani (2013), adı açıklanmayan bir hastanenin yoğun bakım ünitesinde, hayatın kaybetme olasılığı yüksek olan hastaları belirlemek ve bu hastaların uygun biçimde bakım almalarını sağlamak amacıyla anlık veya gecikmeli geri bildirimleri göz önünde bulundurarak hasta akışlarının simülasyonunu oluşturmuştur. Kurulan simülasyon model, hasta akışlarının farklı senaryolarını test ederek hasta bekleme sürelerini azaltmış, en uygun yatak ve personel sayısını tahsis etme stratejileri için önemli bir bilgi sağlamıştır. California’da bulunan bir medikal servis ünitesinde gerekli olan hemşire sayısının tespiti için araştırma yapan Vericourt ve Jennings (2011), gecikmeye bağlı hizmet süreleri, genel servis süreleri ve hasta sayısının heterojen olarak dağıtılması gibi konjonktürleri göz önüne alarak; olumlu hasta geri bildirimlerinin çoğaltmanın yolunun hemşire sayısını arttırmak olduğunu bulmuşlardır. Bastani (2009), British Columbia Üniversite Hastanesi’nin medikal servislerinde ve acil bölümünde artan bekleme süresi ve gerekli yatak sayısının altında yatak bulunması problemlerinin çözümü için uğraşmıştır. 2006-2007 seneleri verilerini kullanarak gerekli olan yatak ve personel sayısını bulmuş ancak bunun yanında ileriki seneler için bu sayıların değişmesi gerekebileceğinden,

yeni sayıları hesaplamak için projeye birtakım geliştirmeler eklenmesi zorunluluğunu da belirtmiştir.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

SİMÜLASYON METODU İLE BİR DİŞ HASTANESİNDE KUYRUK MODELİ UYGULAMASI

3.1. Araştırmanın Amacı ve Kapsamı

Hastaneler, genel olarak sunulan servisin olabilecek en hızlı şekilde verilmesi gereken hizmet birimlerinin başında yer alır. Hastanelere olan talebin yoğunluğu da her zaman belirli bir düzeyde kuyruk problemini ortaya çıkarmıştır. Hastalara mümkün olan en çabuk hizmeti vermenin yanında, bu hizmeti verirken hastane kaynaklarını olabildiğince etkin ve optimum kullanmak da hastane için ortaya çıkacak maliyetin bir problem olmasını engellemek adına önemlidir.

Diş hastaneleri, istisnai durumlar dışında hayati risk taşıyan hastaların gelmediği ancak gelen hastaların yoğunluğu ve oluşan kuyruklar sebebiyle muayene sürecinin işleyişinde aksamaların görüldüğü yerlerdir. Ayrıca oluşan kuyruk ile birlikte bekleme alanı oldukça kalabalık olarak gözükmekte olup bu durum da gelen hastalar açısından hastanenin itibarını zedelemektedir. Bu araştırma, Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Hastanesi'nde, hastaların geldiklerinde ilk olarak hizmet aldığı birim olan ve yapılması gereken tedavilerin teşhisinin yapıldığı "Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi" bölümünde yapılmıştır. Ağız, diş ve çene radyolojisi bölümüne gelen hastaların hastaneye, önceden bir randevu almadan gelmesi nedeniyle hasta gelişlerinin belirsiz oluşu ve bu aşamadan sonra yapılacak tüm tedavilerin temel noktası olması bu bölümü diğer hastane bölümlerine göre farklı kılmıştır. Bu sebepten dolayı Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Bölümü seçilmiş olup; hastaların muayene esnasında geçirdikleri süreçle ilgili olan veriler toplanarak kurulan kuyruk modeli ile burada problem olarak ortaya çıkan hastaların bekleme sürelerini mevcut durumdan daha aza indirmek ve bölüm kaynaklarının daha etkin kullanılmasını sağlayarak günlük hizmet alan hasta sayısını arttırmak ve buna yönelik işgücü planlaması yapmak çalışmanın amacını oluşturmuştur.

Çalışmanın yapıldığı Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Hastanesi, Akdeniz Üniversitesi bünyesinde 27 Eylül 2010 tarihinde bakanlar kurulu kararıyla kurulmuştur. Açılma tarihinden itibaren yapılan araştırmalar sonucunda ve ülkemizdeki diğer Diş Hekimliği Fakültelerinin akademik yapıları incelenerek Temel ve Klinik Diş Hekimliği Bilimleri Bölümlerinin açılmasına karar verilmiştir. Klinik Diş Hekimliği Bilimleri Bölümü altında sekiz anabilim dalı kurulmuştur. Bu anabilim dalları; Ağız Diş ve Çene Cerrahisi, Ağız Diş ve Çene Radyolojisi, Diş Hastalıkları ve Tedavisi, Endodonti, Ortodonti, Pedodonti, Periodontoloji ve Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dallarıdır. Fakültede ikisi profesör, 11'i doçent olmak üzere

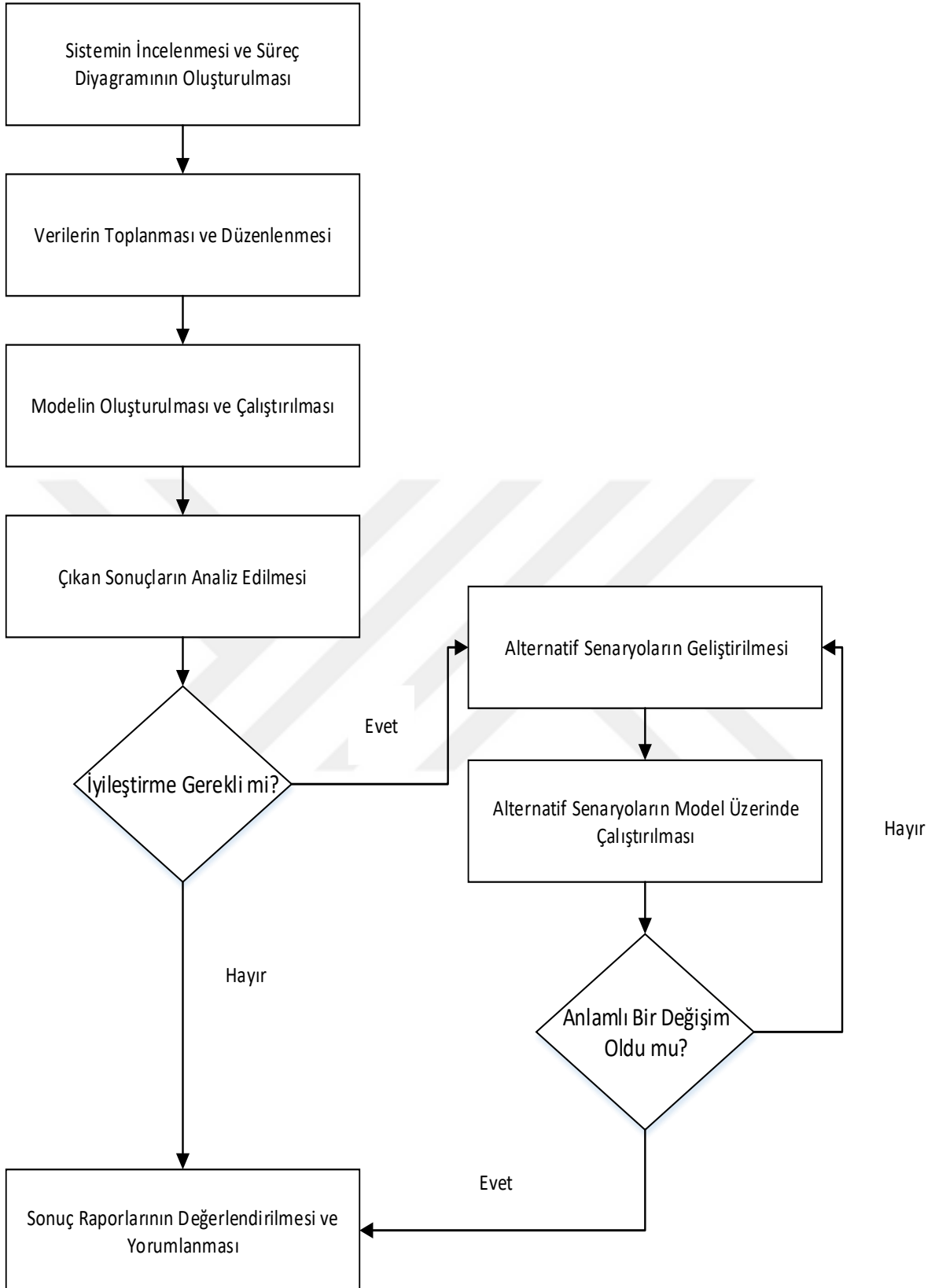
toplam 101 kişi sağlık hizmeti vermektedir.

(<http://dishekimlik.akdeniz.edu.tr/fakulte/hakkimizda/>, erişim tarihi: 09/04/2019)

Araştırma için seçilen ağız, diş ve çene radyolojisi bölümü; ağız, diş, çene kliniği ve radyoloji kliniği olmak üzere iki ayrı klinikten oluşmaktadır. Ağız, diş ve çene kliniği ortaya çıkan hastalıkların teşhisi ile ilgilenmektedir. Oluşan bu hastalıkların teşhis ve tedavilerinde genellikle görüntülenmesi de gerekli olmaktadır, bu görüntülemeler ile birlikte diğer kliniklerin ihtiyacı olan radyografi ihtiyaçları da radyoloji kliniğinde karşılanmaktadır (<http://dishekimlik.akdeniz.edu.tr/anabilim-dallari/agiz-dis-ve-cene-radyolojisi/>, erişim tarihi: 09/04/2019). Ağız, diş ve çene radyolojisi bölümünde ikisi doktor öğretim üyesi beşi araştırma görevlisi toplam yedi sağlık personeli görev almaktadır. Bunun yanı sıra fakültenin beşinci sınıf öğrencilerinden iki kişi öğleden önce ve fakültenin dördüncü sınıf öğrencilerinde dört kişi de öğleden sonra ağız, diş ve çene kliniğine gelerek sağlık hizmetine katkıda bulunmaktadır.

3.2. Araştırmanın Adımları ve Uygulama Sonuçları

Ağız, diş ve çene kliniğinde gerçekleştirilen araştırmada izlenen metodolojik adımlar Şekil 3.1’de verildiği gibidir. Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Hastanesi’ne gelen hastaların ilk muayenesi yapılırken geçtikleri aşamalar incelenerek süreç diyagramı oluşturulmuştur. Oluşturulan diyagrama göre çalışmanın yapılabilmesi için gereken veriler belirlenmiş ve toplanmıştır. Ham veriler ARENA programının Input Analyzer menüsünde dağılım uygunluk testine tabi tutularak kurulan simülasyon modele eklenmiş ve model çalıştırılmıştır. Çıkan sonuçların analiziyle mevcut sistem işleyişine alternatif işleyişler türetilip türetilmeyeceği değerlendirilmiş ve yapılan değerlendirmeler ışığında belirlenen senaryolarla simülasyon modeli tekrar çalıştırılmış; çıkan sonuç ilk durumdaki sonuç ile karşılaştırılarak anlamlı bir değişiklik olup olmadığı kontrol edilmiştir. Araştırma, çalışmanın genel olarak yorumlanması ve sonuç raporlarının değerlendirilmesi ile tamamlanmıştır. Bu adımlar aşağıda alt başlıklar halinde detaylı biçimde anlatılmıştır.

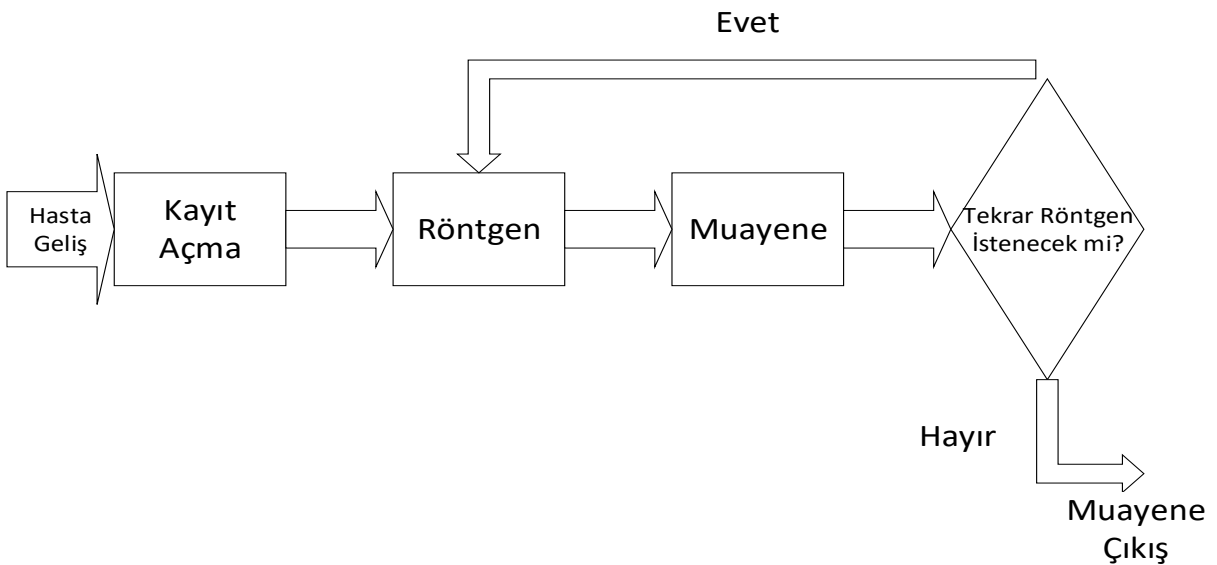


Şekil 3.1 Çalışmada İzlenen Metodolojik Adımlar

3.2.1. Sistemin İncelenmesi ve Problemin Belirlenmesi

Hastane her gün 08:00 – 17:00 saatleri arasında hizmet vermektedir. 12:00 – 13:00 arasında öğle arasına çıkan çalışanlar bir günde toplam sekiz saat mesai yapmaktadır. Hastaneye muayene olmak için gelen hasta danışma bürosunda kayıt açtırmaktadır. Kayıt açtıran hasta muayeneden önce çekilmesi gereken film için röntgen sırası beklemektedir. Röntgeni çektiren hasta muayene için tekrar sıra beklemeye başlamaktadır. Muayenesi biten hasta için iki alternatif durum söz konusudur. Bunlardan ilki, hastanın dişinde ağrıya sebep olan rahatsızlığın teşhisi yapılarak tedavisi için gitmesi gereken bölüme (Endodonti, ortodonti... vd.) yönlendirilmesidir. İkincisi ise eldeki mevcut röntgen filmi ile teşhis yapılamadıysa daha hassas bir görüntü alınması için hastanın tekrar röntgen bölümüne gönderilmesidir. İkinci kez film çektiren hastaya muayenehanede teşhisi konulmakta ve hasta tedavi için belirlenen bölüme yönlendirilmektedir. Muayene için gelen 65 yaş üstü veya engelli kişiler gibi özel duruma sahip olanlara röntgen ve muayene sırasında öncelik tanınmaktadır. Ayrıca tekrar röntgen çektirmek zorunda kalan hastalar da belirli bir önceliği sahip olmaktadır.

Hastanede danışma bölümünde iki tane kayıt açma personeli, röntgen bölümünde iki tane panoramik ve iki tane periapikal (ayrıntılı) röntgen cihazı ile iki diş hekimliği fakültesi stajyer öğrenci, muayene bölümünde günün öğleden önceleri ve öğleden sonraları için değişiyor olmakla birlikte toplam altı tane stajyer öğrenci ve iki tane asistan doktor görev yapmaktadır.



Şekil 3.2 Hastanın Genel Muayene Süreci

Hastanede yapılan gerek gözlemler gerekse personelle yapılan görüşmeler sonucunda, muayene süresi boyunca toplam üç işlem yerinden (ikisi röntgen çekirme ve biri genel muayene) geçmekte olan hastaların bu bölümlerde –özellikle mesainin ilk saatlerinde- kuyrukta beklemek zorunda kaldıkları tespit edilmiştir. Mevcut problemin, kapasite yetersizliği veya kapasitenin verimli olarak kullanılmamasından dolayı ortaya çıkmış olacağı düşünülecek oluşturulan simülasyon modeli üzerinde değişiklikler yapılarak kuyruk probleminin çözümü için çalışılmıştır.

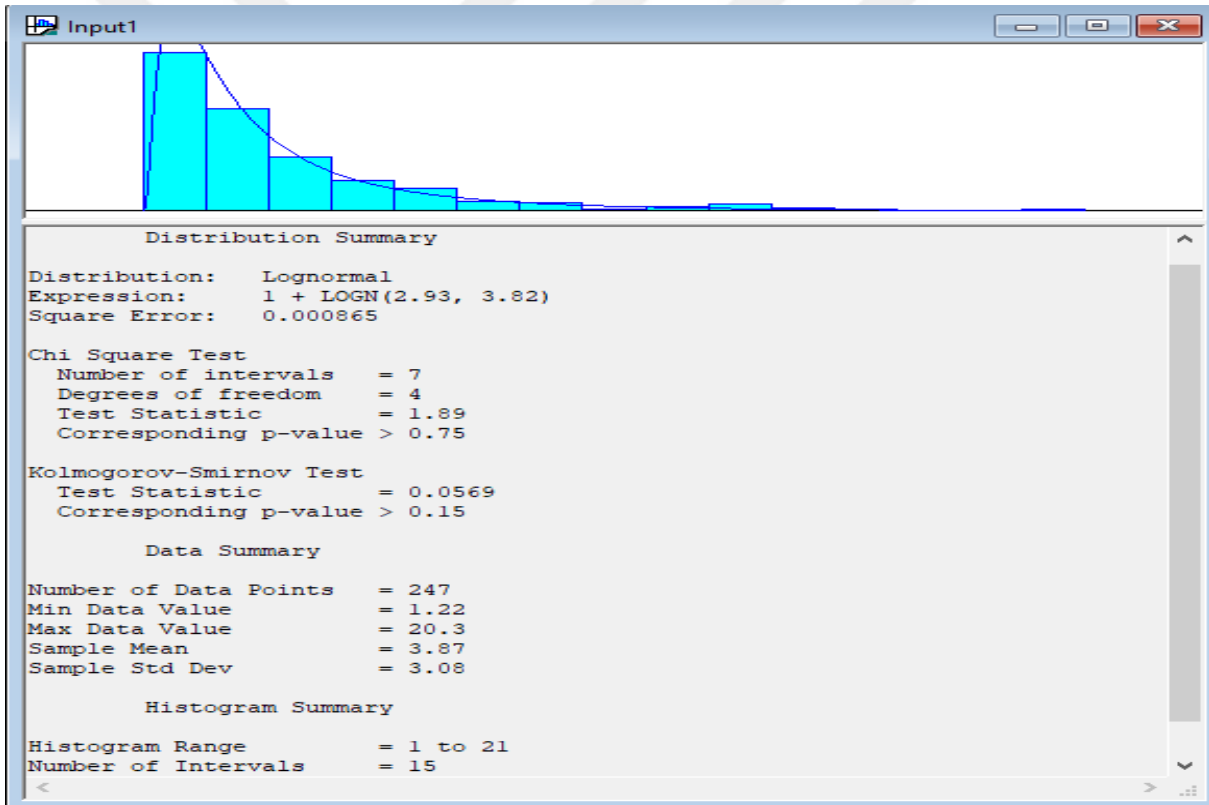
3.2.2. Sürece Dair Verilerin Toplanması

Veriler hem süreç içinde görev alan personellerle mülakatta bulunularak hem de işleyişin gözlemlenmesi ile elde edilmiştir. Hastaların Mart, Nisan ve Mayıs 2018 aylarında muayene için hastaneye geliş saatleri fakülte bilgi işlem biriminden istenerek elde edilmiştir. Bu veriler, iki hasta arasındaki gelişlerin arasında ne kadar süre geçtiğinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Hastaların hastaneye gelişlerinde muayene olmak için kayıt açtığı danışma bölümünde, bir gün boyunca kayıt açma işleminin süreleri tutulmuş bununla birlikte bölümde görevli personel ile mülakat yapılmıştır. Röntgen çekiminin yapıldığı radyoloji bölümünün fiziki yetersizliğinden dolayı burada işlem süreleri ile ilgili gözlem yapılamamış; röntgen çekim süreci işleminin süresi, hasta alım sıralamasının nasıl yapıldığı ve bölümde kaç kişinin çalıştığı hakkında bilgiler görevli sağlık personelinde edinilmiştir. Hastaların muayene olduğu klinikte ise Mart-Mayıs 2018 tarih aralığında haftanın farklı gün ve farklı saat dilimlerinde gözlem yapılarak buradaki işlem süreleri tespit edilmiştir. Tespit edilen süreler klinikte çalışan sağlık personelleriyle de değerlendirilerek süreç verilerinin güvenilirliği kontrol edilmiştir. Modelin kurulması için gerekli diğer veriler ise fakültenin sağladığı olanak doğrultusunda, kayıt altına alınan belgelerden elde edilmiştir.

3.2.3. Verilerin Kontrolü ve Düzenlenmesi

Fakültenin bilgi işlem biriminden alınan hastaların geliş zamanlarına ait ham veriler öncelikle haftanın günlerine göre ayrılarak günler arasında hasta geliş zamanlarının anlamlı bir farklılık oluşturup oluşturmadığı incelenmiştir. Benzer bir tasnifleme günün; 08:00-10:00, 10:00-12:00, 13:00-15:00 ve 15:00-17:00 zaman dilimleri için de yapılmıştır. Haftanın farklı günleri arasında hasta geliş zamanlarının çok büyük değişiklik göstermediği saptanırken bölünen zaman dilimlerine göre ise oldukça farklı sonuçların çıktığı görülmüştür. Günün ilk çeyrek diliminde gün boyunca gelen hastaların neredeyse yarısının hastaneye gelerek kayıt açtığı, bu sayının günün ikinci ve üçüncü çeyrek diliminde düştüğü belirlenmiştir. Dördüncü çeyrek diliminde iyice düşen gelen hasta sayısı bazı günlerde sıfıra yaklaşmıştır. Bu yüzden,

tek bir gelişler arası süre farkı hesaplamak yerine, günün farklı zaman dilimlerine denk gelen dört farklı gelişler arası süre farkı hesaplanmıştır. Alınan ham verilerden rastsal seçim yapılmamış; daha önceden işlenmiş olan “haftanın farklı günlerine göre gelen hasta sayıları” verilerine bakılarak birbirleri arasında belirli bir düzeyde gelen hasta sayısı farkı olan günler özellikle seçilmiştir. Böylece hesaplanacak olan hastaların gelişler arası süre farkı değerinin, daha kapsayıcı ve güvenilir bir veri olması sağlanmıştır. 08:00-10:00 zaman dilimlerinde gelen hastaların gelişler arası süre farkını hesaplamak ve gelişlerinin hangi dağılıma uygun olduğunu test etmek için; 01.03.2018, 05.03.2018, 07.03.2018, 09.03.2018, 03.04.2018, 05.04.2018, 24.04.2018, 26.04.2018, 07.05.2018, 08.05.2018, 10.05.2018 ve 23.05.2018 tarihleri seçilmiştir. Bu tarihlerde gelen hastaların geliş süreleri arasında kaç dakika fark olduğu hesaplanmış ve çıkan sonuçlar ARENA programının Input Analyzer menüsünde dağılım uygunluk testine sokulmuştur.

