



**İnönü Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü**

Ekonometri Ana Bilim Dalı

Ekonometri Yüksek Lisans Programı

**Bir Kamu Hastanesi İçin Acil Servis Simülasyonu ve Veri
Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümü**

Ali KOÇ

Tez Danışmanı: Yrd. Doç.Dr. Hasan SÖYLER

Yüksek Lisans Tezi

Malatya, 2014

**Bir Kamu Hastanesi İçin Acil Servis Simülasyonu ve Veri
Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümü**

Ali KOÇ

İnönü Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

Ekonometri Ana Bilim Dalı

Ekonometri Yüksek Lisans Programı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç.Dr. Hasan SÖYLER

Yüksek Lisans Tezi

Malatya, 2014

KABUL VE ONAY

Ali KOÇ tarafından hazırlanan " Bir Kamu Hastanesi İçin Acil Servis Simülasyonu Ve Veri Zarflama Analizi İle Etkinlik Ölçümü " başlıklı bu çalışma, 27.06.2014 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.


Prof. Dr. Mehmet GÜNGÖR (Başkan)


Yrd. Doç. Dr. Hasan SÖYLER (Danışman)


Yrd. Doç. Dr. Yunus BULUT (Üye)

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.



ONUR SÖZÜ

Yrd. Doç. Dr. Hasan SÖYLER’ in danışmanlığında yüksek lisans tezi olarak hazırladığım “Bir Kamu Hastanesi İçin Acil Servis Simülasyonu ve Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümü” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün yapıtların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Ali KOÇ

BİLDİRİM

Hazırladığım tezin tamamen kendi çalışmam olduğunu ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi taahhüt eder, tezimin/raporumun kâğıt ve elektronik kopyalarının İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

- ✓ Tezimin/Raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.
- ✓ Tezim/Raporum sadece İnönü Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- ✓ Tezimin/Raporumun ... yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.

11 / 07 / 2014

Ali KOÇ

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında bana yol gösteren tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Hasan Söyler' e, bu çalışmayı yapabilmem için gerekli bilgileri sağlayan İnönü Üniversitesi Ekonometri Bölümü hocalarıma, tezi yazmamın her safhasında bana çok değerli katkılar sağlayan Elazığ Eğitim ve Araştırma Hastanesi tüm acil servis personeline; en sıkıntılı zamanlarımda bana her daim destek olan aileme teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Ali KOÇ, “Bir Kamu Hastanesi İçin Acil Servis Simülasyonu ve Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümü”, Yüksek Lisans Tezi, Malatya, 2014

Acil servisler, hastane organizasyonu içerisinde çok önemli bir yer tutmaktadır. 24 saat esasına göre çalışma, hasta gelişlerinin ve hasta tiplerinin belirsiz olması, birçok alt birime (laboratuvar, görüntüleme vd.) sahip olma, hastalara en kısa sürede cevap verilmesi gerekliliği acil hizmet kalitesini doğrudan etkilemektedir. Ayrıca yoğun ve stresli çalışma koşulları, hasta memnuniyeti yanında çalışan memnuniyetini de göz önünde bulundurup acil servislerde iyi bir planlama yapılmasını zorunlu kılmaktadır.

Bu çalışmada, bir kamu hastanesi acil servisinin mevcut durumunu değerlendirmek amacıyla bir kesikli olay simülasyon modeli oluşturulmuştur. Mevcut durum ile ilgili elde edilen simülasyon sonuçları analiz edilmiştir ve daha sonra hastaların sistemde kalma sürelerini azaltan, birim zamanda hizmet verilen hasta sayısını arttıran ve son olarak eldeki kaynakları etkin şekilde kullanmayı sağlayan alternatif senaryolar geliştirilmesi amaçlanmıştır. Senaryolar oluşturulurken acil servis personelinin düşüncesi alınmış ve aynı zamanda hastanenin mali, personel, yer ve diğer kaynak kısıtları da göz önünde bulundurulmuştur.

Mevcut durum ile alternatif 10 senaryonun her biri etkinlik analizi için karar verme birimi olarak kabul edilmiştir. Etkinlik skorlarını elde etmek için yöntem olarak, Veri Zarflama Analizi kullanılmıştır. Girdi yönelimli veri zarflama analizi modellerine göre etkin olan senaryolar belirlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: “Acil Servis”, “Simülasyon Modelleme”, “Etkinlik”, “Veri Zarflama Analizi”, “Alternatif Senaryo”.