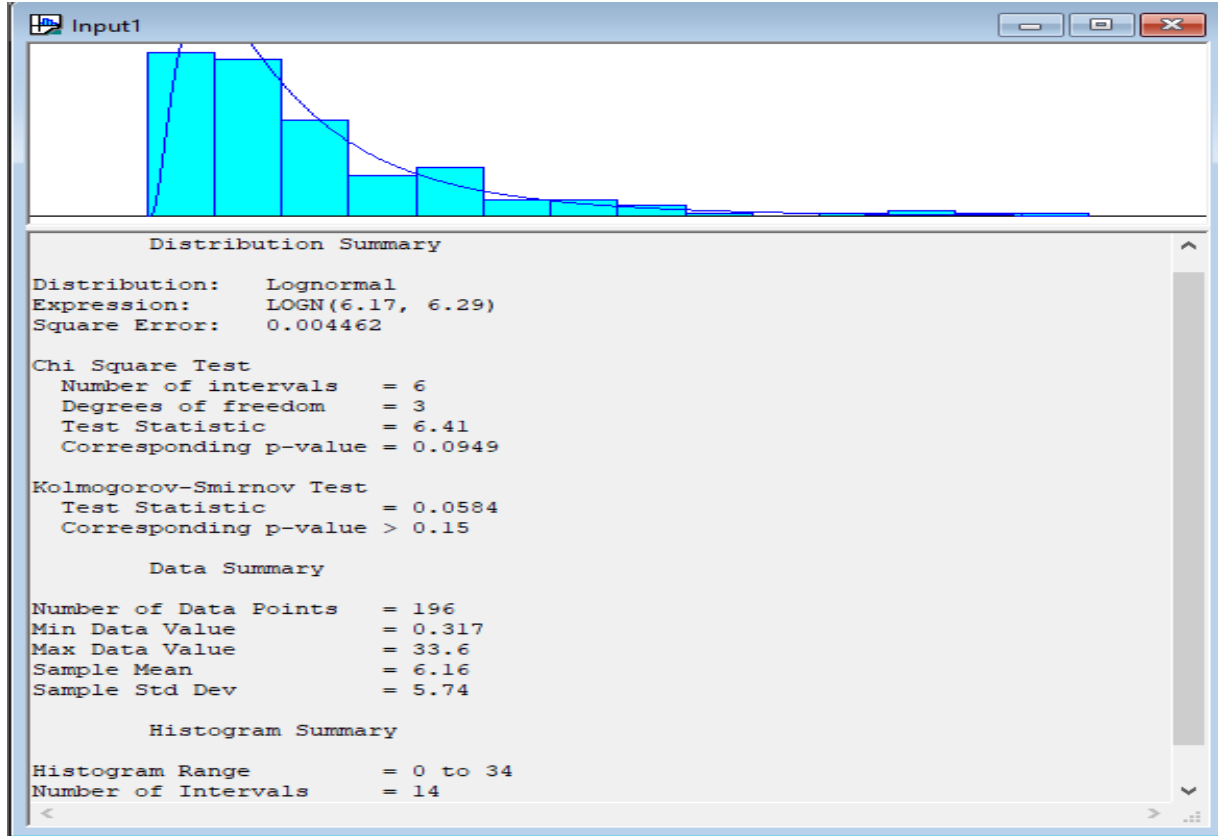


Şekil 3.3 08:00-10:00 Zaman Diliminde Gelen Hastaların Gelişler Arası Sürelerinin (Dakika Cinsinden) Analizi

Şekil 3.3’teki 08:00-10:00 zaman dilimlerinde gelen hastaların gelişler arası sürelerinin analiz çıktısına göre bu dilimde hasta gelişleri, denklemi $1 + \text{LOGN}(2.93, 3.82)$ olan “Lognormal” dağılımına uymaktadır.

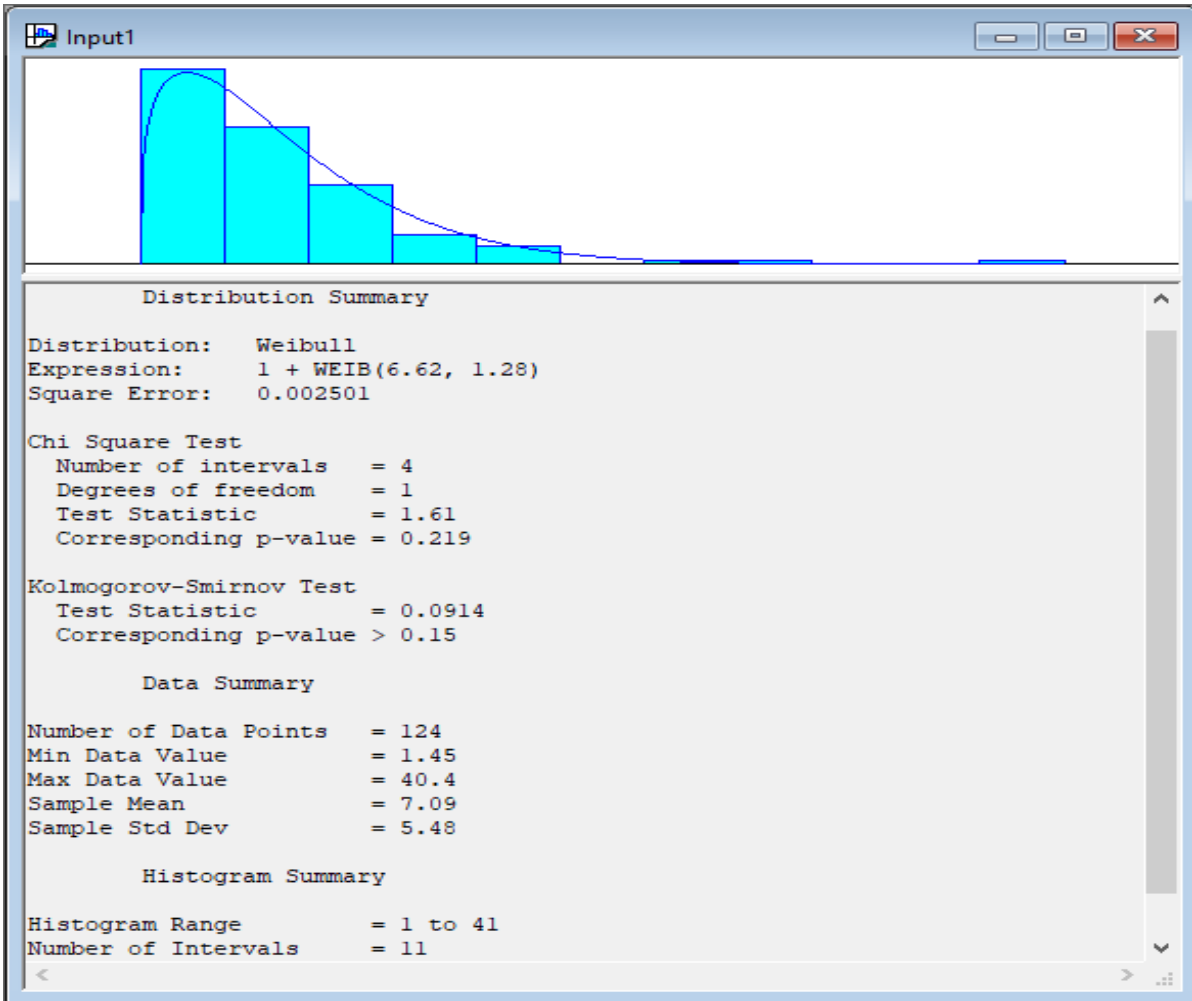
10:00-12:00 zaman diliminde gelen hastaların dağılımını hesaplamak için; 02.03.2018, 05.03.2018, 06.03.2018, 08.03.2018, 12.03.2018, 13.03.2018, 02.04.2018, 03.04.2018,

05.04.2018, 06.04.2018, 24.04.2018, 25.04.2018, 27.04.2018, 08.05.2018, 10.05.2018, 22.05.2018, 24.05.2018 tarihleri seçilmiştir. Analiz sonucu Şekil 3.4’te gösterilmiş olup bu saat diliminde de gelişlerin, logaritmik ortalaması 6.17; logaritmik standart sapması 6.29 olan “Lognormal” dağılımına uygun olduğu görülmüştür.



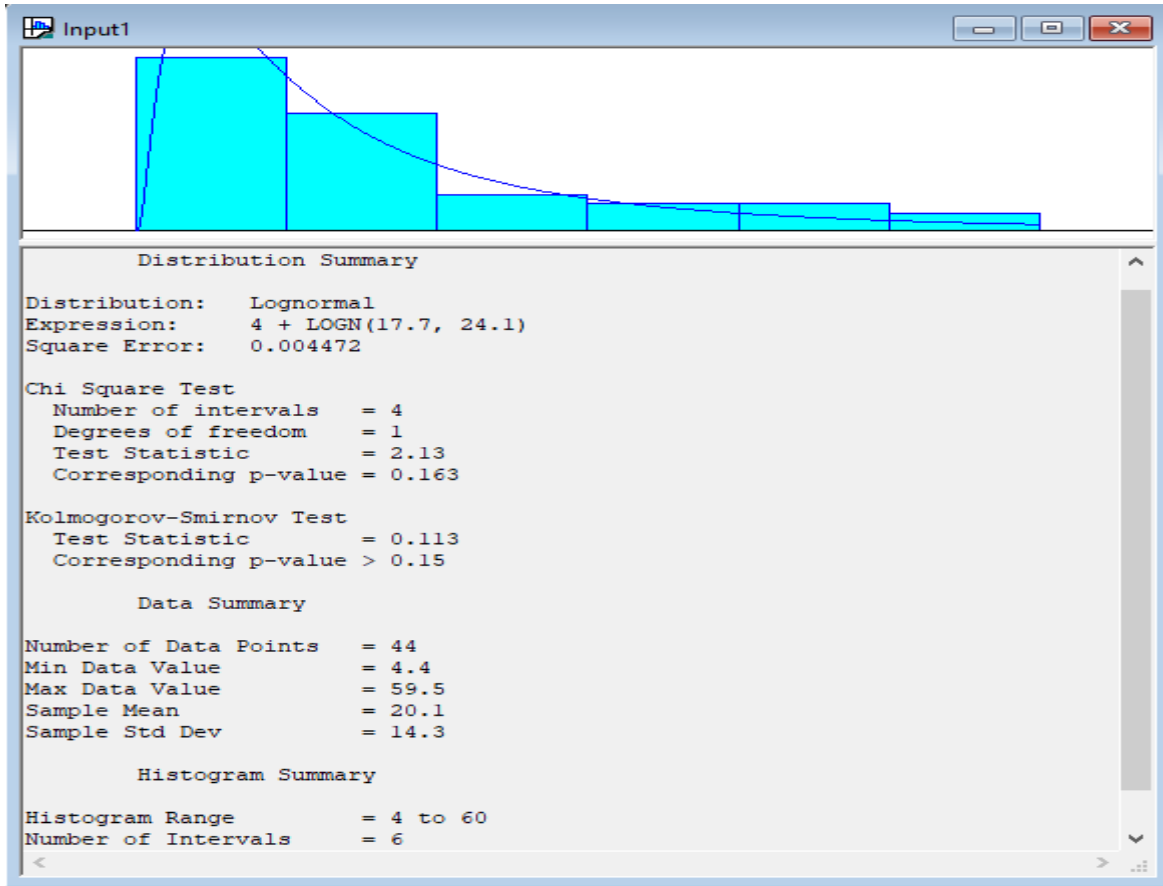
Şekil 3.4 10:00-12:00 Zaman Diliminde Gelen Hastaların Gelişler Arası Sürelerinin (Dakika Cinsinden) Analizi

02.03.2018, 05.03.2018, 07.03.2018, 08.03.2018, 12.03.2018, 02.04.2018, 04.05.2018, 06.04.2018, 24.04.2018, 26.04.2018, 07.05.2018, 08.05.2018, 21.05.2018 ve 23.05.2018 tarihleri; 13:00-15:00 zaman dilimindeki gelişlerin nasıl bir dağılıma sahip olduğunu tespit etmek amacıyla seçilmiştir. Şekil 3.5’te gösterilen analiz sonucuna göre bu zaman dilimindeki gelişlerin, denklemleri $1 + WEIB(6.62, 1.28)$ olan “Weibull” dağılımına uygun olduğu görülmüştür.



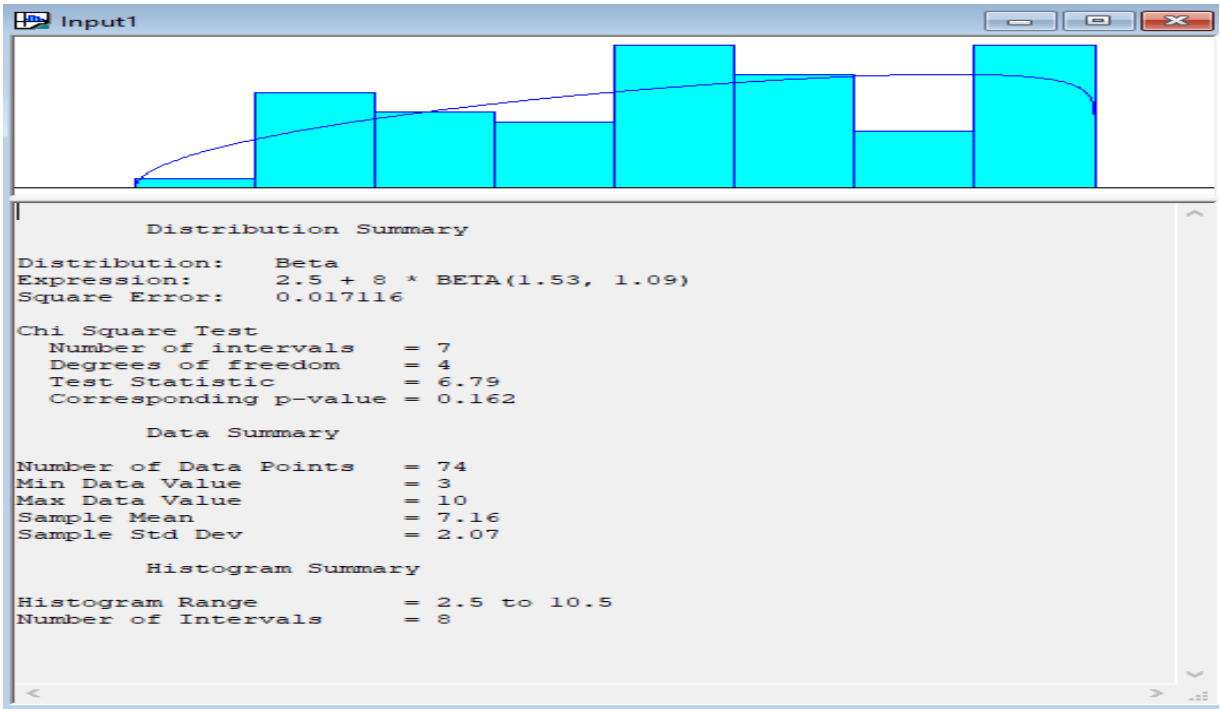
Şekil 3.5 13:00-15:00 Zaman Diliminde Gelen Hastaların Gelişler Arası Sürelerinin (Dakika Cinsinden) Analizi

15:00-17:00 zaman dilimi için ise 02.03.2018, 06.03.2018, 08.03.2018, 12.03.2018, 13.03.2018, 03.04.2018, 04.04.2018, 26.04.2018, 07.05.2018, 09.05.2018, 21.05.2018, 22.05.2018 ve 23.05.2018 tarihlerindeki gelişler arası süreler kullanılarak dağılım uygunluk testi yapılmıştır. Çıkan sonuçların analizi Şekil 3.6'da görüldüğü üzere, bu zaman dilimindeki gelişler, denklemleri $4 + \text{LOGN}(17.7, 24.1)$ olan "Lognormal" dağılıma uymaktadır.

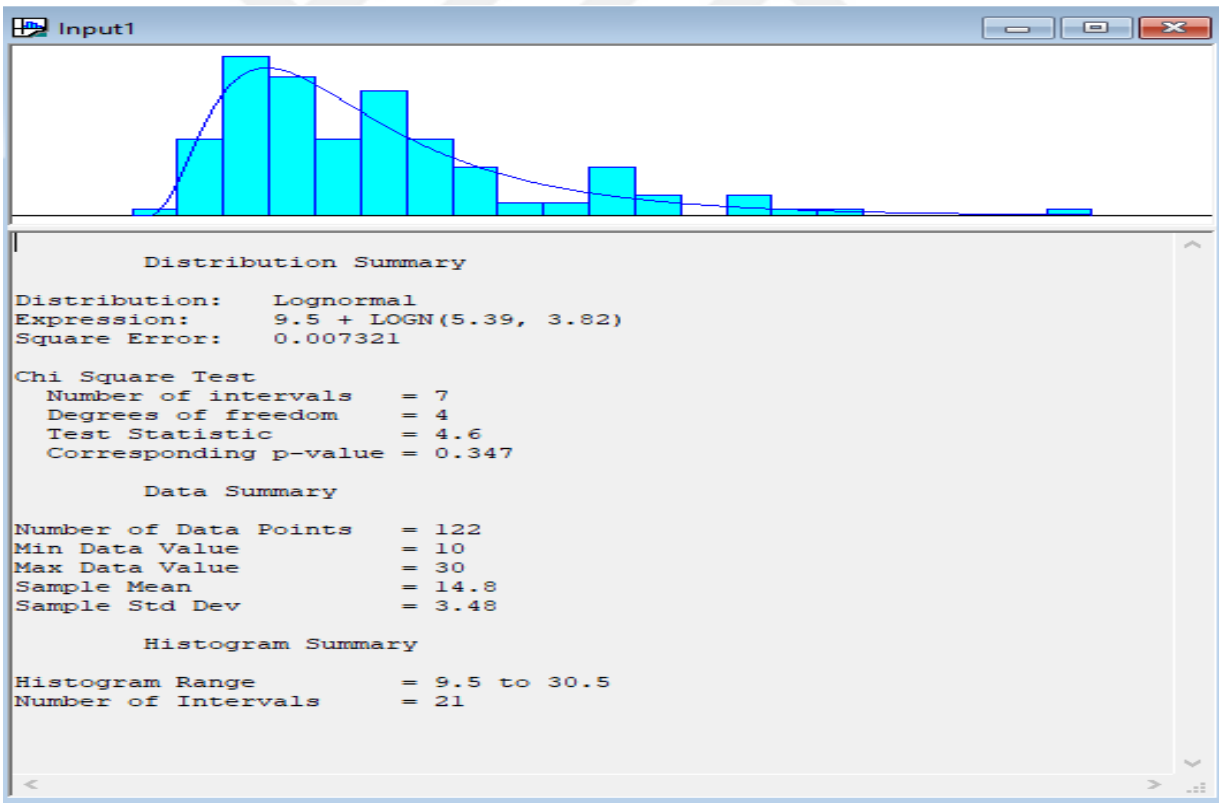


Şekil 3.6 15:00-17:00 Zaman Diliminde Gelen Hastaların Gelişler Arası Sürelerinin (Dakika Cinsinden) analizi

Hastaların muayene esnasında geçirdikleri süreler; 15.03.2018, 21.03.2018, 20.03.2018, 26.03.2018, 28.03.2018, 02.04.2018, 10.05.2018 tarihlerinde yapılan gözlem sonucunda elde edilmiştir. Haftanın farklı günlerinin ve farklı zaman dilimlerinin getirebileceği etkiler düşünülerek muayene sürelerinin gözlemi buna uygun biçimde yapılmıştır. Asistan doktorların muayene sürelerinin dağılımı, denklemi $2.5 + 8 \cdot \text{BETA}$ (1.53, 1.09) olan “Beta” dağılımına, stajyer öğrencilerin muayenelerin sürelerinin dağılımı ise, denklemi $9.5 + \text{LOGN}(5.39, 3.82)$ olan “Lognormal” dağılımına uygun olduğu Şekil 3.7 ve Şekil 3.8’ de gösterilen analiz sonuçlarına göre belirlenmiştir.



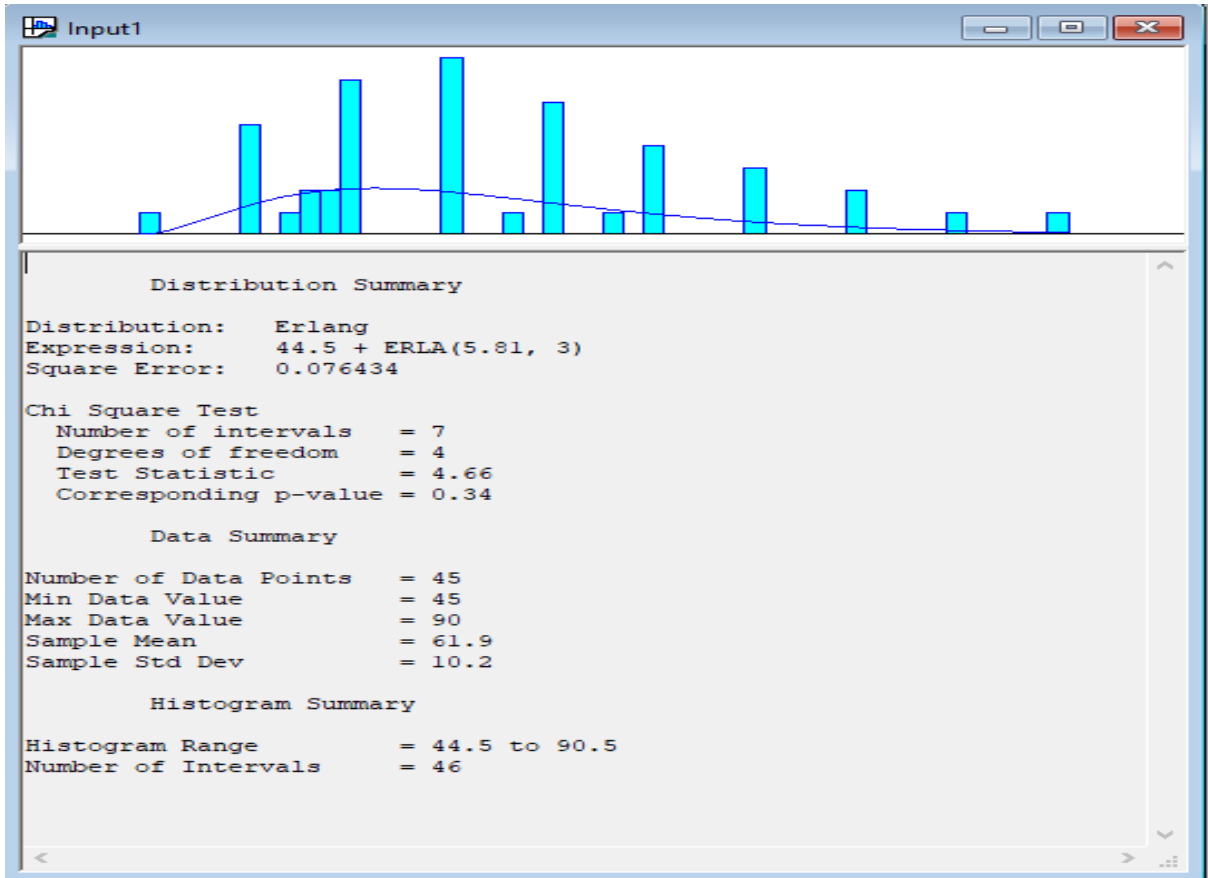
Şekil 3.7 Asistan Doktorların Muayene Sürelerinin (Dakika Cinsinden) Analizi



Şekil 3.8 Stajyer Öğrencilerin Muayene Sürelerinin (Dakika Cinsinden) Analizi

İlk muayene için gelen hastaların kayıt açtırma süreleri 04.04.2018 tarihinde tutulan veriler ile sağlanmıştır. Danışma bölümünde ilk muayene için gelen hastalar dışında diğer

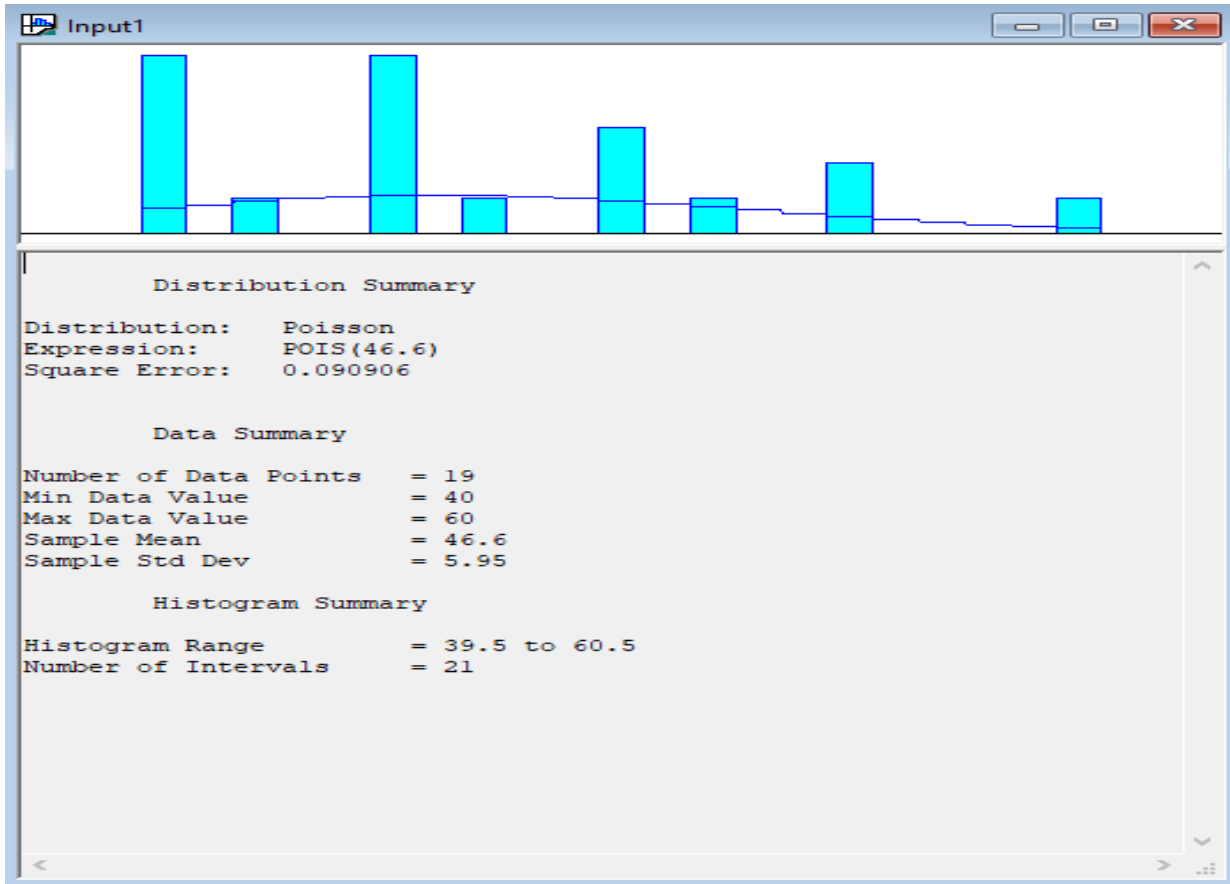
bölmelere tedavi için gelen hastalar da kayıt açtırmaktadır. Bu işlemlerin de süreleri tutulmuştur.



Şekil 3.9 Genel Muayene İçin Gelen Hastaların Kayıt Açırma Sürelerinin (Saniye Cinsinden)

Şekil 3.9’da gösterilen analiz sonuçlarına göre hastaların kayıt açırma süreleri, denklemi $44.5 + \text{ERLA}(5.81, 3)$ olan “Erlang” dağılımına uymaktadır.

Diğer bölümlere tedavi için gelen hastaların kayıt açırma sürelerinin analizi de Şekil 3.10’da gösterilmiştir. Bu işlemin, ortalaması 46.6 saniye olan “Poisson” dağılımına uygun olduğu görülmüştür.



Şekil 3.10 Diğer Bölümlere Tedavi İçin Gelen Hastaların Kayıt Açırma Sürelerinin (Saniye Cinsinden)

Röntgen işlemi için radyoloji bölümünde görev yapan sağlık personelinden edinilen bilgiye göre; panoramik röntgen cihazında yapılan çekimlerin yaklaşık üç dakika; periapikal röntgen cihazında çekilen röntgenlerin 40-50 saniye sürdüğü öğrenilmiştir. Bu bilgi ışığında, belirtilen süre değerleri “Normal” dağılıma uygun bir biçimde düzenlenmiştir.

Modelin çalıştırılması için gerekli olan diğer verilerin tespiti, hastane yönetimi ve görevli sağlık personelinin sağladığı bilgi ve belgeler doğrultusunda yapılmıştır.

3.2.4. Simülasyon Modelinin Oluşturulması ve Çalıştırılması

Sürecin bazı değişkenleri (hasta gelişleri, hastaların muayene süreleri, gelen hastanın tipi... vd.) günün belirli saatlerinde bile gözle görülür bir farklılık gösterebiliyor olmasından dolayı bilinen kuyruk modelleri ve çözümleri bu araştırmanın yapılabilmesi için yeterli olmamıştır. Bu yüzden araştırma, ARENA paket programının modülleri kullanılarak kesikli olay simülasyonu ile yapılmıştır.

Hasta gelişleri ARENA'nın “Create” modülü ile oluşturularak gelişler arası süre değerleri modüle girilmiştir. Hastaların hastanede ne kadar süre geçirdiklerinin kayıt altına alınması amacıyla “Assign” modülü kullanılarak hastaların hastaneye geliş zamanları

tutulmuştur. Varlıkların geçtiği süreçleri göstermede kullanılan “Process” modülü ile hastaların kayıt açma işlemi gösterilmiştir (Şekil 3.11).



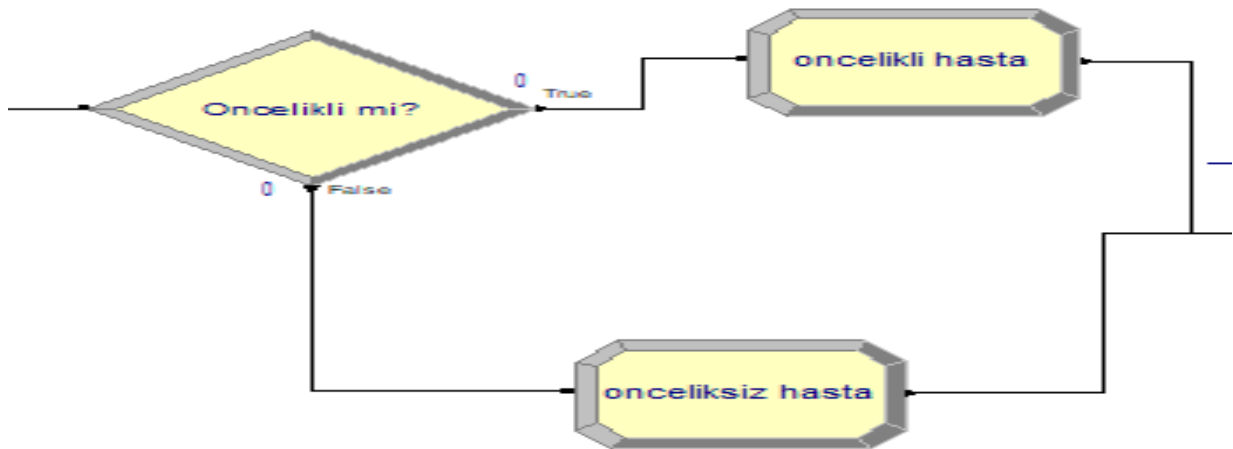
Şekil 3.11 Simülasyon Modelinde Gelişler

Burada hasta gelişleri tanımlanırken sadece bir tane değil; günün farklı saat dilimlerinde hastalar farklı hızlarda geldiği için dört ayrı gelişler arası süre dağılımı belirtilmiştir. Bu durumu modele eklemek için, “Create” modülünün tek başına yeterli olmamasından dolayı ayrıca sahte bir giriş çıkış sistemi kurulmuştur (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 Simülasyon Modelinde Hastaların Gelişler Arası Dağılımlarının Belirtilmesi İçin Oluşturulan Sahte Sistem

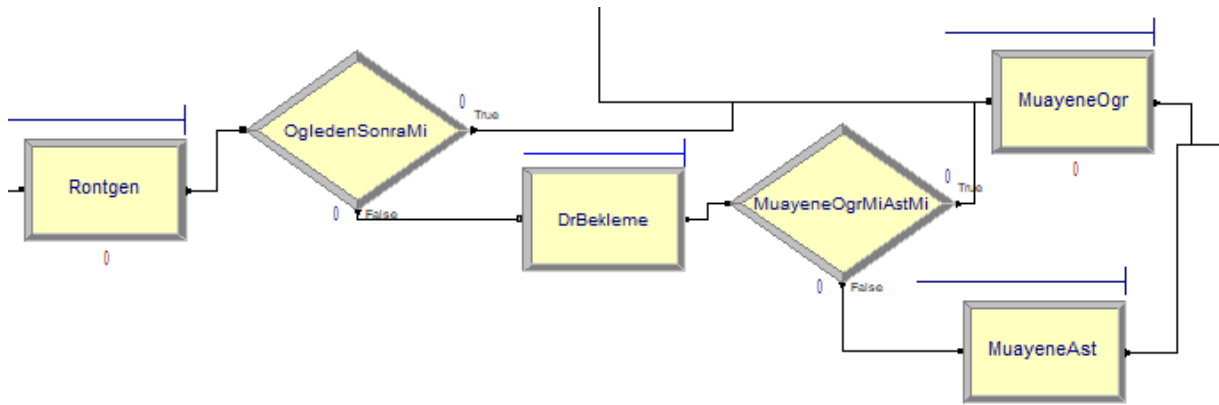
Hastaneye 65 yaş üstü hastalar, engelli hastalar ve buna benzer şekilde kuyruk sırasında öncelik gösterilmesi gereken kişiler gelmektedir. “Decide” modülü ile gelen öncelikli hastaların yüzdesel değeri girilmiş ve “Assign” modülü kullanılarak bu hastalara öncelik değeri atanmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13 Simülasyon Modelinde Hastaların Öncelik Durumunun Belirlenmesi

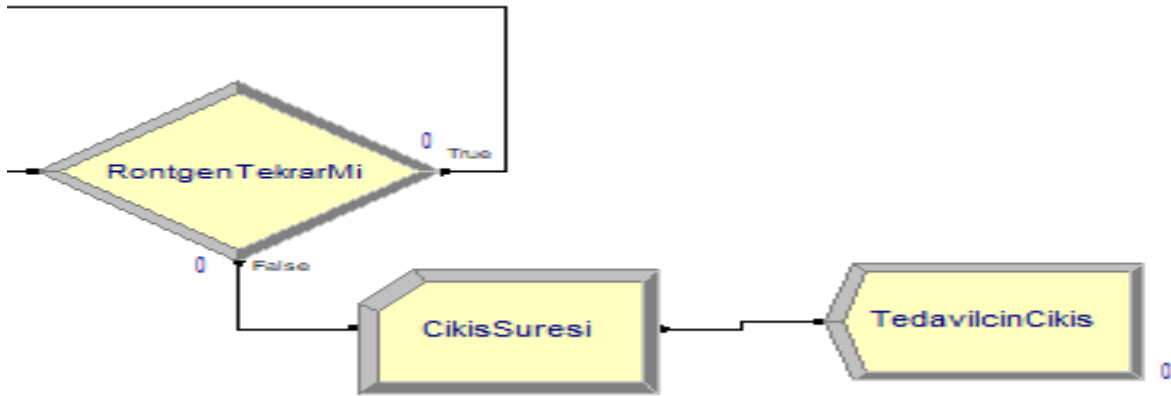
Öncelik ataması yapılan hasta buna göre röntgen sırasına girer ve röntgen çektirme işlemini tamamlar. Muayene işleminin modele eklenmesinden önce belirlenmesi gereken

birtakım karar atamaları mevcuttur. Öncelikle simülasyon saatinin öğleden önce mi yoksa sonra mı olduğu “Decide” modülü ile tanımlanır. Öğleden önce veya sonra olması, muayene kliniğinde çalışan sağlık personelinin sayısını değiştirmektedir. Öğleden sonra gelen hastalar için tek bir sağlık personeli tipi mevcuttur. Öğleden önce gelen hastaların muayenesi asistan doktorlar veya stajyer öğrenciler tarafından görülmektedir. “DrBekleme” isminin verildiği “Hold” modülü ile hastalar tutularak herhangi bir kaynakta boşluk olması durumunda muayene işlemine gönderilmektedir. Buradaki, muayenenin stajyer öğrenci mi yoksa asistan doktor tarafından yapılacağını gösteren karar ataması ise şansa bağlı olarak tanımlanmıştır (Şekil 3.14).

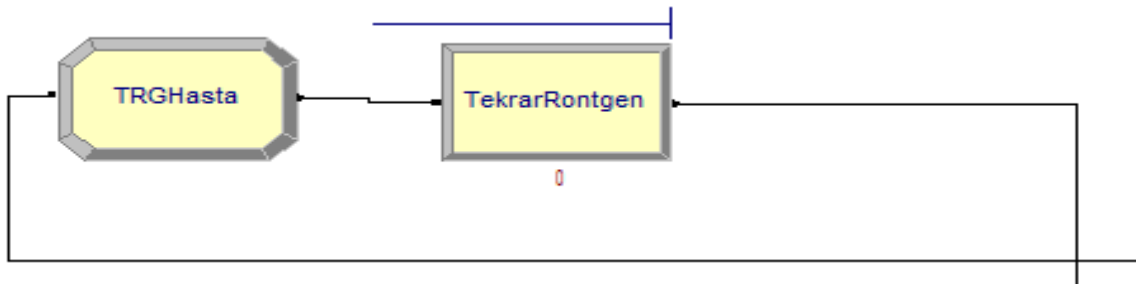


Şekil 3.14 Simülasyon Modelinde Hastaların Röntgen ve Muayene İşlemlerinin Gösterilmesi

Muayenesi biten hasta için iki alternatif belirlemektedir. Eğer hastanın çektiği röntgen, hastalığın teşhisinin konulmasında yeterli değilse hasta daha hassas bir röntgen filmi çekirmek üzere tekrar radyoloji kliniğine gönderilmektedir. Hastanenin bilgi sisteminden, tekrar röntgene gönderilen hasta sayısı elde edilerek bu oran “Decide” modülüne girilmiştir. Tekrar röntgen çektirecek olan hasta da röntgen sırasında bir önceliğe sahip olmaktadır. “Assign” modülü ile bu durum belirtilmiştir. Şekil 3.16’da tekrar röntgen çekirmeye giden hasta için modele eklenen modüller gösterilmiştir. Tekrar röntgen çekirme ihtiyacı duymadan muayenesi biten hasta randevu almak üzere tedavi olacağı kliniğe gönderilir. “Dispose” modülü kullanılarak hastanın sistemden çıkışı sağlanmıştır. Çıkış süresi adının verildiği “Record” modülü sayesinde de hastanın sistemde çıkış zamanı tutulmuş; giriş yaptığı zaman ile arasındaki fark ARENA tarafından hesaplanarak raporda gösterilmiştir (Şekil 3.15).

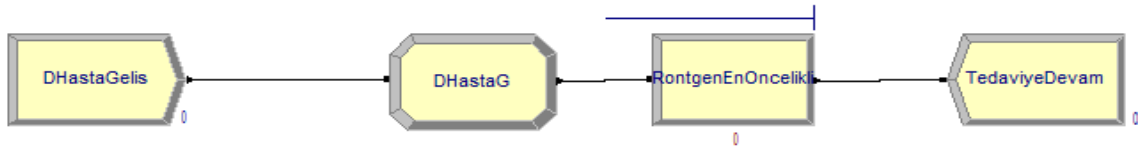


Şekil 3.15 Simülasyon Modelinde Hastaların Tekrar Röntgen İstenme Durumunun ve Hasta Çıkışının Gösterilmesi



Şekil 3.16 Simülasyon Modelinde Hastaların Tekrar Röntgen İşleminin Gösterilmesi

Muayene olmasa bile, muayene olacak hastaların kaynaklarını meşgul eden diğer hastalar da mevcuttur. Bu meşguliyetin olduğu birimlerden biri röntgen birimidir. Diğer bölümlerde tedavi gören hastalar için röntgen filmi ihtiyacı duyulabilmektedir. Hastalar radyoloji kliniğine, tedavilerin hali hazırda devam ediyor olmasından dolayı öncelikli hasta konumunda gelmektedir. Bu yüzden, tedavi gördükleri bölümün sevkiyle gelen hastalar röntgen sırasında bir ayrıcalığa sahip olmaktadır. Diğer hastaların röntgen süreci, genel muayene sisteminden bağımsız kendi için başlayıp biten bir sistem olarak Şekil 3.17’de gösterilmiştir.



Şekil 3.17 Simülasyon Modelinde Diğer Hastaların Röntgen İşleminin Gösterilmesi

Diğer bölümlere tedavi için gelen hastalar, internet üzerinden aldıkları randevuların açılışını yapmak için danışmaya uğramaktadır. Bu işlem genel muayeneye gelen hastaların geçtiği kayıt açma işlemi kaynaklarından birini meşgul etmektedir. Diğer hastaların röntgen süreci gibi buradaki süreç de kendi içinde başlayıp biten bir sistem olarak modele eklenmiştir (Şekil 3.18).

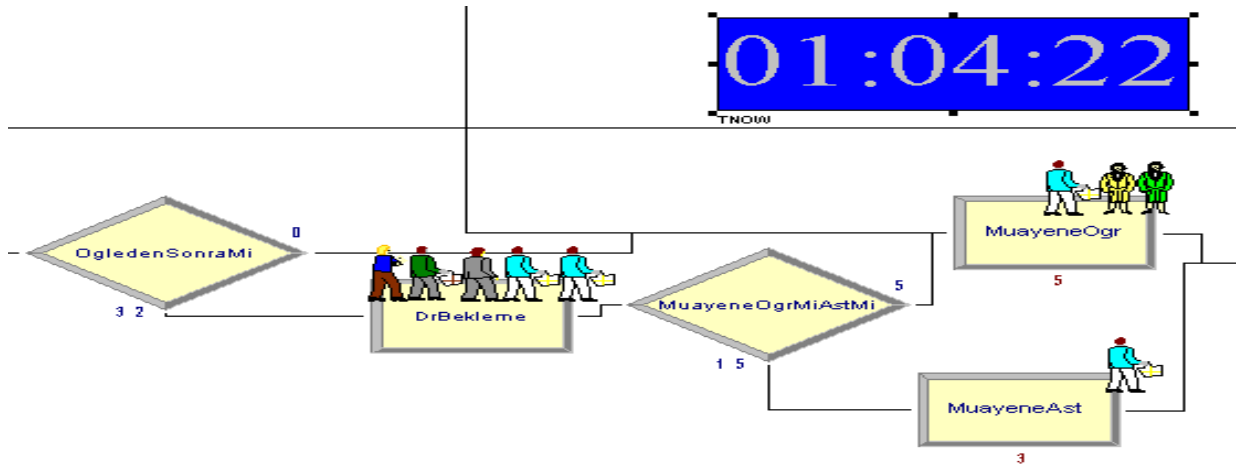


Şekil 3.18 Simülasyon Modelinde Diğer Hastaların Kayıt Açma İşleminin Gösterilmesi

Simülasyonun çalıştırılması için Şekil 3.19’da gösterilen “Run Setup” menüsüne girilerek gerekli ayarlar yapılmıştır. Günlük mesai süresi sekiz saat, bir simülasyon döngüsünün uzunluğu sekiz saat ve döngü sayısı 100 sefer olarak belirlenmiştir. Gerekli başlama tarihi ve saati ayarlaması yapılarak sistem çalıştırılmış ancak 60. günde -ARENA’nın öğrenci versiyonu olan program kullanıldığı için- varlık hatası alınmıştır. Sefer sayısı 59 olarak düzeltilerek tekrar çalıştırılmış ve sorunsuz olarak simülasyon tamamlanmıştır.

Şekil 3.19 Simülasyon Modelinin Çalışma Ayarlarının Belirtilmesi

Eklenen bir zaman sayacı ile birlikte hastaların sistemdeki ilerleyişleri, süreçlerdeki kuyruk uzunluğu ve gelen hasta sayıları anlık olarak takip edilebilmektedir (Şekil 3.20).



Şekil 3.20 Simülasyon Modelinde Hastaların Sistemde İlerleyişi

Kurulan simülasyon modelin görselinin tam hali araştırmanın ekler kısmında verilmiştir (EK 2).

3.2.5. Çıkan Sonuç Raporlarının Analizi

Kurulan model ile çalıştırılan simülasyon tamamlandığı zaman ARENA programı, simülasyona giren varlıkların işlem süreleri, bekleme süreleri; simülasyonda kullanılan kaynakların kullanım oranı gibi verileri gösteren bir sonuç raporu çıkarmaktadır. Bu rapora göre her gün genel muayene için ortalama 115 hasta gelmiş olup; gelen hasta ortalama 57 dakika içinde genel muayenesini tamamlamaktadır. Bu 57 dakikanın yaklaşık 35 dakikasında ise hasta kuyruk beklemektedir.

Hastaların, hastane kaynaklarında gördüğü işlemlerin ortalama süreleri Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1 Hastaların Ortalama İşlem Süreleri

Kayıt Açma	Muayene(Asistan)	Muayene(Öğrenci)	Röntgen
1 dk.	7 dk.	15 dk.	2,5 dk.

Hastaların, hastane kaynaklarında işlem görmek için bekledikleri ortalama süreler ve anlık olarak bir kaynak için bekleyen kişi sayıları Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2 Hastaların Ortalama Bekleme Süreleri ve Anlık Olarak Kaynaklarda Bekleyen Hasta Sayıları

	Kayıt Açma	Muayene (Asistan)	Muayene (Öğrenci)	Röntgen	DrBekleme
Ortalama Bekleme Süresi	0 dk.	3 dk.	20 dk.	0,5 dk	26 dk.
Ortalama Bekleyen Hasta Sayısı	0 kişi	0,5 kişi	4,5 kişi	0,5 kişi	5,5 kişi

Öğleden önce gelen hastalar için modelde, “DrBekleme” ismi ile açılan “Hold” modülü kullanılarak kaynakların boşalmasının beklendiği ve kaynaklar boşaldığı zaman buradan hastaların gönderildiği bir sistemin kurulduğu bundan önceki başlıkta anlatılmıştı. Ortalama 26 dakika bekleme süresi ve ortalama bekleyen 5,5 kişi ile hastaların en çok kuyruğa takıldığı nokta burası olmuştur. Ayrıca öğleden sonra muayene olacak olan hastalar için modelde böyle bir bekletme modülü olmadığından buradaki beklemler, öğrenci tarafından yapılan muayene işleminde gözükmemektedir.