ABSTRACT

Ali Koç, “The Simulation of a Public Hospital Emergency Department and Efficiency Evaluation with Data Envelopment Analysis”, Master Thesis, Malatya, 2014

Hospital emergency rooms have very important role in the hospital organization. The working based on 24 hours, the uncertainty of patient’s arrivals and patient’s types, having different subunits (laboratory, X-Ray et al.) and finally the necessity to respond to patients as soon as possible affect the quality of emergency rooms directly. Furthermore, the intensive and stressful working conditions pin down a detailed emergency working plan which take the consideration employee satisfaction in addition to patient satisfaction.

In this study, a discrete event simulation model has been developed for the purpose to evaluate the current situation of a public hospital emergency room. The simulation model results which are related to current situation were analyzed and then alternative scenarios that reduce patient average length of stay in the system, increase number of patients served in unit time (improve patient throughput) and finally provide to use resources effectively were aimed to developed. When scenarios have been developed, the opinions of emergency staff were taken and at the same time the constraints of hospital which are financial, staff, location and other resources were taken into consideration.

Current situation of the system and each of the alternative 10 scenarios were accepted as Decision Making Unit for efficiency analysis. Data Envelopment Analysis (DEA) was used as method to obtain the efficiency scores. According to input oriented DEA models, the scenarios which are effective were tried to determined.

Keywords: “Emergency Room”, “Simulation Modeling”, “Efficiency”, “Data Envelopment Analysis”, “Alternative Scenario”.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	VI
ÖZET	VII
ABSTRACT	VIII
İÇİNDEKİLER	IX
TABLOLAR.....	XI
ŞEKİLLER.....	XII
KISALTMALAR.....	XIII
1.GİRİŞ.....	1
1.1.Problemin Tanımı ve Önemi	1
1.2.Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	1
1.3.Çalışmanın Çıktıları.....	2
1.4.Tez Organizasyonu	3
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
2.1.Sağlık Sektörü Simülasyon Uygulamaları.....	4
2.2.Sağlık Sektöründe Veri Zarflama Analizi (VZA) Uygulamaları	6
2.3.Acil Servis Simülasyon ve Veri Zarflama Analizi Uygulamaları	8
3.MATERYAL VE METOD	10
3.1.Materyal.....	10
3.1.1.Çalışmada Kullanılan Veriler.....	10
3.1.2.Çalışmada Kullanılan Paket Programlar	11
3.2.Metod.....	12
3.2.1.Simülasyon.....	12
3.2.1.1.Simülasyon Genel Bilgiler	12
3.2.1.2.Kesikli (Ayrık) Olay Simülasyonu (KOS)	14
3.2.1.3.Simülasyon için Veri Toplama.....	17
3.2.1.4.Veriler için İstatistiksel Analiz ve Dağılım Belirleme	17
3.2.1.5.Simülasyonda Çıktı Analizi.....	19
3.2.2.Veri Zarflama Analizi (VZA)	19
3.2.2.1.Veri Zarflama Analizi Genel Bilgiler.....	19
3.2.2.2.Veri Zarflama Analizi Uygulama Adımları	21

3.2.2.3. Veri Zarflama Analizinin Matematiksel Gösterimi.....	21
3.2.2.4. Veri Zarflama Analizi Modelleri.....	23
4. UYGULAMA	25
4.1. Eğitim ve Araştırma Hastanesi Acil Servisi Süreç Analizi	25
4.2. Verilerin Toplanması ve İstatistiksel Analizi	27
4.3. Mevcut Sistem için Simülasyon Modelinin Oluşturulması	32
4.4. Model için Çıktı Analizinin Yapılması.....	39
4.5. Veri Zarflama Analizi için Girdi ve Çıktıların Belirlenmesi.....	44
4.6. Alternatif İyileştirme Senaryoları ve Simülasyon Sonuçları	45
4.7. Veri Zarflama Analizi (VZA) Uygulaması ve Sonuçların Değerlendirilmesi	47
4.8. Sonuç ve Öneriler	50
EKLER.....	52
KAYNAKÇA	69

TABLÖLAR

Tablo 4.1 2014 Mart Ayı Hasta Sayıları.....	28
Tablo 4.2 2014 Mart Ayı Ayaktan Hasta Analizi.....	28
Tablo 4.3 Acil Servis İşlem Süreleri Dağılım Listesi.....	31
Tablo 4.4 Arena Modeli Kaynak Tanımları	34
Tablo 4.5 VZA Girdi ve Çıktı Listesi.....	44
Tablo 4.6 Senaryolar için Simülasyon Girdi ve Çıktı Sonuçları	47
Tablo 4.7 VZA Modellerine Ait Özellikler	48
Tablo 4.8 Veri Zarflama Analizi Hesaplama Sonuçları	49
Tablo 4.9 Senaryo 4 İyileştirme Değerleri	50

ŞEKİLLER

Şekil 3.1 Çalışmada Kullanılan Metotlar	12
Şekil 3.2 Simülasyon Model Sınıflaması	15
Şekil 3.3 Tek Servisli Kuyruk Sistemi	16
Şekil 4.1 Acil Servis Süreç Akış Şeması	26
Şekil 4.2 Acil Servis Yerleşim Krokisi	27
Şekil 4.3 Ambulans Hasta Geliş Veri Seti Dağılım Analizi	29
Şekil 4.4 Ambulans Hasta Geliş Veri Seti Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu.....	30
Şekil 4.5 Arena Modeli Giriş, Hasta Kayıt, Yönlendirme, Resüsitasyon ve Enjeksiyon Kısmı	35
Şekil 4.6 Arena Modeli Muayene Kısmı.....	36
Şekil 4.8 Arena Modeli Değerlendirme ve Müşahade Kısmı	38
Şekil 4.9 Arena Modeli Çıkış ve Raporlama Kısmı.....	39
Şekil 4.10 Arena Modeli Çıktı Analizi 1	40
Şekil 4.11 Arena Modeli Çıktı Analizi 2	42
Şekil 4.12 Arena Modeli Çıktı Analizi 3	43

KISALTMALAR

AS	Acil Servis
BCC	Banker, Charnes ve Cooper
CCR	Charnes, Cooper ve Rhodes
KVB	Karar Verme Birimi
KOS	Kesikli Olay Simülasyonu
KS	Kuyruk Sistemi
S	Senaryo
VZA	Veri Zarflama Analizi

1.GİRİŞ

1.1.Problemin Tanımı ve Önemi

Hastane birimleri arasında en öncelikli olan ve en yoğun çalışan birim Acil Servis birimidir. Acil Servis, herhangi bir uzmanlık ayrımı yapmadan tüm hastaları kabul edip daha sonra bu hastaları farklı birim veya hastanelere yönlendirdiğinden, bir varış noktasından ziyade bir ara istasyon özelliği taşır. Branş farkı gözetmeksizin tüm hastaları kabul etmesi, yılın 365 günü ve 24 saat hizmet vermesi, uzun süreli hasta bekleyişleri ve yanlış kaynak tahsisi gibi nedenler bu servislerin verimliliğini ve kalitesini etkilemektedir. Bu durum ayrıca hasta ve çalışan memnuniyetini de düşürmektedir.

Acil servislerde hastaların yığılmasında ve hasta yoğunluğunun artışında; hastanedeki yatak eksikliği, artan hasta sayısı, personel sayısındaki eksiklik acil servis muayene yerlerinin yeterli büyüklükte olmaması, konsültan (danışman) hekimlerin geç gelmesi, görüntüleme ve laboratuvar hizmetlerindeki gecikmeler ile ağır hastaların sayısındaki artış gibi çeşitli etmenlerin etkili olduğu belirtilmektedir. (Ceyhan, 2007)

Belirsizlik altında çalışma, temel girdinin insan olması, süreçlerin karmaşıklığı, çok farklı girdi tipinin (hasta tipi) olması acil servislerde çok iyi bir süreç ve kaynak yönetiminin yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

1.2.Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Acil servisler, temel girdisi insan olan hizmet birimleridir. Girdisi, kullandığı kaynağı ve çıktısı insan olan sistemlerin performans ölçümü diğer sistemlere nazaran daha zordur. Ancak yüzde yüz olmamakla beraber bu tarz sistemlerin işleyişi ile ilgili bir fotoğraf çekilmek istendiğinde kullanılabilecek en uygun araçlardan biride simülasyon modellemidir. Ayrıca belirli girdi ve çıktı kümeleri altında farklı karar birimlerinin birbirlerine göre etkinliklerinin ölçümü için kullanılabilecek en iyi yöntemlerden biride Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemidir.