Hastane kaynaklarının kullanım oranları ise Tablo 3.3’de gösterildiği gibidir.

Tablo 3.3 Hastane Kaynaklarının Kullanım Oranı

	Kayıt Açma Personeli	Asistan Doktor	Öğrenci Doktor	Röntgen Makinesi
Kaynak Kullanım Oranı	%15	%50	%90	%35

Rapor çıktısından ve hasta geliş zamanlarının dağılımından elde edilen veriler ışığında; hastaların özellikle günün öğleden önceki kısmında yoğun olarak geldiği ve yaklaşık 26 dakika muayene sırası beklediği görülmüştür. Burada oluşan kuyruk, öğleden önceki zaman diliminde bitmemesiyle birlikte öğleden sonraya da sarkmakta ve kuyruğun devamlılığına sebep olmaktadır. Bununla birlikte, asistan doktorların - öğleden sonra hiçbir muayene yapmamasından dolayı- kullanım oranları %50 çıkarken stajyer öğrencilerin kullanım oranı %90’larda seyretmektedir. Geliştirilecek olan alternatif iyileştirme senaryosu için bu kıstaslar göz önünde bulundurulmuştur. Diğer işlem birimleri olan röntgen ve kayıt açma süreçlerinde ise oldukça düşük bir ortalama bekleme süresi ve ortalama bekleyen sayısı ortaya çıkmıştır.

Rapor çıktısında yukarıda tablo olarak verilen bilgiler dışında model ile ilgili farklı sonuçlar da yer almaktadır. Araştırmada temel alınan hastalar dışındaki varlıklar (diğer bölümlerden röntgen için gelen hastalar ve diğer bölümlere tedavi için gelip kayıt açma işleminden geçen hastalar) ile ilgili olan veriler dikkate alınmamıştır. Sonuç raporunun tamamı araştırmanın ekler kısmında verilmiştir (EK 3.a).

3.2.6. Alternatif Senaryoların Geliştirilmesi ve Analizi

Araştırmanın, 3.2.5. başlığında yapılan analize göre hastaların işlem görmek için en çok beklediği ve kuyruğa takıldığı kısım muayene sürecidir. Hastaların genel muayenesini tamamlaması için geçtiği diğer süreçler olan kayıt açma ve röntgende oldukça düşük bir bekleme süresi ortaya çıkmıştır. Bu yüzden, oluşan kuyruklarda bir iyileştirme, muayene sürecinde yapılabilecek düzenlemeler ile sağlanabilecektir.

Hastanenin fiziksel yetersizliğinden dolayı (muayene yapılan bölümün alanının oldukça dar olması) iyileştirmeler ancak personel kaynağında yapılabilecek değişikliklerle mümkün olabilmektedir. Bu doğrultuda, doktorların çalışma saatlerine dair alternatif iki senaryo türetilmiştir.

Alternatif Senaryo 1: Öğleden önce iki asistan iki stajyer öğrenci ve öğleden sonra dört stajyer öğrenci şeklinde olan mevcut kaynak planlaması; öğleden önce 08:00-10:00 zaman diliminde üç asistan bir stajyer öğrenci, 10:00-12:00 zaman diliminde iki asistan iki stajyer öğrenci, öğleden sonra 13:00-15:00 zaman diliminde bir asistan üç stajyer öğrenci ve 15:00-17:00 zaman diliminde dört stajyer öğrenci olarak değiştirilmiştir.

Alternatif Senaryo 2: Öğleden önce iki asistan iki stajyer öğrenci ve öğleden sonra dört stajyer öğrenci şeklinde olan mevcut kaynak planlaması; öğleden önce üç asistan bir stajyer öğrenci ve öğleden sonra dört stajyer öğrenci olarak değiştirilmiştir.

Tablo 3.4 Mevcut Durumda ve Alternatif Senaryolarda İşgücü Planlaması

	Mevcut Durum		Alternatif Senaryo 1		Alternatif Senaryo 2	
	Asistan Doktor	Stajyer Öğrenci	Asistan Doktor	Stajyer Öğrenci	Asistan Doktor	Stajyer Öğrenci
08:00 - 10:00	2	2	3	1	3	1
10:00 - 12:00	2	2	2	2	3	1
13:00 - 15:00	0	4	1	3	0	4
15:00 - 17:00	0	4	0	4	0	4

Fakülte hastanesinin sahip olduğu asistan sayısının kısıtlı olması, senaryolar oluşturulurken göz önünde bulundurulmuştur. Bu sebepten ötürü, mevcut durumda günlük sekiz saat.kişi olan asistan işgücü iki alternatif senaryoda da sadece yarım kat artırılarak 12 saat.kişi'ye çıkarılmıştır. Muayene kliniğinde toplam dört tane muayene masası olması ve klinik alanının kısıtlı olması sebebiyle yeni bir muayene masası ekleme ihtimali bulunmamaktadır. Bundan dolayı da asistan sayısı arttırıldığında stajyer öğrenci sayısının düşürülmesi gerekmiştir. Asistan doktorların sayısının arttırılmak istenmesinin sebebi ise stajyer öğrencilere göre yaklaşık iki kat kadar daha hızlı işlem yapmaları olmuştur.

Alternatif senaryoların eklenmesiyle çalıştırılan simülasyon modelinden çıkan sonuçlar Tablo 3.5 ve Tablo 3.6'da gösterilmiştir. Alternatif senaryo 1 için çalıştırılan modelde, gelen

hasta sisteme girdikten 50 dakika sonra çıkış yapmakta olup bu 50 dakikanın 30 dakikasını beklemekle geçirmektedir. Alternatif senaryo 2 için ise, sisteme giriş yaptıktan 41 dakika sonra çıkan hasta bunun 20 dakikasını bekleyerek geçirmektedir.

Tablo 3.5 Alternatif Senaryoların Ortalama Bekleme Sürelerinin ve Ortalama Bekleyen Sayılarının Karşılaştırılması

	Kayıt Açma		Muayene (Asistan)		Muayene (Öğrenci)		Röntgen		DrBekleme	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Alternatif Senaryo										
Ortalama Bekleme Süresi	0 dk.	0 dk.	2 dk.	1,5 dk.	25 dk.	14,5 dk.	2 dk.	2 dk.	16 dk.	11 dk.
Ortalama Bekleyen Hasta Sayısı	0 kişi	0 kişi	0,5 kişi	0,5 kişi	6 kişi	4 kişi	0,5 kişi	0,5 kişi	3,5 kişi	2,5 kişi

Tablo 3.6 Alternatif Senaryolarda Kaynakların Kullanım Oranlarının Karşılaştırılması

	Kayıt Açma Personeli		Asistan Doktor		Stajyer Öğrenci		Röntgen Makinesi	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Alternatif Senaryo								
Kaynak Kullanım Oranı	%16	%16	%46	%36	%88	%85	%36	%35

Alternatif senaryo 2’de, asistan doktorun kaynak kullanım oranının alternatif senaryo 1’e göre düşük çıkmasına rağmen; ortalama bekleme sürelerinde ve ortalama bekleyen kişi sayısında daha avantajlı durumda olduğu görülmektedir. İki seçenektan alternatif senaryo 2 seçilmiş olup; mevcut durumla karşılaştırılmıştır.

3.2.7. Alternatif Senaryolardan Çıkan Sonuçların Mevcut Durumla Karşılaştırılması ve Yorumlanması

Mevcut durum ile bir önceki başlıkta analizi yapılan alternatif senaryo 2’de ortaya çıkan sonuçlar ve bu sonuçlar arasında oluşan farklılıklar Tablo 3.7’de gösterilmiştir.

Tablo 3.7 Mevcut Durum ile Seçilen Alternatif Senaryonun Karşılaştırılması

	Mevcut Durum	Alternatif Senaryo 2	Değişim
Sistemde Geçen Toplam Süre	57 dakika	41 dakika	%28'lik düzeyde iyileşme
Kuyrukta Geçen Toplam Süre	35 dakika	20 dakika	%42'lik düzeyde iyileşme
Ortalama Bekleme Süresi (Stajyer Öğr.)	20 dakika	14,5 dakika	%28'lik düzeyde iyileşme
Ortalama Bekleyen Kişi Sayısı (Stajyer Öğr.)	4,5 kişi	4 kişi	%10'luk düzeyde iyileşme
Ortalama Bekleme Süresi (Asistan)	3 dakika	1,5 dakika	%50'lik düzeyde iyileşme
Ortalama Bekleyen Kişi Sayısı (Asistan)	0,5 kişi	0,5 kişi	Değişim yok
Ortalama DrBekleme Süresi	26 dakika	11 dakika	%58'lik düzeyde iyileşme
DrBekleme'deki Ortalama Kişi Sayısı	5,5 kişi	2,5 kişi	%54'lük düzeyde iyileşme
Asistan Kullanım Oranı	%50	%36	%28'lik düzeyde kötüleşme
Stajyer Öğrenci Kullanım Oranı	%90	%85	%5'lik düzeyde kötüleşme

Önerilen yeni kaynak planlamasına göre; hastaların hastaneye giriş yaptıktan sonra genel muayenesini tamamlayıp çıkış yapması arasında geçen süre düşmüştür. Bu düşüşün sebebi kaynakların işlem sürelerinde azalma meydana gelmesi değil daha az kuyruk oluşmasından ve hastaların daha çabuk şekilde süreci tamamlamalarından dolayıdır. Kaynaklar arasında değişikliğin öğleden önce yapılmasıyla birlikte, öğleden önce gelen hastaların sistemde doktorlar boş kalana kadar tutulduğu “DrBekleme” modülünde ortaya çıkan ortalama bekleme süreleri ve ortalama bekleyen kişi sayıları da oldukça düşmüştür. Öğleden önce hastaların daha hızlı bir şekilde işlem görmesinden dolayı hasta yığılması yaşanmamış; böylece öğleden sonra tek tip kaynak olarak çalışan stajyer öğrenciler için hesaplanan ortalama bekleme süresi ve ortalama bekleyen kişi sayısı da azalmıştır. Ortalama bekleme süreleri ve ortalama bekleyen kişi sayısının düşmesinin yanında kaynakların kullanım oranlarında da bir azalma mevcut olmuştur. Bunun sebebi, artan asistan sayısı ile hastaların daha hızlı bir şekilde işlem

görmesi ve yoğunluğun azalması ile kaynakların boşta kalmasıdır. Ancak kaynak kullanım oranlarındaki bu azalma, düşen bekleme süreleri ve azalan bekleyen kişi sayısı düşünöldüğünde kabul edilebilir bir azalmadır.



SONUÇ

Kuyruk problemleri hizmet üreten her yerde çıkabilecek türde bir problemdir. Kuyruk problemlerinin çözümünde, kuyruklardaki ortalama bekleme süresi ve ortalama bekleyen kişi sayısının azaltılması hedeflenmektedir. Hizmet almak için gelenlerin geliş sürelerinin dağılımı, hizmet esnasında geçen sürenin ortalama değeri, kaynakların kapasitesi bu problemlerinin farklı yollarla çözülmesine sebebiyet vermektedir. Bazı kuyruk problemleri ise, kuyruk problemleri için belirlenmiş ve çözümü yapılmış temel modellere uymamaktadır. Böyle durumlarda problemler ya oluşturulabilecek yeni metasezgisel algoritmalarla ya da paket programlarda simüle edilerek çözülmektedir. Çözüm yapılırken amaç sadece ortalama bekleme sürelerini azaltmak değil bunu yaparken işletmelerin/kurumların kaynaklarını da en uygun biçimde kullanmaktır.

Sağlık sektöründeki hizmet birimleri, kuyruk problemlerinin olabildiğince etkin yöntemlerle çözüme kavuşturulması gereken yerlerin başında gelir. Bu tez çalışmasında da Antalya ve çevresine hizmet veren, hasta yoğunluğu yüksek olan Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Hastanesi'nin Ağız, Diş ve Çene Bölümünün kuyruk problemine çözüm aranmıştır. Hastanede, genel muayene için gelen hastaların muayene sürecinde hangi işlem birimlerinden geçtiği araştırılmış; buna dair modelin oluşturulması için gereken veriler toplanmıştır. Veriler kullanılarak ARENA programında oluşturulan simülasyon modeli ile hangi işlem birimlerinde bekleme sürelerinin olduğu tespit edilmiştir. Genel muayene sürecinde darboğaz oluşturduğu belirlenen birimler için birim kaynaklarının planlamasında değişiklikler yapılarak alternatif senaryolar türetilmiştir. Türetilen senaryolar ile Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Hastanesi'ne gelen hastaların ortalama kuyrukta bekleme sürelerinin ve darboğaz oluşturan kuyruk için ortalama bekleyen hasta sayılarının düşürülmesi amaçlanmıştır.

Araştırmada, mevcut durumda hastaların muayene işlemini bekleme sürelerinin yüksek olduğu görülmüştür. Genel muayene sürecinin diğer işlem yerleri olan kayıt açma ve röntgen çekme birimlerinde ise çok fazla bir ortalama bekleme süresinin olmadığı tespit edilmiştir. Buradan hareketle, muayene işlemi öncesi bekleme sürelerini azaltmak adına, klinikte görev alan asistan doktor ve stajyer öğrencilerin çalışma süreleri düzenlenerek alternatif kaynak planlaması yapılmıştır. İlk alternatif senaryoda günlük toplam çalışma süresi sekiz saat kişi olan asistan doktorların çalışma süresi 12 saat kişi'ye çıkarılmış; eklenen dört saat kişi ikişer ikişer günün öğleden önce ve öğleden sonrasına dağıtılmıştır. İkinci senaryoda ise yine asistan doktorların çalışma süresi 12 saat kişi'ye çıkarılmış fakat diğerinden farklı olarak eklenen dört saat kişinin tamamı, asıl yoğunluğun öğleden önce olması sebebiyle buradaki zaman dilimine

eklenmiştir. İki senaryo için de ARENA simülasyon programında kurulan model ayrı ayrı çalıştırılmıştır. İki senaryoda da mevcut duruma göre iyileşme olduğu fakat ikinci senaryodaki değişikliğin daha fazla iyileştirme oluşturduğu görülmüş ve bu senaryonun uygulanması gerektiği belirtilmiştir.

Hastanenin fiziksel kapasitesinin yetersiz oluşu, bu çalışmada iyileştirmelerin sadece kaynak sayılarında değişiklik veya düzenleme yaparak gerçekleşmesini mümkün kılmıştır. Muayene kliniği alanının oldukça dar olması buraya yeni bir muayene masasının ve bununla birlikte fazladan bir sağlık personelinin daha gelmesini engellemiştir. Sadece fiziksel kapasite değil asistan doktor kapasitesinin de sınırlı olduğu görülmüştür. Asistan doktorlar, hastanede muayene kliniğinde görev almalarının yanı sıra lisansüstü derslerine ve akademik çalışmalarında devam ettikleri için haftanın günlerine ve günlerin saatlerine göre vardiyalı olarak mesai yapmaktadırlar. Bundan dolayı günlük çalışan asistan doktor sayısı, mevcut durumda çalışan asistan doktor sayısının sadece yarım katı arttırılmıştır.

Araştırmada, önerilen iyileştirme senaryolarının dışında daha fazla senaryo türetilebileceğinden dolayı çalışma geliştirilmeye açıktır. Eğer hastanenin muayene sürecinde sağladığı asistan doktor kaynağının kapasitesi arttırabilirse; günlük mesai saatinde artışa gitme gibi bir iyileştirme uygulanabilir. Ayrıca; röntgen kliniğinde gözlem yapılabilecek bir alan bulunmadığından burası için modele girilen veriler (röntgen işlem süresi, diğer bölümlerden röntgene kaç hasta geldiği...vs.) klinikte çalışan sağlık personelinin elde edilmiştir. Röntgen kliniğinde gözlem yapmak için şartlar oluşturulursa yapılacak olan gözlemler ile daha sağlıklı veriler elde edilerek model bu verilerle çalıştırılabilir. Bununla birlikte, Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nin yakın zamanda yeni ve daha büyük bir binaya geçirilme planı vardır. Fakülte ile birlikte fakülte hastanesinin de geçeceği yeni binanın inşası tamamlanınca, bir önceki paragrafta değinilen fiziksel kapasitedeki yetersizliğin ortadan kalkacağı öngörülmektedir. Böylece muayene işleminin yapıldığı tedavi masalarında da mevcut durumda dört olan sayının beşe, altıya, yediye çıkarılabileceği (fayda/maliyet analizi ile üniversite bütçesinin ne kadarlık bir artışa elverdiği hesaplanarak) ve böylece gelen hastaların çok daha hızlı bir şekilde muayenesini olup tedavi aşamasına geçeceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Abulah, T.A. (2013). "Modeling and Evaluation of Queueing Systems". *Pure and Applied Sciences*, 21(3): 797-803.
- Acar, M. (2005). *Kuyruk ve Randevu Sistemleri: Hastane Poliklinik Hizmetlerinde Bir Araştırma*. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ajiboye, A.S. (2014). "Evaluating an ATM Service Using Queue Theory". *Journal of Statistics and Management Systems*, 17(5-6): 519-527.
- Akarçay, A.E. (2008). *Hizmet Üreten Sistemlerde Bekleme Hattı (Kuyruk) Modeli ve Bir Uygulama*. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Tokat.
- Akhter, S.S. (2008). *Modeling and Analysis to Improve the Quality of Healthcare Services*. Windsor Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Enstitüsü, Kanada.
- Ali, D.A., Ismail, E.A. ve Al-Tayeb, L.E. (2018). "Measuring the Cost for Some Single Channel Waiting Line Models". *Asian Journal of Probability and Statistics*, 1(1): 1-10.
- Altman, E. ve Yechiali, U. (2008). "Infinite-Server Queues with System's Additional Tasks and Impatient Customers". *Probability in the Engineering and Informational*, 22(4): 477-493.
- Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi. (2009). *İstatistik*. Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Arslan, F. (2011). *Hastaneye Muayene İçin Gelen Hastaların Bekleme Süreleri ile İlgili Kuyruk Modelleri ve Analitik Bir Uygulama*. Haliç Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Bastani, P. (2009). *A Queueing Model of Hospital Congestion*. Simon Fraser Üniversitesi Matematik Araştırmaları Eğitimi Enstitüsü, Kanada.
- Berhan, E. (2015). "Bank Service Performance Improvements using Multi-Sever Queue System". *IOSR Journal of Business and Management*, 17(6): 65-69.
- Chen, W., Palmer, P., Mackin, S. ve Crowley, G. (2008). "Queueing Theory Application in Imaging Service Analysis for Small Earth Observation Satellites". *Acta Astronautica*, (62): 623-631.
- Chowdhury, M.S.R. (2013). "Queueing Theory Model Used to Solve the Waiting Line of a Bank". *Asian Journal of Social Sciences & Humanities*, 2(3): 468-478.
- Curin, S.A., Vosko, J.S., Chan, E.W. ve Tsimhoni, O. (4-7 Aralık 2005). "Reducing Service Time at a Busy Fast Food Restaurant on Campus". *2005 Kış Simülasyon Konferansı Bildirileri*. Orlando, 2628-2635.

- Çevik, O. ve Yazgan, A.E. (2008). “Hizmet Üreten Bir Sistemin Bekleme Hattı (Kuyruk) Modeli ile Etkinliğinin Ölçülmesi”. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(2): 119-128.
- Dauda, A.N., Korve, K.N. ve Agada, O.P. (2015). “Queue Modelling for Successful Implementation of the Cash-Less Policy in Nigeria”. *CBN Journal of Applied Statistics*, 6(1): 95-110.
- Diñçer, S.E. (2005). “Dinamik Servisli Kuyruk Sisteminin Sabit Servisli Kuyruk Sistemi ile Karşılaştırılması ve İGDAŞ Bakırköy Veznelerine Simülasyonu”. *Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Hakemli Dergisi*, 6(24): 279-285.
- Durmuş, Ü. (2017). *Kuyruk Teorisinin İncelenmesi ve Üniversite Sektörü İçin Bir Uygulama*. Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Elmelegy, A. (2010). *An Exact Solution for The Problem of M/M/C/K Non-Preemptive Priority Queue Using State Equilibrium Equations*. Illinois Üniversitesi Teknoloji Enstitüsü, Chicago.
- Emecen, E.G. (2004). *Marmara Bölgesi Limanlarının Çok Kanallı Kuyruk Teorisiyle Talep ve İşletme Yönetim Modelinin Geliştirilmesi*. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Erdoğan, G. (2010). *Kuyruk Teorisi ve Bir Çağrı Merkezi Uygulaması*. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Ertuğrul, İ., Birsen, B. ve Özçil, A. (2015). “İki Bankanın Farklı Şubelerindeki Müşteri Bekleme Sürelerinin Kuyruk Modeliyle Etkinlik Analizi”. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(1): 275-292.
- Es, S. (1994). *Bekleme Hattı Problemlerinin Siman Simülasyon Dili Kullanılarak Çözümü ve Haydarpaşa Limanı İçin Bir Uygulama*. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gilliam, R.R. (1979). “An Application of Queueing Theory to Airport Passenger Security Screening”. *Interfaces*, 9(4): 117-122.
- Girginer, N. ve Şahin, B. (2007). “Spor Tesislerinde Kuyruk Problemine Yönelik Bir Benzetim Uygulaması”. *Hacettepe Spor Bilimleri Dergisi*, 18(1): 13-30.
- Gorunescu, F., McClean, S.I. ve Millard, P.H. (2002). “A Queueing Model for Bed-Occupancy Management and Planning of Hospitals”. *The Journal of the Operational Research Society*, 53(1): 19-24.
- Gosavi, D. (1995). *The Optimal Routing Problem in Open, Finite Queueing Networks*. Massachusetts Amherst Üniversitesi Teknoloji Enstitüsü, Massachusetts.

- Green, L.V., Soares, J., Giglio, J.F. ve Green, R.A. (2006). "Using Queueing Theory to Increase the Effectiveness of Emergency Department Provider Staffing". *Akademik Acil Tıp Derneği*, (13): 61-68.
- Güner, E. (1986). *Bekleme Hattı Sistemlerinin Analizi ve Bir Uygulama*. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Halisdemir, N. (1996). *Paralel Kanallı Bekleme Hatlı Kuyruk Modelinin İncelenmesi ve Bir Uygulama*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Haoa, T. ve Yifei, T. (2011). "Study on Queueing System Optimization of Bank Based on BPR". *Procedia Enviromental Sciences*, (10): 640-646.
- Harrison, P.G. ve Pitel, E. (1996). "The M/G/1 Queue with Negative Customers". *Applied Probability Trust*, 28(2): 540-566.
- Hillier, F.S. ve Lieberman, G.J. (2001). *Introduction to Operations Research*. McGraw-Hill Higher Education, New York.
- İlikan, D.A. (2014). *Meme Merkezinde Hasta Akış Diyagramının Oluşturulması ve İyileştirilmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Jain, G. ve Sigman, K. (1996). "A Pollaczek-Khintchine Formula for M/G/1 Queues with Disasters". *Applied Probability Trust*, 33(4): 1191-1200.
- Jung, M. ve Lee, E.S. (1989). "Numerical Optimization of a Queueing System by Dynamic Programming". *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, (141): 84-93.
- Keskin G.A., Çolak, M. ve Kostak, G.K. (2018). "Bir Çağrı Merkezindeki Bekleme Sürelerinin Kuyruk Modelleri ile İyileştirilmesi". *BAUN Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(1): 55-68.
- Kostak, G.K. (2016). *Çağrı Merkezi Bekleme Süresinin Kuyruk Modelleri ile İncelenmesi ve İyileştirilmesi*. Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Köchel, P. (2004). "Finite Queueing Systems-Structural Investigations and Optimal Design". *International Journal of Production Economics*, (88): 157-171.
- Kumar, R. ve Sharma, S.K. (2012). "An M/M/1/N Queueing Model with Retention of Reneged Customers and Balking". *American Journal of Operational Research*, 2(1): 1-5.
- Lakshmi, C. ve Sivakumar, A.I. (2013). "Application of Queueing Theory in Health Care: A Literature Review". *Operations Research for Health Care*, (2): 25-39.
- Lillo, R.E. (2000). "On the Optimal Control of M/G/1 Systems Under the Cycle Criterion". *Systems & Control Letters*, (41): 29-39.
- Lu, X., Tian, R. ve Guan, S. (2012). "Medical Equipment Utility Analysis Based on Queueing Theory". *Journal of Computers*, 7(9): 2232-2239.

- Madadi, N., Roudsari, A.H., Wong, K.Y. ve Galankashi, M.R. (24-26 Eylül 2013). "Modeling and Simulation of a Bank Queueing System". *5. Uluslararası Sayısal Zeka Konferansı, Modelleme ve Simülasyon*. Seul, 209-215.
- Marks, B.I. (1973). "State Probabilities of M/M/1 Priority Queues". *Operations Research*, 21(4): 974-987.
- Mohammadi, M., Jolai, F. ve Rostami, H. (2011). "An M/M/C Queue Model for Hub Covering Location Problem". *Mathematical and Computer Modelling*, (54): 2623-2638.
- Murthy, P.R. (2007). *Operations Research*. New Age International (P) Ltd., New Delhi.
- Mwangi, S.K. ve Ombuni, T.M. (2015). "An Empirical Analysis of Queueing Model and Queueing Behaviour in Relation to Customer Satisfaction at Jkuat Students Finance Office". *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 4(4): 233-246.
- Olorunsola, S.A., Adeleke, R.A. ve Ogunlade, T.O. (2014). "Queueing Analysis of Patient Flow in Hospital". *IOSR Journal of Mathematics*, 10(4): 47-53.
- Özkan, F. (2010). *Bekleme Hattı (Kuyruk) Modelleri ve Bir Çağrı Merkezi Uygulaması*. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Özkan, Ş. (2005). *Yöneylem Araştırması Nicel Karar Teknikleri*. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Özkar, Ş. (2011). *Statistical Evaluation of Performance Measures in Batch Queueing Systems by Simulation*. Dokuz Eylül Üniversitesi Doğa Bilimleri ve Uygulamalı Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Öztürk, A. (1997). *Yöneylem Araştırması*. Ekin Kitabevi, Bursa.
- Rad, S.G. (2010). *Quality of Service Provisioning for Voice Application Over WLANs*. Montreal Üniversitesi Elektrik Bilimleri Bölümü, Kanada.
- Rahimi, Y., Tavakkoli-Moghaddam, R., Mohammadi, M. ve Sadeghi, M. (2016). "Multi-Objective Hub Network Design Under Uncertainty Considering Congestion: An M/M/c/K Queue System". *Applied Mathematical Modelling*, (40): 4179-4198.
- Ramasamy, R.K. ve Chua, F. (2012). "Queue Management Optimization with Short Message System (SMS) Notification". *2012 Uluslararası Ekonomi Konferansı, İş Gelişimi*. Singapur, 49-53.
- Roumani, Y. (2013). *Modeling Patient Flow in a Network of Intensive Care Units (ICUs)*. Pittsburgh Üniversitesi Joseph M. Katz İşletme Okulu, Pennsylvania.
- Selvaraju, N. ve Goswami, C. (2013). "Impatient Customers in an M/M/1 Queue with Single and Multiple Working Vacations". *Computers & Industrial Engineering*, (65): 207-215.
- Servi, L.D. ve Finn, S.G. (2002). "M/M/1 Queues with Working Vacations (M/M/1/WV)". *Performance Evaluation*, (50): 41-52.

- Sevgin, G. (2000). *Sıra Bekleme Sistemlerine Benzetim Tekniği Yaklaşımı ve Bir Hastane Uygulaması*. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Sharma, O.P. ve Tarabia, A.M.K. (2000). "A Simple Transient Analysis of an M/M/1/N Queue". *The Indian Journal of Statistics, Series A*, 62(2): 273-281.
- Shortle, J.F., Thompson, J.M., Gross, D. ve Harris, C.M. (2018). *Fundamentals of Queueing Theory*. John Wiley & Sons, New Jersey.
- Soni, P. (2012). *Evaluation of Rule-based Patient Transfer Protocols in a Multi-Hospital Setting Using Discrete-event Simulation*. Binghamton Üniversitesi Teknoloji Enstitüsü, New York.
- Şimşek, H. (2004). *Kuyruk Teorisinin İstanbul Boğazı Tanker ve Gemi Geçişleri ile Haydarpaşa Limanı Konteyner Terminaline Uygulanması*. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Taha, H.A. (2000). *Yöneylem Araştırması*. (Çev. Ş.A. Baray ve Ş. Esnaf), Literatür Yayınları, İstanbul.
- Tekin, B. (2015). "Sağlık Hizmeti Sistemlerinin Etkinliđi: Bir Kamu Hastanesi ve Özel Hastane Karşılaştırması". *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 6(1): 483-506.
- Tiwari, S.K., Grupta, V.K. ve Joshi, T.N. (2016). "M/M/S Queueing Theory Model to Solve Waiting Line and to Minimize Estimated Total Cost". *International Journal of Science and Research*, 5(5): 1901-1904.
- Ulaş, M. (2007). *İki Hizmet Kanalına Sahip Kuyruk Sistemlerinin Analizi*. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Ullah, A., Zhang, X., Iqbal, K. ve Ayat, M. (25-27 Temmuz 2014). "Sub-optimization of Bank Queueing System by Qualitative and Quantitative Analysis". *11. Uluslararası Servis Sistemleri ve Servis Yönetimi Konferansı*. Pekin, 1-6.
- Ulucan, A. (2004). *Yöneylem Araştırması & İşletmecilik Uygulamalı Bilgisayar Destekli Modelleme*. Siyasal Kitabevi, Ankara.
- Upadhayay, A. (2017). "Bank ATM Queueing Model: A Case Study". *International Journal of Engineering & Science Research*, 7(5): 40-45.
- Ustaođlu, M. (2008). *Monte Carlo Simülasyonu Yaklaşımıyla Kuyruk Teorisinin İncelenmesi ve Otomotiv Sektörü Üzerine Bir Uygulama*. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

- Uyrun, A. ve Yıldız, M.S. (2015). “Hızlı Yiyecek İçecek İşletmesi Servis Sisteminin Bekleme Hattı Modeliyle Analizine Yönelik Bir Uygulama”. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 29(1): 19-34.
- Vass, H. Ve Szabo, Z.K. (2015). “Application of Queueing Model to Patient Flow in Emergency Department. Case Study”. *Emerging Markets Queries in Finance and Business*, (32): 479-487.
- Vericourt, F. ve Jennings O.B. (2011). “Nurse Staffing in Medical Units: A Queueing Perspective”. *Operations Research*, 59(6): 1320-1331.
- Walpole, R.E., Myers, R.H., Myers, S.L. ve Ye, K. (2016). *Probability & Statistics for Engineers & Scientists*. Prentice Hall, New Jersey.
- Wang, K.H., Wang, T.Y. ve Pearn, W.L. (2007). “Optimal Control of the N Policy M/G/1 Queueing System with Server Breakdowns and General Startup Times”. *Applied Mathematical Modelling*, (31): 2199-2212.
- Winston, W.L. (2003). *Operations Research & Applications and Algorithms*. Brooks/ Cole, Kanada.
- Wu, D.A. ve Takagi, H. (2006). “M/G/1 Queue with Multiple Working Vacations”. *Performance Evaluation*, (63): 654-681.
- Xie, S. (1993). *A Ray Method for Analyzing the Transient Structure of Models in Applied Probability*. Illinois Üniversitesi Matematik ve Bilgisayar Bilimleri Enstitüsü, Chicago.
- Yenigün, E. (2015). *Structure of Optimal Policies in M/M/1 Make-to-Stock Queues in the Presence of Partial Control*. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Doğa Bilimleri ve Uygulamalı Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Yerravelli, S. (2010). *Computer Simulation Modeling and Nurse Scheduling for the Emergency Department at Kishwaukee Community Hospital*. Illinois Üniversitesi Teknoloji Enstitüsü, Chicago.
- 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): 169-184.
- Yue, D., Yue, W. ve Sun, Y. (8-12 Ağustos 2006). “Performance Analysis of an M/M/c/N Queueing System with Balking, Reneging and Synchronous Vacations of Partial Servers”. 6. *Uluslararası Yöneyim Araştırması ve Uygulamaları Sempozyumu*. Sincan Uygur Özerk Bölgesi, 128-143.

İnternet Kaynakları

Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, “Akademik Personel”.
<http://dishekimlik.akdeniz.edu.tr/anabilim-dallari/agiz-dis-ve-cene-radyolojisi/>, (erişim tarihi: 09.04.2019).

Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, “Tanıtım”.
<http://dishekimlik.akdeniz.edu.tr/fakulte/hakkimizda/>, (erişim tarihi: 09.04.2019).

Jain, R., “Introduction to Queueing Theory”.
https://amplab.cs.berkeley.edu/courses/queue/ftp/q_30iqt/sld004.htm, (erişim tarihi: 29.11.2018).



EKLER**EK 1- HASTALARIN GELİŞ ZAMANLARI**

01.03.2018 08:05	01.03.2018 08:48	01.03.2018 10:56	02.03.2018 08:50
01.03.2018 08:05	01.03.2018 08:48	01.03.2018 10:59	02.03.2018 08:51
01.03.2018 08:06	01.03.2018 08:50	01.03.2018 11:10	02.03.2018 08:52
01.03.2018 08:07	01.03.2018 08:51	01.03.2018 11:10	02.03.2018 08:52
01.03.2018 08:08	01.03.2018 08:54	01.03.2018 11:13	02.03.2018 08:53
01.03.2018 08:10	01.03.2018 08:57	01.03.2018 11:13	02.03.2018 08:54
01.03.2018 08:10	01.03.2018 08:59	01.03.2018 11:19	02.03.2018 08:54
01.03.2018 08:11	01.03.2018 09:04	01.03.2018 11:48	02.03.2018 08:55
01.03.2018 08:13	01.03.2018 09:05	01.03.2018 11:57	02.03.2018 08:59
01.03.2018 08:14	01.03.2018 09:05	01.03.2018 13:10	02.03.2018 09:00
01.03.2018 08:15	01.03.2018 09:06	01.03.2018 13:12	02.03.2018 09:00
01.03.2018 08:15	01.03.2018 09:06	01.03.2018 13:52	02.03.2018 09:02
01.03.2018 08:16	01.03.2018 09:07	01.03.2018 14:55	02.03.2018 09:03
01.03.2018 08:17	01.03.2018 09:14	01.03.2018 15:09	02.03.2018 09:04
01.03.2018 08:17	01.03.2018 09:14	02.03.2018 08:25	02.03.2018 09:05
01.03.2018 08:18	01.03.2018 09:15	02.03.2018 08:26	02.03.2018 09:06
01.03.2018 08:19	01.03.2018 09:19	02.03.2018 08:26	02.03.2018 09:09
01.03.2018 08:19	01.03.2018 09:21	02.03.2018 08:27	02.03.2018 09:09
01.03.2018 08:20	01.03.2018 09:27	02.03.2018 08:27	02.03.2018 09:09
01.03.2018 08:21	01.03.2018 09:27	02.03.2018 08:28	02.03.2018 09:10
01.03.2018 08:21	01.03.2018 09:31	02.03.2018 08:29	02.03.2018 09:10
01.03.2018 08:21	01.03.2018 09:35	02.03.2018 08:29	02.03.2018 09:11
01.03.2018 08:22	01.03.2018 09:36	02.03.2018 08:30	02.03.2018 09:18
01.03.2018 08:24	01.03.2018 09:37	02.03.2018 08:35	02.03.2018 09:22
01.03.2018 08:24	01.03.2018 09:51	02.03.2018 08:36	02.03.2018 09:25
01.03.2018 08:25	01.03.2018 09:54	02.03.2018 08:38	02.03.2018 09:25
01.03.2018 08:27	01.03.2018 10:01	02.03.2018 08:38	02.03.2018 09:26
01.03.2018 08:28	01.03.2018 10:02	02.03.2018 08:39	02.03.2018 09:29
01.03.2018 08:29	01.03.2018 10:04	02.03.2018 08:41	02.03.2018 09:30
01.03.2018 08:29	01.03.2018 10:14	02.03.2018 08:42	02.03.2018 09:30
01.03.2018 08:32	01.03.2018 10:16	02.03.2018 08:42	02.03.2018 09:31
01.03.2018 08:32	01.03.2018 10:16	02.03.2018 08:42	02.03.2018 09:33
01.03.2018 08:39	01.03.2018 10:18	02.03.2018 08:42	02.03.2018 09:34
01.03.2018 08:40	01.03.2018 10:30	02.03.2018 08:43	02.03.2018 09:39
01.03.2018 08:41	01.03.2018 10:34	02.03.2018 08:44	02.03.2018 09:40
01.03.2018 08:41	01.03.2018 10:38	02.03.2018 08:44	02.03.2018 09:45
01.03.2018 08:44	01.03.2018 10:41	02.03.2018 08:45	02.03.2018 09:52
01.03.2018 08:45	01.03.2018 10:44	02.03.2018 08:46	02.03.2018 09:58
01.03.2018 08:46	01.03.2018 10:48	02.03.2018 08:46	02.03.2018 10:05

02.03.2018 10:11	05.03.2018 08:01	05.03.2018 09:08	05.03.2018 10:49
02.03.2018 10:16	05.03.2018 08:13	05.03.2018 09:08	05.03.2018 10:51
02.03.2018 10:17	05.03.2018 08:15	05.03.2018 09:10	05.03.2018 10:53
02.03.2018 10:18	05.03.2018 08:17	05.03.2018 09:11	05.03.2018 11:05
02.03.2018 10:21	05.03.2018 08:18	05.03.2018 09:11	05.03.2018 11:06
02.03.2018 10:37	05.03.2018 08:19	05.03.2018 09:13	05.03.2018 11:09
02.03.2018 10:42	05.03.2018 08:20	05.03.2018 09:17	05.03.2018 11:13
02.03.2018 10:48	05.03.2018 08:21	05.03.2018 09:18	05.03.2018 11:24
02.03.2018 10:50	05.03.2018 08:21	05.03.2018 09:19	05.03.2018 11:31
02.03.2018 10:51	05.03.2018 08:22	05.03.2018 09:19	05.03.2018 11:32
02.03.2018 11:00	05.03.2018 08:23	05.03.2018 09:19	05.03.2018 11:35
02.03.2018 11:11	05.03.2018 08:24	05.03.2018 09:20	05.03.2018 13:06
02.03.2018 11:11	05.03.2018 08:24	05.03.2018 09:21	05.03.2018 13:11
02.03.2018 11:45	05.03.2018 08:25	05.03.2018 09:22	05.03.2018 13:11
02.03.2018 11:47	05.03.2018 08:30	05.03.2018 09:29	05.03.2018 13:12
02.03.2018 11:53	05.03.2018 08:32	05.03.2018 09:29	05.03.2018 13:12
02.03.2018 13:02	05.03.2018 08:32	05.03.2018 09:31	05.03.2018 13:14
02.03.2018 13:04	05.03.2018 08:34	05.03.2018 09:34	05.03.2018 13:15
02.03.2018 13:07	05.03.2018 08:35	05.03.2018 09:35	05.03.2018 13:16
02.03.2018 13:14	05.03.2018 08:35	05.03.2018 09:36	05.03.2018 13:19
02.03.2018 13:28	05.03.2018 08:36	05.03.2018 09:38	05.03.2018 13:20
02.03.2018 13:28	05.03.2018 08:36	05.03.2018 09:42	05.03.2018 13:20
02.03.2018 13:33	05.03.2018 08:36	05.03.2018 09:47	05.03.2018 13:21
02.03.2018 13:48	05.03.2018 08:38	05.03.2018 09:47	05.03.2018 13:21
02.03.2018 13:54	05.03.2018 08:38	05.03.2018 09:49	05.03.2018 13:34
02.03.2018 14:02	05.03.2018 08:39	05.03.2018 09:50	05.03.2018 13:38
02.03.2018 14:06	05.03.2018 08:46	05.03.2018 09:53	05.03.2018 13:39
02.03.2018 14:07	05.03.2018 08:51	05.03.2018 09:54	05.03.2018 13:40
02.03.2018 14:17	05.03.2018 08:52	05.03.2018 09:58	05.03.2018 13:40
02.03.2018 14:19	05.03.2018 08:52	05.03.2018 09:59	05.03.2018 13:43
02.03.2018 14:29	05.03.2018 08:55	05.03.2018 10:00	05.03.2018 13:46
02.03.2018 14:29	05.03.2018 08:56	05.03.2018 10:06	05.03.2018 13:49
02.03.2018 14:30	05.03.2018 08:57	05.03.2018 10:16	05.03.2018 13:50
02.03.2018 14:33	05.03.2018 08:57	05.03.2018 10:17	05.03.2018 13:56
02.03.2018 14:39	05.03.2018 08:58	05.03.2018 10:19	05.03.2018 14:06
02.03.2018 14:40	05.03.2018 08:59	05.03.2018 10:22	05.03.2018 14:10
02.03.2018 14:51	05.03.2018 09:00	05.03.2018 10:23	05.03.2018 14:11
02.03.2018 14:58	05.03.2018 09:00	05.03.2018 10:26	05.03.2018 14:13
02.03.2018 15:07	05.03.2018 09:01	05.03.2018 10:27	05.03.2018 14:16
02.03.2018 15:34	05.03.2018 09:04	05.03.2018 10:35	05.03.2018 14:19

05.03.2018 14:22	06.03.2018 08:43	06.03.2018 09:56	06.03.2018 13:35
05.03.2018 14:24	06.03.2018 08:44	06.03.2018 09:58	06.03.2018 13:37
05.03.2018 14:34	06.03.2018 08:44	06.03.2018 10:00	06.03.2018 13:38
05.03.2018 14:37	06.03.2018 08:45	06.03.2018 10:01	06.03.2018 13:44
05.03.2018 14:39	06.03.2018 08:47	06.03.2018 10:02	06.03.2018 13:48
05.03.2018 14:42	06.03.2018 08:48	06.03.2018 10:13	06.03.2018 13:49
05.03.2018 14:42	06.03.2018 08:52	06.03.2018 10:17	06.03.2018 13:53
05.03.2018 14:42	06.03.2018 08:55	06.03.2018 10:18	06.03.2018 13:55
05.03.2018 14:45	06.03.2018 08:55	06.03.2018 10:19	06.03.2018 13:58
05.03.2018 14:46	06.03.2018 08:56	06.03.2018 10:22	06.03.2018 14:00
05.03.2018 14:46	06.03.2018 08:58	06.03.2018 10:24	06.03.2018 14:00
05.03.2018 14:50	06.03.2018 08:58	06.03.2018 10:25	06.03.2018 14:03
05.03.2018 14:54	06.03.2018 08:59	06.03.2018 10:28	06.03.2018 14:04
05.03.2018 15:09	06.03.2018 09:01	06.03.2018 10:28	06.03.2018 14:05
05.03.2018 15:12	06.03.2018 09:02	06.03.2018 10:29	06.03.2018 14:06
05.03.2018 15:13	06.03.2018 09:05	06.03.2018 10:32	06.03.2018 14:09
05.03.2018 15:21	06.03.2018 09:10	06.03.2018 10:33	06.03.2018 14:17
05.03.2018 15:24	06.03.2018 09:11	06.03.2018 10:40	06.03.2018 14:24
05.03.2018 15:26	06.03.2018 09:14	06.03.2018 10:44	06.03.2018 14:26
05.03.2018 15:28	06.03.2018 09:15	06.03.2018 10:48	06.03.2018 14:59
05.03.2018 15:29	06.03.2018 09:16	06.03.2018 10:49	06.03.2018 15:00
05.03.2018 15:30	06.03.2018 09:17	06.03.2018 11:02	06.03.2018 15:02
05.03.2018 16:20	06.03.2018 09:18	06.03.2018 13:08	06.03.2018 15:06
05.03.2018 16:25	06.03.2018 09:18	06.03.2018 13:11	06.03.2018 15:14
06.03.2018 08:13	06.03.2018 09:21	06.03.2018 13:11	06.03.2018 15:23
06.03.2018 08:13	06.03.2018 09:21	06.03.2018 13:12	06.03.2018 15:41
06.03.2018 08:15	06.03.2018 09:22	06.03.2018 13:14	06.03.2018 15:47
06.03.2018 08:18	06.03.2018 09:27	06.03.2018 13:14	06.03.2018 16:09
06.03.2018 08:19	06.03.2018 09:29	06.03.2018 13:16	06.03.2018 16:26
06.03.2018 08:20	06.03.2018 09:30	06.03.2018 13:17	06.03.2018 16:29
06.03.2018 08:22	06.03.2018 09:31	06.03.2018 13:17	07.03.2018 08:07
06.03.2018 08:22	06.03.2018 09:32	06.03.2018 13:19	07.03.2018 08:08
06.03.2018 08:23	06.03.2018 09:32	06.03.2018 13:26	07.03.2018 08:10
06.03.2018 08:24	06.03.2018 09:37	06.03.2018 13:27	07.03.2018 08:11
06.03.2018 08:27	06.03.2018 09:38	06.03.2018 13:27	07.03.2018 08:11
06.03.2018 08:28	06.03.2018 09:40	06.03.2018 13:28	07.03.2018 08:12
06.03.2018 08:30	06.03.2018 09:40	06.03.2018 13:30	07.03.2018 08:12
06.03.2018 08:32	06.03.2018 09:45	06.03.2018 13:31	07.03.2018 08:13
06.03.2018 08:35	06.03.2018 09:48	06.03.2018 13:31	07.03.2018 08:14
06.03.2018 08:38	06.03.2018 09:55	06.03.2018 13:34	07.03.2018 08:15