Bu bağlamda, çalışmanın amacı Elazığ Eğitim ve Araştırma Hastanesi Acil Servisinin işleyişi ile ilgili bir simülasyon modeli oluşturup, sistemde kaynakların (doktor, hemşire, yatak) kullanımı, darboğaz yerleri, hastaların sistemde bekleme süreleri gibi parametreler doğrultusunda farklı miktar ve dağılımda kaynak kullanılan alternatif senaryoların etkinliğini Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemi ile ölçmektir.

Çalışma kapsamında Elazığ Eğitim ve Araştırma Hastanesinin 2014 yılı Mart ayı acil servis verilerine bağlı olarak, simülasyon modeli için gerekli istatistikler elde edilerek bu verilerden hareketle simülasyon modeli oluşturulmuştur. Daha sonra mevcut durumu iyileştirmeye yönelik olarak oluşturulan alternatif simülasyon modelleri çalıştırılarak önceden belirlenen girdi ve çıktı kümeleri için değerler elde edilip VZA yöntemi ile etkin olan senaryo modelleri belirlenmeye çalışılmıştır.

1.3.Çalışmanın Çıktıları

Bu çalışma ile hedeflenip ortaya konulan çıktılar aşağıdaki gibidir;

- i) İlgili hastane acil servisinin tüm süreçleri belirlenerek bir süreç haritası (akış şeması) ortaya konulmuştur.
- ii) Acil Servise hasta geliş süreleri ile her bir süreç ile ilgili süreler elde edilerek, veriler için istatistiksel dağılımlar bulunmuştur.
- iii) Sistem süreçlerinin bulunması ve ilgili istatistiksel dağılımların elde edilmesi ile birlikte acil servis simülasyon modeli oluşturulmuştur. Elde edilen model belirli parametreler altında çalıştırılarak elde edilen sonuçlar analiz edilmiştir.
- iv) Mevcut durumu iyileştirmeye yönelik olarak, 10 farklı alternatif senaryo oluşturulmuştur. Kaynakların farklı şekilde ve miktarda kullanımına bağlı olarak oluşturulan bu senaryo modelleri çalıştırılarak istenen sonuçlar elde edilmiştir.
- v) Veri Zarflama Analizi (VZA) için uygun girdi ve çıktı kümeleri oluşturulmuştur. Oluşturulan alternatif senaryoların her biri karar verme

birimi (kvb) kabul edilerek, senaryo sonucuna göre ortaya çıkan girdi ve çıktı değerleri VZA ile analiz edilip etkin senaryolar belirlenmiştir.

1.4.Tez Organizasyonu

Tezin bundan sonraki bölümleri şu şekilde planlanmıştır;

- i. İkinci bölümde, Simülasyon Modelleme ve Veri Zarflama Analizi (VZA) ile ilgili olarak sağlık sektöründe yapılan önceki çalışmalar anlatılmıştır.
- ii. Üçüncü bölümde, çalışmada kullanılan veriler ve çalışmanın amaçlarını gerçekleştirmek için kullanılacak yöntemlerden bahsedilmiştir. Çalışmanın incelendiği sistemin karakteristik özellikleri incelenerek detaylı açıklamalarda bulunulmuştur. Metot olarak simülasyon modelleme ve veri zarflama analizi teknikleri ayrıntılı olarak incelenmiştir.
- iii. Dördüncü bölümde, seçilen metotların probleme uygulandığında elde edilen sonuçlar yorumlanmış ve sonraki çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1.Sağlık Sektöründe Simülasyon Uygulamaları

Saunders ve arkadaşları, 1989 yılında genel kaynaklara dayalı bir simülasyon modeli kurdular. Amaçları kaynak kullanımını, kuyruk büyüklüğünü, kaynak atamanın ve laboratuvar işlemlerindeki değişimlerin hastaların çevirim zamanı üzerindeki etkilerini test etmektir. Buldukları sonuçlar, kaynak atamanın acil servis işleyişinde oldukça önemli olduğu şeklindedir.

Kumar ve Kapur (1989), önceki çalışmalardan farklı olarak tüm kaynaklardan ziyade daha spesifik kaynaklar ataması ile ilgilenmişlerdir. Sadece hemşireler üzerinde yoğunlaşmışlar ve hemşirelerin etkin kaynak ataması ile ilgilenmişlerdir. Çalışmalarında hemşirelerin etkin atamasını yaparak hastaların acil servislerdeki çevirim zamanlarını minimuma indirmeyi hedeflemişlerdir.