07.03.2018 08:17	07.03.2018 09:21	07.03.2018 13:14	08.03.2018 08:08
07.03.2018 08:18	07.03.2018 09:26	07.03.2018 13:14	08.03.2018 08:09
07.03.2018 08:18	07.03.2018 09:27	07.03.2018 13:15	08.03.2018 08:10
07.03.2018 08:20	07.03.2018 09:33	07.03.2018 13:19	08.03.2018 08:11
07.03.2018 08:20	07.03.2018 09:37	07.03.2018 13:24	08.03.2018 08:13
07.03.2018 08:21	07.03.2018 09:39	07.03.2018 13:27	08.03.2018 08:13
07.03.2018 08:22	07.03.2018 09:40	07.03.2018 13:27	08.03.2018 08:17
07.03.2018 08:26	07.03.2018 09:42	07.03.2018 13:33	08.03.2018 08:18
07.03.2018 08:33	07.03.2018 09:43	07.03.2018 13:35	08.03.2018 08:18
07.03.2018 08:33	07.03.2018 09:46	07.03.2018 13:35	08.03.2018 08:19
07.03.2018 08:34	07.03.2018 09:47	07.03.2018 13:36	08.03.2018 08:20
07.03.2018 08:36	07.03.2018 10:00	07.03.2018 13:40	08.03.2018 08:21
07.03.2018 08:37	07.03.2018 10:07	07.03.2018 13:46	08.03.2018 08:22
07.03.2018 08:38	07.03.2018 10:12	07.03.2018 13:52	08.03.2018 08:23
07.03.2018 08:39	07.03.2018 10:15	07.03.2018 13:53	08.03.2018 08:25
07.03.2018 08:44	07.03.2018 10:30	07.03.2018 13:55	08.03.2018 08:25
07.03.2018 08:45	07.03.2018 10:31	07.03.2018 13:56	08.03.2018 08:26
07.03.2018 08:45	07.03.2018 10:32	07.03.2018 14:02	08.03.2018 08:26
07.03.2018 08:46	07.03.2018 10:33	07.03.2018 14:03	08.03.2018 08:28
07.03.2018 08:47	07.03.2018 10:34	07.03.2018 14:05	08.03.2018 08:30
07.03.2018 08:47	07.03.2018 10:34	07.03.2018 14:13	08.03.2018 08:31
07.03.2018 08:47	07.03.2018 10:35	07.03.2018 14:16	08.03.2018 08:33
07.03.2018 08:48	07.03.2018 10:37	07.03.2018 14:17	08.03.2018 08:35
07.03.2018 08:48	07.03.2018 10:52	07.03.2018 14:19	08.03.2018 08:35
07.03.2018 08:53	07.03.2018 11:38	07.03.2018 14:22	08.03.2018 08:39
07.03.2018 08:58	07.03.2018 11:38	07.03.2018 14:22	08.03.2018 08:40
07.03.2018 08:59	07.03.2018 11:42	07.03.2018 14:26	08.03.2018 08:40
07.03.2018 09:01	07.03.2018 12:16	07.03.2018 14:35	08.03.2018 08:43
07.03.2018 09:05	07.03.2018 12:17	07.03.2018 14:39	08.03.2018 08:43
07.03.2018 09:05	07.03.2018 13:01	07.03.2018 14:39	08.03.2018 08:44
07.03.2018 09:05	07.03.2018 13:03	07.03.2018 14:45	08.03.2018 08:58
07.03.2018 09:06	07.03.2018 13:06	07.03.2018 14:57	08.03.2018 08:58
07.03.2018 09:07	07.03.2018 13:08	07.03.2018 15:11	08.03.2018 09:01
07.03.2018 09:08	07.03.2018 13:08	07.03.2018 15:12	08.03.2018 09:03
07.03.2018 09:11	07.03.2018 13:09	07.03.2018 15:17	08.03.2018 09:03
07.03.2018 09:12	07.03.2018 13:09	07.03.2018 15:18	08.03.2018 09:04
07.03.2018 09:13	07.03.2018 13:10	07.03.2018 15:21	08.03.2018 09:07
07.03.2018 09:15	07.03.2018 13:10	07.03.2018 15:24	08.03.2018 09:12
07.03.2018 09:15	07.03.2018 13:11	08.03.2018 08:01	08.03.2018 09:24
07.03.2018 09:15	07.03.2018 13:11	08.03.2018 08:05	08.03.2018 09:26

08.03.2018 09:28	08.03.2018 11:24	09.03.2018 08:19	09.03.2018 09:44
08.03.2018 09:28	08.03.2018 11:53	09.03.2018 08:21	09.03.2018 09:46
08.03.2018 09:31	08.03.2018 13:03	09.03.2018 08:21	09.03.2018 09:49
08.03.2018 09:32	08.03.2018 13:04	09.03.2018 08:22	09.03.2018 09:50
08.03.2018 09:33	08.03.2018 13:04	09.03.2018 08:24	09.03.2018 09:51
08.03.2018 09:34	08.03.2018 13:05	09.03.2018 08:25	09.03.2018 09:51
08.03.2018 09:36	08.03.2018 13:06	09.03.2018 08:26	09.03.2018 09:52
08.03.2018 09:36	08.03.2018 13:07	09.03.2018 08:28	09.03.2018 09:59
08.03.2018 09:37	08.03.2018 13:07	09.03.2018 08:30	09.03.2018 10:16
08.03.2018 09:38	08.03.2018 13:08	09.03.2018 08:30	09.03.2018 10:30
08.03.2018 09:40	08.03.2018 13:08	09.03.2018 08:32	09.03.2018 10:42
08.03.2018 09:41	08.03.2018 13:09	09.03.2018 08:32	09.03.2018 10:44
08.03.2018 09:42	08.03.2018 13:10	09.03.2018 08:35	09.03.2018 10:57
08.03.2018 09:42	08.03.2018 13:11	09.03.2018 08:36	09.03.2018 10:59
08.03.2018 09:47	08.03.2018 13:11	09.03.2018 08:37	09.03.2018 11:28
08.03.2018 09:49	08.03.2018 13:13	09.03.2018 08:39	09.03.2018 13:05
08.03.2018 09:53	08.03.2018 13:13	09.03.2018 08:40	09.03.2018 13:06
08.03.2018 09:55	08.03.2018 13:14	09.03.2018 08:42	09.03.2018 13:07
08.03.2018 09:59	08.03.2018 13:15	09.03.2018 08:43	09.03.2018 13:08
08.03.2018 10:06	08.03.2018 13:18	09.03.2018 08:46	09.03.2018 13:09
08.03.2018 10:11	08.03.2018 13:41	09.03.2018 08:48	09.03.2018 13:11
08.03.2018 10:13	08.03.2018 13:46	09.03.2018 08:50	09.03.2018 13:12
08.03.2018 10:14	08.03.2018 13:48	09.03.2018 08:50	09.03.2018 13:12
08.03.2018 10:14	08.03.2018 13:50	09.03.2018 08:51	09.03.2018 13:13
08.03.2018 10:17	08.03.2018 13:52	09.03.2018 08:51	09.03.2018 13:14
08.03.2018 10:18	08.03.2018 13:56	09.03.2018 08:53	09.03.2018 13:16
08.03.2018 10:24	08.03.2018 14:06	09.03.2018 08:53	09.03.2018 13:18
08.03.2018 10:31	08.03.2018 14:19	09.03.2018 08:54	09.03.2018 13:18
08.03.2018 10:31	08.03.2018 14:34	09.03.2018 08:54	09.03.2018 13:19
08.03.2018 10:36	08.03.2018 14:41	09.03.2018 08:57	09.03.2018 13:21
08.03.2018 10:41	08.03.2018 14:59	09.03.2018 09:01	09.03.2018 13:26
08.03.2018 10:46	08.03.2018 15:03	09.03.2018 09:03	09.03.2018 13:29
08.03.2018 10:52	08.03.2018 15:12	09.03.2018 09:04	09.03.2018 13:50
08.03.2018 10:53	08.03.2018 15:54	09.03.2018 09:05	09.03.2018 13:53
08.03.2018 10:54	08.03.2018 15:59	09.03.2018 09:10	09.03.2018 13:56
08.03.2018 10:54	08.03.2018 16:37	09.03.2018 09:14	09.03.2018 14:13
08.03.2018 10:56	09.03.2018 08:13	09.03.2018 09:30	09.03.2018 14:35
08.03.2018 11:12	09.03.2018 08:15	09.03.2018 09:31	09.03.2018 14:40
08.03.2018 11:18	09.03.2018 08:16	09.03.2018 09:38	09.03.2018 14:40
08.03.2018 11:23	09.03.2018 08:18	09.03.2018 09:39	

12.03.2018 08:10	12.03.2018 08:54	12.03.2018 10:54	13.03.2018 08:10
12.03.2018 08:12	12.03.2018 08:58	12.03.2018 11:43	13.03.2018 08:11
12.03.2018 08:13	12.03.2018 08:59	12.03.2018 11:44	13.03.2018 08:15
12.03.2018 08:14	12.03.2018 09:00	12.03.2018 13:02	13.03.2018 08:18
12.03.2018 08:15	12.03.2018 09:03	12.03.2018 13:04	13.03.2018 08:19
12.03.2018 08:15	12.03.2018 09:05	12.03.2018 13:04	13.03.2018 08:19
12.03.2018 08:16	12.03.2018 09:05	12.03.2018 13:09	13.03.2018 08:20
12.03.2018 08:16	12.03.2018 09:06	12.03.2018 13:10	13.03.2018 08:20
12.03.2018 08:17	12.03.2018 09:08	12.03.2018 13:10	13.03.2018 08:23
12.03.2018 08:18	12.03.2018 09:08	12.03.2018 13:11	13.03.2018 08:24
12.03.2018 08:20	12.03.2018 09:09	12.03.2018 13:11	13.03.2018 08:25
12.03.2018 08:20	12.03.2018 09:10	12.03.2018 13:11	13.03.2018 08:25
12.03.2018 08:21	12.03.2018 09:10	12.03.2018 13:13	13.03.2018 08:29
12.03.2018 08:22	12.03.2018 09:11	12.03.2018 13:13	13.03.2018 08:30
12.03.2018 08:23	12.03.2018 09:11	12.03.2018 13:14	13.03.2018 08:31
12.03.2018 08:24	12.03.2018 09:13	12.03.2018 13:15	13.03.2018 08:32
12.03.2018 08:24	12.03.2018 09:18	12.03.2018 13:15	13.03.2018 08:33
12.03.2018 08:25	12.03.2018 09:19	12.03.2018 13:16	13.03.2018 08:34
12.03.2018 08:25	12.03.2018 09:20	12.03.2018 13:17	13.03.2018 08:37
12.03.2018 08:26	12.03.2018 09:22	12.03.2018 13:17	13.03.2018 08:38
12.03.2018 08:26	12.03.2018 09:27	12.03.2018 13:17	13.03.2018 08:39
12.03.2018 08:28	12.03.2018 09:29	12.03.2018 13:17	13.03.2018 08:40
12.03.2018 08:28	12.03.2018 09:29	12.03.2018 13:18	13.03.2018 08:41
12.03.2018 08:29	12.03.2018 09:31	12.03.2018 13:19	13.03.2018 08:41
12.03.2018 08:30	12.03.2018 09:33	12.03.2018 13:27	13.03.2018 08:43
12.03.2018 08:30	12.03.2018 09:33	12.03.2018 13:30	13.03.2018 08:45
12.03.2018 08:31	12.03.2018 09:34	12.03.2018 13:35	13.03.2018 08:45
12.03.2018 08:31	12.03.2018 09:48	12.03.2018 13:39	13.03.2018 08:46
12.03.2018 08:32	12.03.2018 09:49	12.03.2018 13:40	13.03.2018 08:46
12.03.2018 08:34	12.03.2018 09:54	12.03.2018 13:46	13.03.2018 08:47
12.03.2018 08:35	12.03.2018 09:58	12.03.2018 13:46	13.03.2018 08:49
12.03.2018 08:38	12.03.2018 09:58	12.03.2018 13:47	13.03.2018 08:49
12.03.2018 08:38	12.03.2018 10:00	12.03.2018 13:58	13.03.2018 08:51
12.03.2018 08:40	12.03.2018 10:01	12.03.2018 13:59	13.03.2018 08:51
12.03.2018 08:41	12.03.2018 10:15	12.03.2018 14:08	13.03.2018 08:52
12.03.2018 08:43	12.03.2018 10:17	12.03.2018 14:48	13.03.2018 08:52
12.03.2018 08:45	12.03.2018 10:26	12.03.2018 15:04	13.03.2018 08:53
12.03.2018 08:48	12.03.2018 10:41	12.03.2018 15:20	13.03.2018 08:55
12.03.2018 08:48	12.03.2018 10:51	12.03.2018 15:30	13.03.2018 08:56
12.03.2018 08:52	12.03.2018 10:52	13.03.2018 08:10	13.03.2018 08:59

13.03.2018 09:00	13.03.2018 13:07	02.04.2018 08:09	02.04.2018 09:12
13.03.2018 09:00	13.03.2018 13:08	02.04.2018 08:10	02.04.2018 09:14
13.03.2018 09:03	13.03.2018 13:09	02.04.2018 08:11	02.04.2018 09:15
13.03.2018 09:07	13.03.2018 13:11	02.04.2018 08:12	02.04.2018 09:19
13.03.2018 09:07	13.03.2018 13:13	02.04.2018 08:12	02.04.2018 09:20
13.03.2018 09:10	13.03.2018 13:15	02.04.2018 08:13	02.04.2018 09:20
13.03.2018 09:14	13.03.2018 13:17	02.04.2018 08:13	02.04.2018 09:29
13.03.2018 09:18	13.03.2018 13:18	02.04.2018 08:13	02.04.2018 09:30
13.03.2018 09:20	13.03.2018 13:21	02.04.2018 08:16	02.04.2018 09:31
13.03.2018 09:22	13.03.2018 13:22	02.04.2018 08:17	02.04.2018 09:33
13.03.2018 09:22	13.03.2018 13:25	02.04.2018 08:18	02.04.2018 09:40
13.03.2018 09:26	13.03.2018 13:25	02.04.2018 08:19	02.04.2018 09:48
13.03.2018 09:27	13.03.2018 13:27	02.04.2018 08:22	02.04.2018 09:53
13.03.2018 09:33	13.03.2018 13:27	02.04.2018 08:24	02.04.2018 09:54
13.03.2018 09:38	13.03.2018 13:29	02.04.2018 08:25	02.04.2018 09:56
13.03.2018 09:39	13.03.2018 13:29	02.04.2018 08:26	02.04.2018 09:58
13.03.2018 09:40	13.03.2018 13:33	02.04.2018 08:27	02.04.2018 10:00
13.03.2018 09:44	13.03.2018 13:42	02.04.2018 08:27	02.04.2018 10:05
13.03.2018 09:49	13.03.2018 13:47	02.04.2018 08:28	02.04.2018 10:06
13.03.2018 09:49	13.03.2018 13:55	02.04.2018 08:28	02.04.2018 10:14
13.03.2018 09:52	13.03.2018 13:58	02.04.2018 08:29	02.04.2018 10:26
13.03.2018 09:53	13.03.2018 13:59	02.04.2018 08:29	02.04.2018 10:32
13.03.2018 09:57	13.03.2018 14:02	02.04.2018 08:30	02.04.2018 10:34
13.03.2018 10:00	13.03.2018 14:04	02.04.2018 08:37	02.04.2018 10:37
13.03.2018 10:02	13.03.2018 14:05	02.04.2018 08:38	02.04.2018 10:41
13.03.2018 10:14	13.03.2018 14:10	02.04.2018 08:38	02.04.2018 10:42
13.03.2018 10:26	13.03.2018 14:34	02.04.2018 08:39	02.04.2018 10:45
13.03.2018 10:30	13.03.2018 14:40	02.04.2018 08:39	02.04.2018 10:46
13.03.2018 10:35	13.03.2018 14:43	02.04.2018 08:40	02.04.2018 10:51
13.03.2018 10:43	13.03.2018 14:44	02.04.2018 08:40	02.04.2018 10:54
13.03.2018 10:49	13.03.2018 14:44	02.04.2018 08:47	02.04.2018 10:54
13.03.2018 10:50	13.03.2018 14:47	02.04.2018 08:48	02.04.2018 10:55
13.03.2018 11:03	13.03.2018 14:49	02.04.2018 08:53	02.04.2018 11:06
13.03.2018 11:10	13.03.2018 14:50	02.04.2018 08:54	02.04.2018 11:09
13.03.2018 11:11	13.03.2018 15:01	02.04.2018 08:59	02.04.2018 11:11
13.03.2018 11:13	13.03.2018 15:10	02.04.2018 09:00	02.04.2018 11:16
13.03.2018 11:20	13.03.2018 15:13	02.04.2018 09:01	02.04.2018 11:17
13.03.2018 13:02	13.03.2018 15:17	02.04.2018 09:04	02.04.2018 11:20
13.03.2018 13:04	13.03.2018 15:22	02.04.2018 09:05	02.04.2018 11:22
13.03.2018 13:07	13.03.2018 15:27	02.04.2018 09:08	02.04.2018 11:38

02.04.2018 13:10	03.04.2018 08:07	03.04.2018 09:21	03.04.2018 13:58
02.04.2018 13:12	03.04.2018 08:07	03.04.2018 09:22	03.04.2018 13:59
02.04.2018 13:13	03.04.2018 08:08	03.04.2018 09:23	03.04.2018 14:09
02.04.2018 13:13	03.04.2018 08:09	03.04.2018 09:27	03.04.2018 14:12
02.04.2018 13:14	03.04.2018 08:10	03.04.2018 09:33	03.04.2018 14:22
02.04.2018 13:18	03.04.2018 08:11	03.04.2018 09:45	03.04.2018 14:26
02.04.2018 13:19	03.04.2018 08:12	03.04.2018 09:52	03.04.2018 14:30
02.04.2018 13:22	03.04.2018 08:13	03.04.2018 09:52	03.04.2018 14:41
02.04.2018 13:22	03.04.2018 08:13	03.04.2018 09:56	03.04.2018 14:43
02.04.2018 13:23	03.04.2018 08:14	03.04.2018 09:57	03.04.2018 14:53
02.04.2018 13:28	03.04.2018 08:14	03.04.2018 10:03	03.04.2018 15:41
02.04.2018 13:29	03.04.2018 08:15	03.04.2018 10:04	03.04.2018 15:47
02.04.2018 13:40	03.04.2018 08:17	03.04.2018 10:10	04.04.2018 08:02
02.04.2018 13:40	03.04.2018 08:18	03.04.2018 10:17	04.04.2018 08:02
02.04.2018 13:42	03.04.2018 08:18	03.04.2018 10:25	04.04.2018 08:04
02.04.2018 13:42	03.04.2018 08:19	03.04.2018 10:28	04.04.2018 08:04
02.04.2018 13:43	03.04.2018 08:19	03.04.2018 10:28	04.04.2018 08:05
02.04.2018 13:51	03.04.2018 08:19	03.04.2018 10:35	04.04.2018 08:05
02.04.2018 13:55	03.04.2018 08:20	03.04.2018 11:05	04.04.2018 08:08
02.04.2018 13:56	03.04.2018 08:20	03.04.2018 11:15	04.04.2018 08:08
02.04.2018 14:00	03.04.2018 08:23	03.04.2018 11:17	04.04.2018 08:09
02.04.2018 14:06	03.04.2018 08:23	03.04.2018 11:20	04.04.2018 08:14
02.04.2018 14:07	03.04.2018 08:26	03.04.2018 11:25	04.04.2018 08:15
02.04.2018 14:07	03.04.2018 08:31	03.04.2018 11:29	04.04.2018 08:16
02.04.2018 14:14	03.04.2018 08:34	03.04.2018 13:11	04.04.2018 08:16
02.04.2018 14:15	03.04.2018 08:38	03.04.2018 13:11	04.04.2018 08:16
02.04.2018 14:18	03.04.2018 08:39	03.04.2018 13:12	04.04.2018 08:18
02.04.2018 14:34	03.04.2018 08:40	03.04.2018 13:15	04.04.2018 08:19
02.04.2018 14:34	03.04.2018 08:42	03.04.2018 13:19	04.04.2018 08:20
02.04.2018 14:41	03.04.2018 08:43	03.04.2018 13:19	04.04.2018 08:21
02.04.2018 14:47	03.04.2018 08:53	03.04.2018 13:20	04.04.2018 08:22
02.04.2018 14:50	03.04.2018 08:54	03.04.2018 13:21	04.04.2018 08:22
02.04.2018 14:54	03.04.2018 08:55	03.04.2018 13:22	04.04.2018 08:24
02.04.2018 14:55	03.04.2018 09:01	03.04.2018 13:23	04.04.2018 08:25
02.04.2018 15:01	03.04.2018 09:02	03.04.2018 13:23	04.04.2018 08:26
02.04.2018 15:02	03.04.2018 09:11	03.04.2018 13:32	04.04.2018 08:27
02.04.2018 15:26	03.04.2018 09:14	03.04.2018 13:36	04.04.2018 08:31
02.04.2018 15:36	03.04.2018 09:15	03.04.2018 13:37	04.04.2018 08:34
03.04.2018 08:06	03.04.2018 09:16	03.04.2018 13:40	04.04.2018 08:34
03.04.2018 08:06	03.04.2018 09:20	03.04.2018 13:58	04.04.2018 08:36

04.04.2018 08:36	04.04.2018 10:41	05.04.2018 08:16	05.04.2018 10:05
04.04.2018 08:37	04.04.2018 10:45	05.04.2018 08:17	05.04.2018 10:06
04.04.2018 08:38	04.04.2018 10:46	05.04.2018 08:17	05.04.2018 10:08
04.04.2018 08:42	04.04.2018 10:56	05.04.2018 08:19	05.04.2018 10:13
04.04.2018 08:47	04.04.2018 10:57	05.04.2018 08:20	05.04.2018 10:15
04.04.2018 08:47	04.04.2018 10:59	05.04.2018 08:21	05.04.2018 10:16
04.04.2018 08:48	04.04.2018 10:59	05.04.2018 08:21	05.04.2018 10:16
04.04.2018 08:49	04.04.2018 11:02	05.04.2018 08:22	05.04.2018 10:17
04.04.2018 08:50	04.04.2018 11:04	05.04.2018 08:24	05.04.2018 10:17
04.04.2018 08:55	04.04.2018 11:06	05.04.2018 08:24	05.04.2018 10:23
04.04.2018 08:56	04.04.2018 11:08	05.04.2018 08:26	05.04.2018 10:24
04.04.2018 08:57	04.04.2018 11:10	05.04.2018 08:29	05.04.2018 10:29
04.04.2018 09:03	04.04.2018 11:12	05.04.2018 08:33	05.04.2018 10:41
04.04.2018 09:05	04.04.2018 11:13	05.04.2018 08:33	05.04.2018 10:42
04.04.2018 09:10	04.04.2018 13:07	05.04.2018 08:34	05.04.2018 10:44
04.04.2018 09:14	04.04.2018 13:07	05.04.2018 08:34	05.04.2018 10:57
04.04.2018 09:17	04.04.2018 13:08	05.04.2018 08:35	05.04.2018 11:06
04.04.2018 09:20	04.04.2018 13:08	05.04.2018 08:35	05.04.2018 11:08
04.04.2018 09:21	04.04.2018 13:10	05.04.2018 08:37	05.04.2018 11:11
04.04.2018 09:29	04.04.2018 13:11	05.04.2018 08:41	05.04.2018 11:12
04.04.2018 09:29	04.04.2018 13:13	05.04.2018 08:44	05.04.2018 11:15
04.04.2018 09:30	04.04.2018 13:15	05.04.2018 08:46	05.04.2018 11:16
04.04.2018 09:31	04.04.2018 13:31	05.04.2018 08:49	05.04.2018 11:17
04.04.2018 09:32	04.04.2018 13:32	05.04.2018 08:53	05.04.2018 13:04
04.04.2018 09:33	04.04.2018 13:37	05.04.2018 08:59	05.04.2018 13:07
04.04.2018 09:36	04.04.2018 13:44	05.04.2018 09:04	05.04.2018 13:08
04.04.2018 09:42	04.04.2018 13:46	05.04.2018 09:10	05.04.2018 13:08
04.04.2018 09:44	04.04.2018 13:47	05.04.2018 09:11	05.04.2018 13:10
04.04.2018 09:44	04.04.2018 14:04	05.04.2018 09:12	05.04.2018 13:15
04.04.2018 09:44	04.04.2018 14:04	05.04.2018 09:12	05.04.2018 13:16
04.04.2018 09:55	04.04.2018 14:05	05.04.2018 09:13	05.04.2018 13:16
04.04.2018 10:01	04.04.2018 14:11	05.04.2018 09:22	05.04.2018 13:17
04.04.2018 10:02	04.04.2018 14:13	05.04.2018 09:22	05.04.2018 13:20
04.04.2018 10:05	04.04.2018 14:19	05.04.2018 09:27	05.04.2018 13:21
04.04.2018 10:13	04.04.2018 14:37	05.04.2018 09:28	05.04.2018 13:23
04.04.2018 10:14	04.04.2018 15:34	05.04.2018 09:37	05.04.2018 13:27
04.04.2018 10:15	04.04.2018 16:14	05.04.2018 09:41	05.04.2018 13:33
04.04.2018 10:21	04.04.2018 16:23	05.04.2018 09:41	05.04.2018 13:36
04.04.2018 10:29	05.04.2018 08:12	05.04.2018 09:55	05.04.2018 13:38
04.04.2018 10:32	05.04.2018 08:14	05.04.2018 10:02	05.04.2018 13:38

05.04.2018 13:42	06.04.2018 08:37	24.04.2018 08:07	24.04.2018 09:09
05.04.2018 13:45	06.04.2018 08:39	24.04.2018 08:12	24.04.2018 09:12
05.04.2018 14:04	06.04.2018 08:39	24.04.2018 08:19	24.04.2018 09:17
05.04.2018 14:11	06.04.2018 08:42	24.04.2018 08:20	24.04.2018 09:18
05.04.2018 14:15	06.04.2018 08:43	24.04.2018 08:24	24.04.2018 09:19
05.04.2018 14:21	06.04.2018 08:44	24.04.2018 08:24	24.04.2018 09:21
05.04.2018 14:35	06.04.2018 08:46	24.04.2018 08:25	24.04.2018 09:22
05.04.2018 14:46	06.04.2018 08:52	24.04.2018 08:26	24.04.2018 09:24
05.04.2018 15:00	06.04.2018 09:06	24.04.2018 08:27	24.04.2018 09:25
05.04.2018 15:14	06.04.2018 09:07	24.04.2018 08:28	24.04.2018 09:25
05.04.2018 15:16	06.04.2018 09:07	24.04.2018 08:29	24.04.2018 09:29
05.04.2018 15:34	06.04.2018 09:56	24.04.2018 08:30	24.04.2018 09:38
05.04.2018 16:19	06.04.2018 10:25	24.04.2018 08:31	24.04.2018 09:40
05.04.2018 16:33	06.04.2018 10:32	24.04.2018 08:34	24.04.2018 09:40
06.04.2018 08:06	06.04.2018 10:58	24.04.2018 08:39	24.04.2018 09:43
06.04.2018 08:08	06.04.2018 11:00	24.04.2018 08:41	24.04.2018 09:44
06.04.2018 08:09	06.04.2018 13:04	24.04.2018 08:42	24.04.2018 09:45
06.04.2018 08:10	06.04.2018 13:05	24.04.2018 08:45	24.04.2018 09:46
06.04.2018 08:13	06.04.2018 13:07	24.04.2018 08:46	24.04.2018 09:46
06.04.2018 08:14	06.04.2018 13:07	24.04.2018 08:46	24.04.2018 09:49
06.04.2018 08:16	06.04.2018 13:09	24.04.2018 08:47	24.04.2018 09:52
06.04.2018 08:17	06.04.2018 13:09	24.04.2018 08:48	24.04.2018 09:52
06.04.2018 08:19	06.04.2018 13:10	24.04.2018 08:49	24.04.2018 09:53
06.04.2018 08:20	06.04.2018 13:11	24.04.2018 08:52	24.04.2018 09:53
06.04.2018 08:21	06.04.2018 13:11	24.04.2018 08:52	24.04.2018 09:55
06.04.2018 08:24	06.04.2018 13:12	24.04.2018 08:57	24.04.2018 09:59
06.04.2018 08:24	06.04.2018 13:13	24.04.2018 08:57	24.04.2018 10:06
06.04.2018 08:25	06.04.2018 13:13	24.04.2018 08:58	24.04.2018 10:08
06.04.2018 08:26	06.04.2018 13:15	24.04.2018 08:59	24.04.2018 10:09
06.04.2018 08:26	06.04.2018 13:15	24.04.2018 08:59	24.04.2018 10:21
06.04.2018 08:29	06.04.2018 13:15	24.04.2018 09:00	24.04.2018 10:36
06.04.2018 08:31	06.04.2018 13:15	24.04.2018 09:01	24.04.2018 10:39
06.04.2018 08:32	06.04.2018 13:16	24.04.2018 09:02	24.04.2018 10:52
06.04.2018 08:32	06.04.2018 13:16	24.04.2018 09:03	24.04.2018 10:56
06.04.2018 08:33	06.04.2018 13:17	24.04.2018 09:03	24.04.2018 11:00
06.04.2018 08:33	06.04.2018 13:18	24.04.2018 09:04	24.04.2018 11:01
06.04.2018 08:33	06.04.2018 13:18	24.04.2018 09:05	24.04.2018 11:03
06.04.2018 08:34	06.04.2018 13:20	24.04.2018 09:06	24.04.2018 13:03
06.04.2018 08:36	06.04.2018 13:21	24.04.2018 09:07	24.04.2018 13:06
06.04.2018 08:37	06.04.2018 13:21	24.04.2018 09:09	24.04.2018 13:06

24.04.2018 13:07	24.04.2018 15:11	25.04.2018 08:45	25.04.2018 13:12
24.04.2018 13:09	24.04.2018 15:12	25.04.2018 08:47	25.04.2018 13:14
24.04.2018 13:10	24.04.2018 15:14	25.04.2018 08:48	25.04.2018 13:16
24.04.2018 13:11	24.04.2018 15:19	25.04.2018 08:49	25.04.2018 13:16
24.04.2018 13:14	24.04.2018 15:21	25.04.2018 08:49	25.04.2018 13:17
24.04.2018 13:15	24.04.2018 15:26	25.04.2018 08:57	25.04.2018 13:21
24.04.2018 13:15	24.04.2018 15:32	25.04.2018 08:58	25.04.2018 13:23
24.04.2018 13:16	24.04.2018 15:40	25.04.2018 08:59	25.04.2018 13:24
24.04.2018 13:16	24.04.2018 15:58	25.04.2018 09:01	25.04.2018 13:24
24.04.2018 13:18	25.04.2018 08:10	25.04.2018 09:02	25.04.2018 13:26
24.04.2018 13:18	25.04.2018 08:11	25.04.2018 09:07	25.04.2018 13:29
24.04.2018 13:19	25.04.2018 08:11	25.04.2018 09:08	25.04.2018 13:31
24.04.2018 13:20	25.04.2018 08:12	25.04.2018 09:12	25.04.2018 13:34
24.04.2018 13:26	25.04.2018 08:12	25.04.2018 09:13	25.04.2018 13:39
24.04.2018 13:26	25.04.2018 08:13	25.04.2018 09:14	25.04.2018 13:40
24.04.2018 13:30	25.04.2018 08:14	25.04.2018 09:17	25.04.2018 13:41
24.04.2018 13:30	25.04.2018 08:15	25.04.2018 09:20	25.04.2018 13:43
24.04.2018 13:31	25.04.2018 08:16	25.04.2018 09:25	25.04.2018 13:44
24.04.2018 13:33	25.04.2018 08:16	25.04.2018 09:26	25.04.2018 13:46
24.04.2018 13:34	25.04.2018 08:18	25.04.2018 09:36	25.04.2018 13:48
24.04.2018 13:34	25.04.2018 08:18	25.04.2018 09:49	25.04.2018 13:51
24.04.2018 13:35	25.04.2018 08:19	25.04.2018 09:51	25.04.2018 13:57
24.04.2018 13:36	25.04.2018 08:20	25.04.2018 09:54	25.04.2018 14:00
24.04.2018 13:36	25.04.2018 08:23	25.04.2018 10:09	25.04.2018 14:15
24.04.2018 13:37	25.04.2018 08:26	25.04.2018 10:21	25.04.2018 14:25
24.04.2018 13:40	25.04.2018 08:29	25.04.2018 10:22	25.04.2018 14:29
24.04.2018 13:40	25.04.2018 08:30	25.04.2018 10:25	25.04.2018 14:31
24.04.2018 13:43	25.04.2018 08:34	25.04.2018 10:26	25.04.2018 14:33
24.04.2018 13:52	25.04.2018 08:34	25.04.2018 10:44	25.04.2018 14:43
24.04.2018 13:52	25.04.2018 08:35	25.04.2018 10:45	25.04.2018 15:07
24.04.2018 13:55	25.04.2018 08:36	25.04.2018 10:46	25.04.2018 15:24
24.04.2018 14:00	25.04.2018 08:38	25.04.2018 11:15	26.04.2018 08:07
24.04.2018 14:26	25.04.2018 08:38	25.04.2018 11:17	26.04.2018 08:10
24.04.2018 14:44	25.04.2018 08:39	25.04.2018 11:26	26.04.2018 08:10
24.04.2018 14:45	25.04.2018 08:40	25.04.2018 11:45	26.04.2018 08:12
24.04.2018 15:03	25.04.2018 08:42	25.04.2018 13:04	26.04.2018 08:13
24.04.2018 15:05	25.04.2018 08:42	25.04.2018 13:07	26.04.2018 08:17
24.04.2018 15:05	25.04.2018 08:42	25.04.2018 13:08	26.04.2018 08:18
24.04.2018 15:08	25.04.2018 08:43	25.04.2018 13:09	26.04.2018 08:22
24.04.2018 15:10	25.04.2018 08:43	25.04.2018 13:10	26.04.2018 08:23

26.04.2018 08:25	26.04.2018 09:42	26.04.2018 13:55	27.04.2018 08:59
26.04.2018 08:25	26.04.2018 09:45	26.04.2018 13:57	27.04.2018 09:05
26.04.2018 08:26	26.04.2018 09:46	26.04.2018 14:00	27.04.2018 09:12
26.04.2018 08:27	26.04.2018 09:50	26.04.2018 14:01	27.04.2018 09:13
26.04.2018 08:28	26.04.2018 09:59	26.04.2018 14:03	27.04.2018 09:16
26.04.2018 08:28	26.04.2018 10:01	26.04.2018 14:04	27.04.2018 09:26
26.04.2018 08:29	26.04.2018 10:03	26.04.2018 14:18	27.04.2018 09:27
26.04.2018 08:30	26.04.2018 10:11	26.04.2018 14:25	27.04.2018 09:28
26.04.2018 08:30	26.04.2018 10:16	26.04.2018 14:31	27.04.2018 09:32
26.04.2018 08:31	26.04.2018 10:20	26.04.2018 14:32	27.04.2018 09:32
26.04.2018 08:32	26.04.2018 10:25	26.04.2018 14:33	27.04.2018 09:33
26.04.2018 08:33	26.04.2018 10:29	26.04.2018 14:35	27.04.2018 09:36
26.04.2018 08:33	26.04.2018 10:33	26.04.2018 14:57	27.04.2018 09:37
26.04.2018 08:34	26.04.2018 10:49	26.04.2018 14:58	27.04.2018 09:40
26.04.2018 08:34	26.04.2018 10:51	26.04.2018 15:20	27.04.2018 09:45
26.04.2018 08:35	26.04.2018 11:39	26.04.2018 16:09	27.04.2018 09:49
26.04.2018 08:37	26.04.2018 12:59	27.04.2018 08:06	27.04.2018 09:49
26.04.2018 08:37	26.04.2018 13:01	27.04.2018 08:07	27.04.2018 09:50
26.04.2018 08:37	26.04.2018 13:02	27.04.2018 08:09	27.04.2018 09:53
26.04.2018 08:39	26.04.2018 13:02	27.04.2018 08:10	27.04.2018 09:53
26.04.2018 08:39	26.04.2018 13:03	27.04.2018 08:11	27.04.2018 09:55
26.04.2018 08:40	26.04.2018 13:03	27.04.2018 08:12	27.04.2018 10:02
26.04.2018 08:47	26.04.2018 13:05	27.04.2018 08:13	27.04.2018 10:03
26.04.2018 08:47	26.04.2018 13:05	27.04.2018 08:14	27.04.2018 10:04
26.04.2018 09:03	26.04.2018 13:05	27.04.2018 08:16	27.04.2018 10:08
26.04.2018 09:04	26.04.2018 13:06	27.04.2018 08:17	27.04.2018 10:14
26.04.2018 09:08	26.04.2018 13:06	27.04.2018 08:17	27.04.2018 10:31
26.04.2018 09:08	26.04.2018 13:08	27.04.2018 08:18	27.04.2018 10:41
26.04.2018 09:09	26.04.2018 13:08	27.04.2018 08:21	27.04.2018 10:46
26.04.2018 09:11	26.04.2018 13:10	27.04.2018 08:28	27.04.2018 10:48
26.04.2018 09:14	26.04.2018 13:11	27.04.2018 08:33	27.04.2018 10:49
26.04.2018 09:14	26.04.2018 13:18	27.04.2018 08:33	27.04.2018 10:54
26.04.2018 09:15	26.04.2018 13:19	27.04.2018 08:34	27.04.2018 10:57
26.04.2018 09:16	26.04.2018 13:21	27.04.2018 08:34	27.04.2018 11:07
26.04.2018 09:17	26.04.2018 13:30	27.04.2018 08:45	27.04.2018 11:11
26.04.2018 09:18	26.04.2018 13:32	27.04.2018 08:46	27.04.2018 11:27
26.04.2018 09:18	26.04.2018 13:37	27.04.2018 08:47	27.04.2018 11:28
26.04.2018 09:26	26.04.2018 13:46	27.04.2018 08:48	27.04.2018 13:04
26.04.2018 09:31	26.04.2018 13:46	27.04.2018 08:50	27.04.2018 13:07
26.04.2018 09:42	26.04.2018 13:51	27.04.2018 08:53	27.04.2018 13:08

27.04.2018 13:12	07.05.2018 08:36	07.05.2018 09:43	07.05.2018 14:14
27.04.2018 13:13	07.05.2018 08:37	07.05.2018 09:44	07.05.2018 14:16
27.04.2018 13:14	07.05.2018 08:38	07.05.2018 09:45	07.05.2018 14:25
27.04.2018 13:15	07.05.2018 08:41	07.05.2018 09:47	07.05.2018 14:26
27.04.2018 13:15	07.05.2018 08:43	07.05.2018 09:50	07.05.2018 14:26
27.04.2018 13:18	07.05.2018 08:43	07.05.2018 09:55	07.05.2018 14:32
27.04.2018 13:24	07.05.2018 08:45	07.05.2018 10:11	07.05.2018 14:33
27.04.2018 13:25	07.05.2018 08:46	07.05.2018 10:12	07.05.2018 14:35
27.04.2018 13:41	07.05.2018 08:47	07.05.2018 10:23	07.05.2018 14:35
27.04.2018 13:43	07.05.2018 08:48	07.05.2018 10:25	07.05.2018 14:37
27.04.2018 13:44	07.05.2018 08:57	07.05.2018 10:32	07.05.2018 14:43
27.04.2018 13:52	07.05.2018 09:01	07.05.2018 10:33	07.05.2018 14:45
27.04.2018 13:59	07.05.2018 09:04	07.05.2018 10:34	07.05.2018 14:51
27.04.2018 14:03	07.05.2018 09:10	07.05.2018 10:51	07.05.2018 14:58
27.04.2018 14:04	07.05.2018 09:11	07.05.2018 11:20	07.05.2018 15:02
27.04.2018 14:06	07.05.2018 09:13	07.05.2018 11:30	07.05.2018 15:02
27.04.2018 14:16	07.05.2018 09:13	07.05.2018 11:50	07.05.2018 15:11
27.04.2018 14:17	07.05.2018 09:14	07.05.2018 12:01	07.05.2018 15:39
27.04.2018 14:29	07.05.2018 09:14	07.05.2018 12:59	07.05.2018 15:42
27.04.2018 14:29	07.05.2018 09:16	07.05.2018 13:02	07.05.2018 15:49
27.04.2018 14:37	07.05.2018 09:16	07.05.2018 13:03	07.05.2018 16:06
27.04.2018 14:42	07.05.2018 09:20	07.05.2018 13:04	08.05.2018 08:05
27.04.2018 14:42	07.05.2018 09:22	07.05.2018 13:05	08.05.2018 08:14
27.04.2018 14:43	07.05.2018 09:22	07.05.2018 13:07	08.05.2018 08:15
27.04.2018 14:44	07.05.2018 09:24	07.05.2018 13:07	08.05.2018 08:18
27.04.2018 15:00	07.05.2018 09:28	07.05.2018 13:08	08.05.2018 08:18
27.04.2018 15:02	07.05.2018 09:29	07.05.2018 13:08	08.05.2018 08:21
27.04.2018 15:02	07.05.2018 09:29	07.05.2018 13:09	08.05.2018 08:22
27.04.2018 15:05	07.05.2018 09:30	07.05.2018 13:09	08.05.2018 08:24
27.04.2018 15:09	07.05.2018 09:30	07.05.2018 13:11	08.05.2018 08:27
27.04.2018 15:12	07.05.2018 09:31	07.05.2018 13:13	08.05.2018 08:28
27.04.2018 15:14	07.05.2018 09:32	07.05.2018 13:14	08.05.2018 08:28
07.05.2018 08:26	07.05.2018 09:32	07.05.2018 13:24	08.05.2018 08:29
07.05.2018 08:28	07.05.2018 09:32	07.05.2018 13:33	08.05.2018 08:30
07.05.2018 08:31	07.05.2018 09:33	07.05.2018 13:34	08.05.2018 08:31
07.05.2018 08:31	07.05.2018 09:34	07.05.2018 13:37	08.05.2018 08:31
07.05.2018 08:31	07.05.2018 09:34	07.05.2018 13:37	08.05.2018 08:33
07.05.2018 08:32	07.05.2018 09:34	07.05.2018 13:43	08.05.2018 08:35
07.05.2018 08:33	07.05.2018 09:35	07.05.2018 13:47	08.05.2018 08:35
07.05.2018 08:34	07.05.2018 09:37	07.05.2018 13:50	08.05.2018 08:36

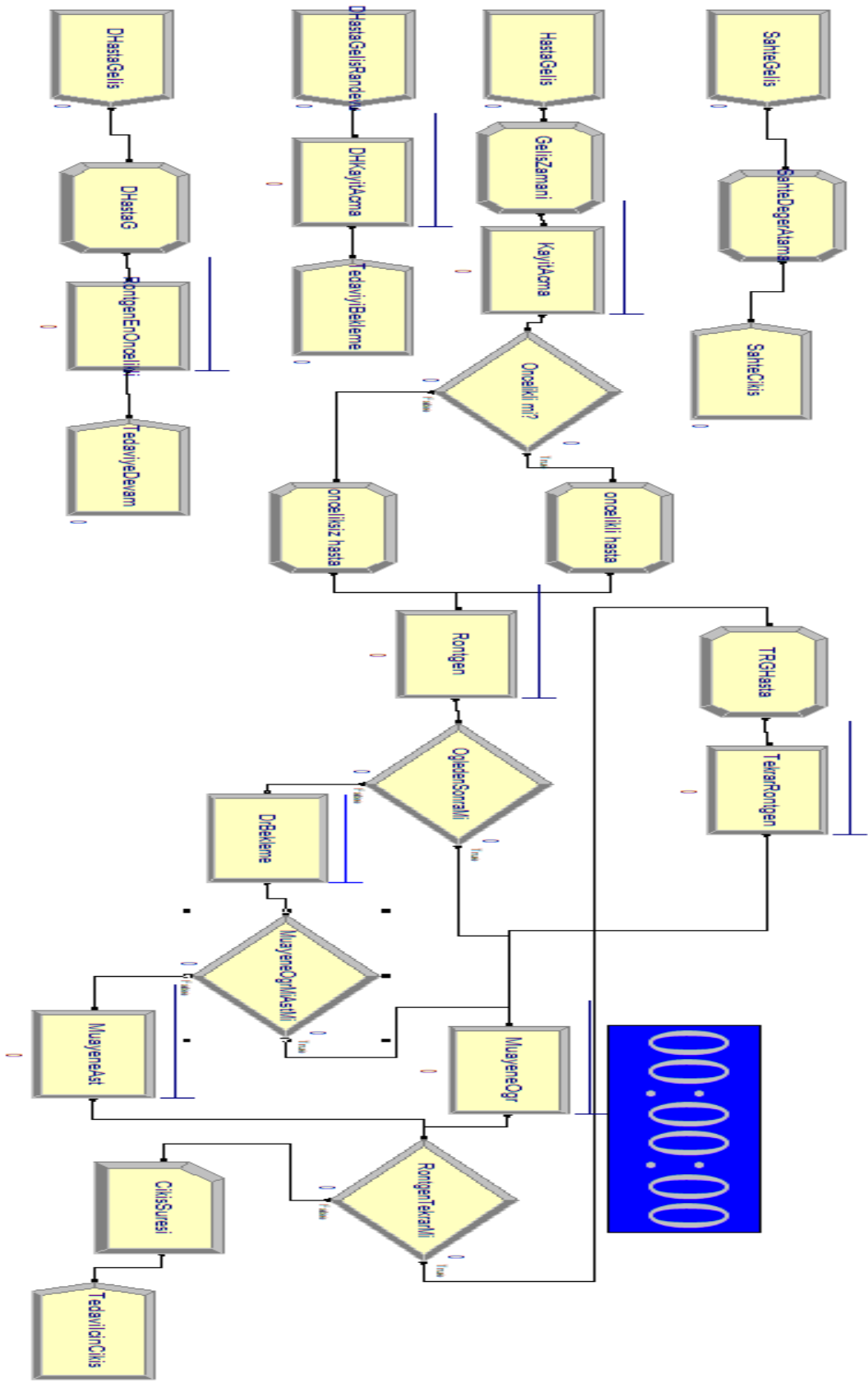
08.05.2018 08:38	08.05.2018 13:04	10.05.2018 08:23	10.05.2018 10:06
08.05.2018 08:39	08.05.2018 13:08	10.05.2018 08:25	10.05.2018 10:08
08.05.2018 08:41	08.05.2018 13:08	10.05.2018 08:26	10.05.2018 10:10
08.05.2018 08:42	08.05.2018 13:10	10.05.2018 08:26	10.05.2018 10:11
08.05.2018 08:43	08.05.2018 13:11	10.05.2018 08:27	10.05.2018 10:30
08.05.2018 08:48	08.05.2018 13:14	10.05.2018 08:28	10.05.2018 10:36
08.05.2018 08:49	08.05.2018 13:19	10.05.2018 08:30	10.05.2018 10:37
08.05.2018 08:55	08.05.2018 13:21	10.05.2018 08:33	10.05.2018 10:54
08.05.2018 09:00	08.05.2018 13:22	10.05.2018 08:33	10.05.2018 10:55
08.05.2018 09:03	08.05.2018 13:28	10.05.2018 08:34	10.05.2018 10:56
08.05.2018 09:17	08.05.2018 13:31	10.05.2018 08:35	10.05.2018 11:04
08.05.2018 09:19	08.05.2018 13:33	10.05.2018 08:38	10.05.2018 11:09
08.05.2018 09:21	08.05.2018 13:47	10.05.2018 08:38	10.05.2018 13:02
08.05.2018 09:24	08.05.2018 13:56	10.05.2018 08:40	10.05.2018 13:05
08.05.2018 09:26	08.05.2018 13:58	10.05.2018 08:41	10.05.2018 13:07
08.05.2018 09:29	08.05.2018 14:00	10.05.2018 08:42	10.05.2018 13:08
08.05.2018 09:38	08.05.2018 14:05	10.05.2018 08:43	10.05.2018 13:09
08.05.2018 09:39	08.05.2018 14:06	10.05.2018 08:45	10.05.2018 13:10
08.05.2018 09:42	08.05.2018 14:14	10.05.2018 08:47	10.05.2018 13:13
08.05.2018 09:43	08.05.2018 14:21	10.05.2018 08:48	10.05.2018 13:14
08.05.2018 09:44	08.05.2018 14:22	10.05.2018 08:49	10.05.2018 13:22
08.05.2018 09:46	08.05.2018 14:28	10.05.2018 08:49	10.05.2018 13:38
08.05.2018 09:54	08.05.2018 14:29	10.05.2018 08:49	10.05.2018 13:48
08.05.2018 09:56	08.05.2018 14:34	10.05.2018 08:50	10.05.2018 13:53
08.05.2018 10:00	08.05.2018 14:35	10.05.2018 08:51	10.05.2018 13:55
08.05.2018 10:13	08.05.2018 14:46	10.05.2018 08:51	10.05.2018 14:13
08.05.2018 10:14	08.05.2018 14:49	10.05.2018 08:52	10.05.2018 14:13
08.05.2018 10:18	08.05.2018 15:00	10.05.2018 08:54	10.05.2018 14:13
08.05.2018 10:18	08.05.2018 15:04	10.05.2018 08:55	10.05.2018 14:14
08.05.2018 10:29	08.05.2018 15:13	10.05.2018 09:04	10.05.2018 14:15
08.05.2018 10:38	08.05.2018 15:14	10.05.2018 09:20	10.05.2018 14:21
08.05.2018 10:40	08.05.2018 15:23	10.05.2018 09:21	10.05.2018 14:25
08.05.2018 10:44	08.05.2018 15:27	10.05.2018 09:24	10.05.2018 14:38
08.05.2018 10:45	10.05.2018 08:02	10.05.2018 09:31	10.05.2018 14:53
08.05.2018 10:48	10.05.2018 08:03	10.05.2018 09:33	10.05.2018 14:54
08.05.2018 10:54	10.05.2018 08:15	10.05.2018 09:34	10.05.2018 15:01
08.05.2018 10:57	10.05.2018 08:18	10.05.2018 09:35	10.05.2018 15:10
08.05.2018 11:09	10.05.2018 08:19	10.05.2018 09:37	10.05.2018 15:11
08.05.2018 11:15	10.05.2018 08:20	10.05.2018 09:50	10.05.2018 15:21
08.05.2018 11:36	10.05.2018 08:22	10.05.2018 09:55	