Kirtland ve arkadaşları (1995), yaptıkları çalışma ile kaynakların etkili bir şekilde atanmasıyla bir acil serviste hasta çevirim zamanının yaklaşık 38 dakika azaltılabileceğini göstermişlerdir.

Chin ve Fleisher (1998) ise doktorların ataması ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Çalışmanın temel amacı, doktorların boş zamanları ve hastaların bekleme zamanını ölçmektir. Yaptıkları çalışma ile Acil Serviste doktorların boşta kalma sürelerini azaltarak doktorları daha efektif hale getirmişlerdir. Buda hem hastaların ortalama çevirim zamanlarını azaltmış hemde doktorların çalışma zamanlarını azaltmıştır.

Rosetti ve arkadaşları (1999) da, doktorların çalışma zamanları ile ilgilenmişlerdir. Yaptıkları çalışmada, 10:00-18:00 arası vardiyaya bir doktor daha eklendiğinde hasta başına çevirim zamanının 14.5 dakika azaldığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca, acil serviste sırada bekleyen hastaların sayısının azaldığını görmüşler.

Ruohonen, 2007 yılında yaptığı yüksek lisans çalışmasında Simülasyon modellemeyi kullanarak acil servis departmanının işleyişini geliştirmiştir. Çalışmada acil servis ile ilgili süreçler, kaynaklar ve teknolojik gelişmeler değerlendirmeye alınmıştır. Çalışma temel hasta süreçleri üzerinde yoğunlaşıp, bekleme zamanları ve sistemde geçen süreleri düşürmeye verilen hizmetin kalitesini arttırmayı amaçlamıştır. Mevcut sistemin simülasyon modeline önerilen çözümler uygulandıktan sonra hastaların bekleme sürelerinin %40 azaldığı tespit edilmiştir.

Anderson ve arkadaşları, 2010 yılında Amerika’da bir hastanenin acil servis departmanındaki hasta akışını simüle eden bir çalışma yaptılar. Yapılan çalışmada öncelikle hasta akış bilgileri, çalışanlar ile mülakatlar ve yapılan gözlemler sonucu veriler elde edilmiştir. Daha sonra Arena simülasyon programı ile oluşturulan model test edilmiştir. Son olarak farklı kaynak kullanımları altında birkaç iyileştirme senaryosu uygulanmıştır. Birinci senaryoda mevcut durumdaki her vardiyada bulunan hemşire sayısı 1 arttırıldığında aynı süre içerisinde servis verilen hasta sayısının 23 arttığı belirlenmiştir. İkinci senaryoda ise hemşire sayısı toplamda 2 arttırıldığında aynı süre içerisinde hizmet verilen hasta sayısı 9 artmıştır. Üçüncü senaryoda ise 1 yatak ve 1 hemşire sayısı arttırıldığında servis verilen hasta sayısı 35 artmıştır.

Jones, 2013 yılında yaptığı yüksek lisans çalışmasında kesikli olay simülasyonu kullanarak bir kamu hastanesi acil servisindeki hasta akış süreçlerini iyileştirmeye çalışmıştır. Mevcut durumun simülasyon modelini oluşturduktan sonra, buna alternatif olarak “5 yataklı model” adında bir model oluşturmuştur. Bu iki model 3 farklı parametre altında karşılaştırılmış ve sonuçlar çalışmada sunulmuştur. Birinci parametre olan acil serviste bekleme zamanının mevcut modele göre “5 yataklı modelde” %4.13 azaldığı tespit edilmiştir. İkinci parametre olan bekleme odasında bekleme süresi mevcut modele göre “5 yataklı modelde” %20 azalmıştır. Üçüncü parametre olan kayıt yapıp tedavi olmadan acil servisi terk eden hasta sayısı mevcut modele göre “5 yataklı modelde” %63.4 azalmıştır.