21.05.2018 08:05	21.05.2018 09:19	21.05.2018 14:04	22.05.2018 09:01
21.05.2018 08:07	21.05.2018 09:31	21.05.2018 14:08	22.05.2018 09:06
21.05.2018 08:10	21.05.2018 09:38	21.05.2018 14:12	22.05.2018 09:09
21.05.2018 08:10	21.05.2018 09:38	21.05.2018 14:17	22.05.2018 09:09
21.05.2018 08:12	21.05.2018 09:49	21.05.2018 14:26	22.05.2018 09:10
21.05.2018 08:13	21.05.2018 09:49	21.05.2018 14:28	22.05.2018 09:14
21.05.2018 08:14	21.05.2018 09:50	21.05.2018 14:36	22.05.2018 09:14
21.05.2018 08:15	21.05.2018 09:53	21.05.2018 14:42	22.05.2018 09:15
21.05.2018 08:15	21.05.2018 10:03	21.05.2018 14:55	22.05.2018 09:18
21.05.2018 08:16	21.05.2018 10:10	21.05.2018 15:02	22.05.2018 09:24
21.05.2018 08:17	21.05.2018 10:16	21.05.2018 15:02	22.05.2018 09:25
21.05.2018 08:17	21.05.2018 10:19	21.05.2018 15:08	22.05.2018 09:36
21.05.2018 08:18	21.05.2018 10:31	21.05.2018 15:09	22.05.2018 09:45
21.05.2018 08:19	21.05.2018 10:34	21.05.2018 15:11	22.05.2018 09:49
21.05.2018 08:20	21.05.2018 10:35	21.05.2018 15:12	22.05.2018 09:50
21.05.2018 08:22	21.05.2018 10:38	21.05.2018 15:31	22.05.2018 09:51
21.05.2018 08:30	21.05.2018 10:40	21.05.2018 15:50	22.05.2018 10:02
21.05.2018 08:31	21.05.2018 10:47	21.05.2018 15:51	22.05.2018 10:04
21.05.2018 08:34	21.05.2018 10:58	22.05.2018 08:13	22.05.2018 10:04
21.05.2018 08:35	21.05.2018 11:14	22.05.2018 08:16	22.05.2018 10:06
21.05.2018 08:36	21.05.2018 11:27	22.05.2018 08:17	22.05.2018 10:07
21.05.2018 08:38	21.05.2018 13:12	22.05.2018 08:18	22.05.2018 10:14
21.05.2018 08:39	21.05.2018 13:14	22.05.2018 08:19	22.05.2018 10:17
21.05.2018 08:39	21.05.2018 13:16	22.05.2018 08:19	22.05.2018 10:22
21.05.2018 08:44	21.05.2018 13:19	22.05.2018 08:20	22.05.2018 10:31
21.05.2018 08:45	21.05.2018 13:20	22.05.2018 08:21	22.05.2018 10:42
21.05.2018 08:47	21.05.2018 13:22	22.05.2018 08:21	22.05.2018 10:46
21.05.2018 08:47	21.05.2018 13:22	22.05.2018 08:23	22.05.2018 10:49
21.05.2018 08:48	21.05.2018 13:24	22.05.2018 08:27	22.05.2018 10:50
21.05.2018 08:51	21.05.2018 13:24	22.05.2018 08:28	22.05.2018 10:51
21.05.2018 08:53	21.05.2018 13:27	22.05.2018 08:29	22.05.2018 10:55
21.05.2018 08:54	21.05.2018 13:27	22.05.2018 08:29	22.05.2018 10:57
21.05.2018 08:55	21.05.2018 13:29	22.05.2018 08:34	22.05.2018 11:03
21.05.2018 09:00	21.05.2018 13:29	22.05.2018 08:36	22.05.2018 11:04
21.05.2018 09:00	21.05.2018 13:31	22.05.2018 08:37	22.05.2018 11:11
21.05.2018 09:11	21.05.2018 13:51	22.05.2018 08:39	22.05.2018 11:18
21.05.2018 09:13	21.05.2018 13:55	22.05.2018 08:42	22.05.2018 11:19
21.05.2018 09:14	21.05.2018 13:57	22.05.2018 08:48	22.05.2018 11:21
21.05.2018 09:15	21.05.2018 14:03	22.05.2018 08:48	22.05.2018 11:24
21.05.2018 09:16	21.05.2018 14:04	22.05.2018 08:54	22.05.2018 11:25

22.05.2018 13:08	23.05.2018 08:34	23.05.2018 13:59	24.05.2018 08:42
22.05.2018 13:09	23.05.2018 08:35	23.05.2018 14:01	24.05.2018 08:43
22.05.2018 13:09	23.05.2018 08:50	23.05.2018 14:13	24.05.2018 08:47
22.05.2018 13:10	23.05.2018 09:04	23.05.2018 14:22	24.05.2018 08:47
22.05.2018 13:11	23.05.2018 09:07	23.05.2018 14:29	24.05.2018 08:48
22.05.2018 13:14	23.05.2018 09:10	23.05.2018 14:35	24.05.2018 08:49
22.05.2018 13:14	23.05.2018 09:11	23.05.2018 14:38	24.05.2018 08:50
22.05.2018 13:15	23.05.2018 09:19	23.05.2018 14:40	24.05.2018 08:53
22.05.2018 13:15	23.05.2018 09:39	23.05.2018 14:42	24.05.2018 08:54
22.05.2018 13:17	23.05.2018 09:41	23.05.2018 14:45	24.05.2018 08:59
22.05.2018 13:18	23.05.2018 09:44	23.05.2018 14:49	24.05.2018 09:00
22.05.2018 13:19	23.05.2018 09:46	23.05.2018 14:54	24.05.2018 09:06
22.05.2018 13:20	23.05.2018 09:58	23.05.2018 14:55	24.05.2018 09:10
22.05.2018 13:30	23.05.2018 10:04	23.05.2018 15:08	24.05.2018 09:13
22.05.2018 13:31	23.05.2018 10:05	23.05.2018 15:19	24.05.2018 09:15
22.05.2018 13:44	23.05.2018 10:15	23.05.2018 15:30	24.05.2018 09:22
22.05.2018 13:54	23.05.2018 10:16	23.05.2018 15:35	24.05.2018 09:25
22.05.2018 13:58	23.05.2018 10:18	23.05.2018 15:36	24.05.2018 09:26
22.05.2018 14:00	23.05.2018 10:19	23.05.2018 15:37	24.05.2018 09:32
22.05.2018 14:08	23.05.2018 10:19	23.05.2018 15:58	24.05.2018 09:32
22.05.2018 14:09	23.05.2018 10:28	23.05.2018 16:01	24.05.2018 09:33
22.05.2018 14:13	23.05.2018 10:31	23.05.2018 16:43	24.05.2018 09:43
22.05.2018 14:19	23.05.2018 10:31	24.05.2018 08:07	24.05.2018 09:48
22.05.2018 14:57	23.05.2018 10:43	24.05.2018 08:08	24.05.2018 09:52
22.05.2018 14:59	23.05.2018 10:49	24.05.2018 08:11	24.05.2018 09:55
22.05.2018 15:26	23.05.2018 10:51	24.05.2018 08:12	24.05.2018 09:57
22.05.2018 15:30	23.05.2018 10:53	24.05.2018 08:12	24.05.2018 10:01
22.05.2018 15:42	23.05.2018 10:54	24.05.2018 08:12	24.05.2018 10:01
22.05.2018 15:47	23.05.2018 10:55	24.05.2018 08:13	24.05.2018 10:01
23.05.2018 08:13	23.05.2018 10:58	24.05.2018 08:14	24.05.2018 10:09
23.05.2018 08:15	23.05.2018 11:11	24.05.2018 08:15	24.05.2018 10:11
23.05.2018 08:17	23.05.2018 11:25	24.05.2018 08:16	24.05.2018 10:15
23.05.2018 08:17	23.05.2018 13:08	24.05.2018 08:20	24.05.2018 10:16
23.05.2018 08:19	23.05.2018 13:10	24.05.2018 08:26	24.05.2018 10:26
23.05.2018 08:22	23.05.2018 13:11	24.05.2018 08:26	24.05.2018 10:28
23.05.2018 08:23	23.05.2018 13:14	24.05.2018 08:28	24.05.2018 10:31
23.05.2018 08:24	23.05.2018 13:21	24.05.2018 08:30	24.05.2018 10:39
23.05.2018 08:25	23.05.2018 13:31	24.05.2018 08:35	24.05.2018 10:43
23.05.2018 08:29	23.05.2018 13:31	24.05.2018 08:35	24.05.2018 10:47
23.05.2018 08:31	23.05.2018 13:48	24.05.2018 08:41	24.05.2018 10:49

24.05.2018 10:50
24.05.2018 10:50
24.05.2018 10:54
24.05.2018 11:07
24.05.2018 11:17
24.05.2018 11:18
24.05.2018 11:20
24.05.2018 11:22
24.05.2018 11:23
24.05.2018 11:24
24.05.2018 13:05
24.05.2018 13:07
24.05.2018 13:08
24.05.2018 13:09
24.05.2018 13:11
24.05.2018 13:12
24.05.2018 13:12
24.05.2018 13:12
24.05.2018 13:13
24.05.2018 13:15
24.05.2018 13:24
24.05.2018 13:32
24.05.2018 13:32
24.05.2018 13:44
24.05.2018 13:46
24.05.2018 13:52
24.05.2018 13:59
24.05.2018 14:01
24.05.2018 14:05
24.05.2018 14:05
24.05.2018 14:08
24.05.2018 14:18
24.05.2018 14:48
24.05.2018 14:51
24.05.2018 15:00
24.05.2018 15:04
24.05.2018 15:06
24.05.2018 15:06
24.05.2018 15:07
24.05.2018 15:26

EK 2- ARENA'DA KURULAN SİMÜLASYON MODELİN GENEL GÖRÜNTÜSÜ



EK 3.a- MEVCUT DURUMA GÖRE ARENA'DA ÇIKAN SONUÇ RAPORU

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Hasta	18.0660	0,28	15.6159	20.9116
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Hasta	0.00	0,00	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Hasta	34.8762	5,61	2.3270	117.04
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Hasta	0.00	0,00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Hasta	0.00	0,00	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Hasta	52.9422	5,55	19.8381	134.86

Other

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
KayitAcma	115.10	5,97	68.0000	175.00
MuayeneAst	66.1695	6,04	17.0000	130.00
MuayeneOgr	91.1525	4,52	58.0000	136.00
Rontgen	115.02	5,95	68.0000	174.00
TekrarRontgen	42.7966	3,11	22.0000	81.0000

Process

Time per Entity

VA Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
KayitAcma	1.0302	0,00	1.0038	1.0727
MuayeneAst	7.1860	0,07	6.6052	7.8102
MuayeneOgr	14.9103	0,10	14.1194	15.9829
Rontgen	2.4986	0,01	2.3639	2.6429
TekrarRontgen	0.7523	0,00	0.7272	0.7758
Wait Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
KayitAcma	0.00102628	0,00	0.00	0.00932489
MuayeneAst	2.7416	0,23	0.2307	3.6359
MuayeneOgr	20.4518	3,27	2.6185	57.2645
Rontgen	0.6356	0,42	0.00	9.1204
TekrarRontgen	0.1952	0,11	0.00	2.5663
Total Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
KayitAcma	1.0312	0,00	1.0038	1.0727
MuayeneAst	9.9275	0,25	6.8798	11.2643
MuayeneOgr	35.3622	3,27	17.3326	72.0404
Rontgen	3.1342	0,42	2.3639	11.6112
TekrarRontgen	0.9475	0,11	0.7425	3.3116

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
DHKayitAcma.Queue	0.00500970	0,00	0.00	0.03581348
DrBekleme.Queue	26.2746	6,36	0.00	114.91
KayitAcma.Queue	0.00102583	0,00	0.00	0.00932489
MuayeneAst.Queue	2.7418	0,23	0.2307	3.6359
MuayeneOgr.Queue	20.9075	3,55	2.5030	61.0987
Rontgen.Queue	0.6351	0,42	0.00	9.1204
RontgenEnOncelikli.Queue	0.3777	0,21	0.00	4.1662
TekrarRontgen.Queue	0.1947	0,11	0.00	2.5663

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
DHKayitAcma.Queue	0.00042040	0,00	0.00	0.00292787
DrBekleme.Queue	5.3259	1,67	0.00	37.3421
KayitAcma.Queue	0.00026316	0,00	0.00	0.00178163
MuayeneAst.Queue	0.4097	0,06	0.01337288	0.9690
MuayeneOgr.Queue	4.5464	1,07	0.3546	20.2158
Rontgen.Queue	0.1991	0,14	0.00	3.0025
RontgenEnOncelikli.Queue	0.03777461	0,02	0.00	0.4167
TekrarRontgen.Queue	0.02206234	0,01	0.00	0.3583

Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
DoktorAst	0.4948	0,05	0.1333	0.9764
KayitAcmaPersoneli	0.1559	0,01	0.1023	0.2159
Makine1	0.3405	0,02	0.2155	0.4957
Makine2	0.03349517	0,00	0.01747773	0.06270021
OgrDoktor	0.9034	0,02	0.6538	0.9896
RontgenDoktor	0.3325	0,02	0.1925	0.4995

Tally

Interval	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
CikisSuresi	56.7750	5,80	22.1720	142.57



EK 3.b- ALTERNATİF SENARYO 1'E GÖRE ARENA'DA ÇIKAN SONUÇ RAPORU

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Hasta	17.4873	0,25	15.5785	19.5221
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Hasta	0.00	0,00	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Hasta	29.8560	4,90	4.3063	75.6282
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Hasta	0.00	0,00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Hasta	0.00	0,00	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Hasta	47.3433	4,82	21.2483	91.5686

Process

Other

Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
KayıtAcma	122.25	8,77	75.0000	241.00
MuayeneAst	76.7627	5,55	28.0000	132.00
MuayeneOgr	79.8475	3,50	49.0000	100.00
Rontgen	122.08	8,76	75.0000	240.00
TekrarRontgen	43.0169	2,69	20.0000	63.0000

Process

Time per Entity

VA Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
KayitAcma	1.0285	0,00	0.9909	1.0587
MuayeneAst	7.2037	0,06	6.7444	7.8600
MuayeneOgr	14.8791	0,13	13.7985	16.1967
Rontgen	2.5032	0,01	2.3913	2.6806
TekrarRontgen	0.7496	0,00	0.7192	0.7735
Wait Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
KayitAcma	0.01531595	0,03	0.00	0.7692
MuayeneAst	1.9927	0,19	0.03264383	2.8583
MuayeneOgr	25.4240	4,68	5.6548	82.3915
Rontgen	2.1889	1,82	0.00036965	40.5121
TekrarRontgen	0.6746	0,52	0.00	11.5532
Total Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
KayitAcma	1.0438	0,03	0.9933	1.7889
MuayeneAst	9.1964	0,22	6.8109	10.4455
MuayeneOgr	40.3031	4,70	20.6363	96.6842
Rontgen	4.6921	1,82	2.4029	43.0230
TekrarRontgen	1.4242	0,52	0.7349	12.3176

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
DHKayitAcma.Queue	0.01422934	0,01	0.00	0.3697
DrBekleme.Queue	16.5592	3,92	0.00	57.0612
KayitAcma.Queue	0.01531468	0,03	0.00	0.7692
MuayeneAst.Queue	1.9927	0,19	0.03264383	2.8583
MuayeneOgr.Queue	25.6854	4,94	5.5590	85.2049
Rontgen.Queue	2.1878	1,82	0.00036965	40.5121
RontgenEnOncelikli.Queue	0.6172	0,45	0.00	9.5472
TekrarRontgen.Queue	0.6735	0,52	0.00	11.5532

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
DHKayitAcma.Queue	0.00120026	0,00	0.00	0.03157824
DrBekleme.Queue	3.3769	0,98	0.00	16.4225
KayitAcma.Queue	0.00592501	0,01	0.00	0.2965
MuayeneAst.Queue	0.3399	0,05	0.00190446	0.7269
MuayeneOgr.Queue	5.9475	1,89	0.6834	30.3940
Rontgen.Queue	0.8903	0,78	0.00007086	18.4015
RontgenEnOncelikli.Queue	0.06172374	0,05	0.00	0.9548
TekrarRontgen.Queue	0.07501601	0,06	0.00	1.3721

Resource

Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
DoktorAst	0.4567	0,03	0.1695	0.7585
KayitAcmaPersoneli	0.1635	0,01	0.1116	0.2978
Makine1	0.3600	0,02	0.2279	0.6563
Makine2	0.03362691	0,00	0.01578228	0.04914178
OgrDoktor	0.8765	0,03	0.6385	0.9929
RontgenDoktor	0.3523	0,02	0.2026	0.6613

User Specified

Tally

Interval	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
CikisSuresi	50.6015	5,02	23.5769	96.7640

EK 3.c- ALTERNATİF SENARYO 2'YE GÖRE ARENA'DA ÇIKAN SONUÇ RAPORU**Entity****Time**

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Hasta	18.6782	0,30	15.8854	21.2860
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Hasta	0.00	0,00	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Hasta	19.8167	4,42	2.0832	80.9450
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Hasta	0.00	0,00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Hasta	0.00	0,00	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Hasta	38.4950	4,27	19.7720	96.8304

Process**Other**

Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
KayıtAcma	117.97	8,22	76.0000	224.00
MuayeneAst	59.6780	6,94	7.0000	141.00
MuayeneOgr	93.6610	3,18	65.0000	112.00
Rontgen	117.75	8,24	76.0000	224.00
TekrarRontgen	42.4407	2,88	20.0000	69.0000

Process

Time per Entity

VA Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
KayitAcma	1.0313	0,00	0.9951	1.0666
MuayeneAst	7.2519	0,09	6.0005	8.1150
MuayeneOgr	14.9457	0,11	14.0643	15.9199
Rontgen	2.4979	0,01	2.3799	2.5884
TekrarRontgen	0.7486	0,00	0.7258	0.7816
Wait Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
KayitAcma	0.0923	0,18	0.00	5.3895
MuayeneAst	1.7204	0,24	0.00	2.9880
MuayeneOgr	14.0371	3,42	2.0050	48.0824
Rontgen	1.7860	1,67	0.00	38.9853
TekrarRontgen	0.4741	0,37	0.00	10.3040
Total Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
KayitAcma	1.1236	0,18	0.9965	6.4258
MuayeneAst	8.9723	0,27	6.1901	10.7199
MuayeneOgr	28.9829	3,42	16.8628	62.9441
Rontgen	4.2839	1,67	2.3891	41.4496
TekrarRontgen	1.2227	0,37	0.7333	11.0549

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
DHKayitAcma.Queue	0.02396684	0,03	0.00	0.9771
DrBekleme.Queue	10.7455	3,49	0.00	55.5844
KayitAcma.Queue	0.0923	0,18	0.00	5.3895
MuayeneAst.Queue	1.7204	0,24	0.00	2.9880
MuayeneOgr.Queue	14.3221	3,66	1.9817	52.0408
Rontgen.Queue	1.7853	1,67	0.00	38.9853
RontgenEnOncelikli.Queue	0.4763	0,33	0.00	8.0539
TekrarRontgen.Queue	0.4741	0,37	0.00	10.3040

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
DHKayitAcma.Queue	0.00162927	0,00	0.00	0.05903869
DrBekleme.Queue	2.3701	0,94	0.00	16.7932
KayitAcma.Queue	0.04299036	0,09	0.00	2.5154
MuayeneAst.Queue	0.2487	0,05	0.00	0.7653
MuayeneOgr.Queue	3.9876	1,62	0.3551	34.2850
Rontgen.Queue	0.7301	0,77	0.00	18.1954
RontgenEnOncelikli.Queue	0.04763703	0,03	0.00	0.8055
TekrarRontgen.Queue	0.05149770	0,04	0.00	1.1164

Resource

Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
DoktorAst	0.3596	0,04	0.04572017	0.7901
KayitAcmaPersoneli	0.1596	0,01	0.1049	0.2695
Makine1	0.3485	0,02	0.2309	0.6159
Makine2	0.03307583	0,00	0.01528737	0.05370262
OgrDoktor	0.8539	0,03	0.6346	0.9872
RontgenDoktor	0.3400	0,02	0.2072	0.6192

User Specified

Tally

Interval	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
CikisSuresi	41.2187	4,43	21.8532	101.02

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve SOYADI	Ahmet Faruk KAHYA
Doğum Yeri - Tarihi	Antalya – 01.01.1993
EĞİTİM DURUMU	
Mezun Olduğu Lise	Levent Aydın Anadolu Lisesi, Antalya, 2011
Lisans Diploması	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, 2015
Tez Konusu	Kuyruk Modeli İle Bekleme Sürelerinin Analizi ve İşgücü Planlaması
Yabancı Dil / Diller	İngilizce
İŞ DENEYİMİ	
Stajlar	Antalya Falez Çelik Kapı-15 gün, 08.2013-09.2013 AGT Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş.-25 gün, 08.2014-09.2014
E-Posta	ahmetfarukkahya@gmail.com