2.2.Sağlık Sektöründe Veri Zarflama Analizi (VZA) Uygulamaları

Gaisford (1994) tarafından 1988-1989 yıllarına ait Oregon Medicaid popülasyonuna yapılan bakım talepleri, Oregon sağlık planı için sağlık hizmetlerinin önceliklerinin tespiti amacıyla geliştirilmiş olan veri tabanından oluşturulan yaşam kalitesi verileri ve yine Oregon tarafından geliştirilmiş olan fiziksel sağlığı tanımlayan durum tedavisi gören 709 çifte ait veriler kullanılarak, sağlık bakım hizmetlerinin göreceli ekonomik verimliliği VZA ile ölçülmüştür. Analizde beklenen yaşam süresi, kar ve yaşam kalitesindeki değişiklikler çıktı, hekim, poliklinik, yatan hasta, ilaç ve yardımcı hizmet sayıları girdi olarak ele alınmıştır. Makro analiz verimlilik skorları 0.29 ile 1 arasında bulunmuştur. Dört birimin verimliliğinin 0.40 ile 0.50 arasında olduğu görülmüştür. Birimlerden birinin verimlilik sınırları üzerinde olabilmesi için poliklinik hizmetlerini %74 azaltması gerektiği bulunmuştur. Mikro düzeyde bulunan sonuçlarda benzerdir. Örneğin organ nakli servisinde görülen verimsizliğin çoğunluğunun poliklinik miktarından kaynaklandığı görülmüştür.

Kavuncubaşı (1995), Türkiye’de faaliyette bulunan 350 hastaneyi girdi (yatak sayısı, uzman hekim sayısı ve pratisyen hekim sayısı) ve çıktı (poliklinik, yatan hasta, hasta günü, ameliyat sayısı ve doğum sayısı) yönünden Türkiye’de ilk kez veri zarflama analizi kullanarak hastanelerin etkinliklerini ölçmüştür. Yaptığı analizde, 350 hastanenin %76’sının etkin olmadığını belirlemiş ve bu etkin olmayan hastanelerin 13.436 hasta yatağını, 5126 pratisyen hekimi ve 3193 uzman hekimi verimsiz kullandığını, buna karşılık 7984230 poliklinik hizmetini 331735 yatan hasta hizmetini ve 3550394 hasta günü ve 179053 ameliyat hizmetini üretemediğini saptamıştır.

Özcan ve arkadaşları (1996) tarafından veri zarflama analizinin potansiyelini ortaya koymak ve hekimler arasında en başarılı performansı tanımlamak amacıyla, yapılan çalışmaya Virgina’daki 176 hekim dahil edilmiştir. VZA modelinde beş girdi (primer bakım hekim viziteleri, acil viziteler, reçete yazımı, tanısal testler) ve üç çıktı (üç ayrı şiddetteki hasta grubu) yer almıştır.

Şiddet gruplarının (düşük, orta, yüksek) tanımlaması için mevcut prosedür terminolojisi kullanılarak bir algoritma geliştirilmiştir. Analiz sonucunda 43 hekimin (% 24) verimli çalıştığı belirlenmiştir. Etkin olmayan hekimlerin tüm girdi kaynaklarını verimli olanlardan daha fazla kullandıkları görülmüştür. Sonuç olarak, sinüzit tedavisinde klinik girdiler kullanarak verimli ve verimli olmayan arasında önemli farklılıklar gözlemlenmiştir. Etkin hekimler tanısal test ve danışma hizmetlerini çok büyük oranda daha az kullanmışlardır, buda onların daha az maliyetle tedavi hizmetlerini gerçekleştirmesinde etkili olmuştur.

White ve Özcan (1996), VZA ile kar amacı gütmeyen Kaliforniya'daki Kiliseye bağlı hastanelerin verimlilik skorlarını, kiliseye bağlı olmayan hastanelerin verimlilik skorları ile karşılaştırmışlardır. Kiliseye bağlı hastanelerin büyüklüğü, yeri, üyelik sistemi ve bağlılık tipine göre yapılan kontrollerde, kiliseye bağlı olmayan hastanelere göre daha yoğunlukta verimlilik kategorisinde olduklarını bulmuşlardır.

Luke ve arkadaşları (1997), şehir hastane birliklerinin biçimsel verimliliklerini ölçmek amacıyla yaptıkları araştırmada, teknik verimliliği; rutin poliklinik viziteleri, yatakların doluluk durumu, tam gün çalışma miktarı ve işletme masraf verilerini kullanarak, bir VZA formülasyonu ile ölçmüşlerdir. VZA skorlarının analizi, şehir hastane birliklerinin %7.7 sinin yüksek verimlilik kategorisinde % 100 olduğunu ve verimlilik kısıtlamasının % 90'a çekildiğinde ise % 14 ünün yüksek verimlilik kategorisinde olduğunu göstermiştir. Ortalama olarak verimli olmayan şehir hastane birliklerinde 212 yatak fazlalığı, 41 aynı işlem 1058 fazladan tam gün çalışma saptanmış ve verimli şehir hastane birlikleri ile karşılaştırıldığında, işletme masrafları konusunda 45 milyon dolara yakın ilave masraf yapıldığı bulunmuştur. Yapılan analiz ile beraber, hastane birliklerinin yapısının onların teknik verimlilikleri üzerinde açık bir etkisi olduğu gözlenmiştir. Pazar yapısının tahmin edildiği gibi, performansla zayıf derecede ilgisi olduğu saptanmıştır.

Şahin (1998), Sağlık Bakanlığına bağlı hastanelerin illere göre göreceli teknik verimlilik düzeylerini hesaplamak ve elde edilen bulgular ışığında verimsiz olan illerin verimsizlik kaynaklarını analiz etmek amacıyla, 1996 yılı Sağlık Bakanlığı İstatistik Yıllığı verilerine dayanarak yaptığı çalışmada, Bakanlık tarafından sağlanan kaynakların verimli bir şekilde kullanılmadığı, ölçekten sabit getiri modeline göre illerin %82.5 nin ve ölçekten değişken getiri modeline göre %55 nin göreceli olarak verimsiz olduğunu saptamıştır.

2.3.Acil Servis Simülasyon ve Veri Zarflama Analizi Uygulamaları

Weng ve arkadaşları, 2011 yılında yaptıkları çalışmada simülasyon ve veri zarflama analizi ile Tayvan'daki bir hastanenin acil servis için optimum etkinlik atamalarını bulmaya çalıştılar. Çalışmanın amacı, kesikli olay simülasyonunu ve veri zarflama analizini kullanıp potansiyel dar boğazları belirleme, akışları hızlandırma ve bekleme zamanlarını düşürmek olarak belirlenmiştir. Mevcut durum için simülasyon modeli oluşturulup çalıştırıldıktan sonra sonuçlar elde edilmiştir. Mevcut durumu iyileştirmeye yönelik olarak kaynak kullanımına bağlı alternatif 32 iyileştirme senaryosu oluşturulmuştur. Her biri veri zarflama analizi için birer karar verme birimi olan senaryolarda girdi olarak doktor, hemşire ve yatak sayıları seçilirken, çıktı olarak ise doktor kullanım yüzdesi, hemşire kullanım yüzdesi ve ortalama sistemde bekleme süresi seçilmiştir. Yapılan VZA analizi sonucu senaryo 1,4,10,11,12,17,20,26,27 ve 28 etkin çıkmıştır.

Al-Refaie ve arkadaşları, 2013 yılında yaptıkları çalışmada bir hastane acil servisin performansını simülasyon ve veri zarflama analizi ile geliştirmeye çalıştılar. Öncelikle hastane acil servisinde en önemli sorunların, aşırı bekleme süreleri ve hasta sayısının fazlalığı olarak belirlenmiştir. Buna bağlı olarak çalışmanın amacı hastanın acil serviste ortalama bekleme süresini azaltma, hemşire kullanımını arttırma ve hizmet verilen hasta sayısını arttırma olarak belirlenmiştir. Mevcut durum için oluşturulan simülasyon modeli çalıştırılıp sonuçlar elde edildikten sonra hemşire kullanımına bağlı olarak alternatif

senaryolar belirlenmiştir. 10 hemşirenin kullanımı için hücresel servis sistemi denilen bir yöntem kullanılmıştır. Bu kullanıma bağlı olarak elde edilen yeni modeller çalıştırılarak istenen sonuçlar elde edilmiştir. Veri zarflama analizi için girdi olarak hemşire sayısı ve ortalama sistemde bekleme süresi seçilirken, çıktı olarak ise hizmet verilen hasta sayısı ve hemşirelerin kullanım yüzdesi seçilmiştir. Veri Zarflama Analizi modeli olarak girdi yönelimli CCR modeli seçilmiş ve mevcut durumda dahil olmak üzere alternatif senaryolar çalıştırılarak istenilen sonuçlar elde edilmiştir. VZA'ya göre en iyi olan senaryoda ortalama bekleme süresi 12 dakika düşerken hizmet verilen hasta sayısı 81, hemşire kullanım oranı da %10 artmıştır.

3.MATERYAL VE METOD

3.1.Materyal

Bu çalışmada, bir kamu hastanesi acil servisinin işleyişi incelenerek çalışma sistemiği öncelikli olarak ortaya konulmuştur. Gerekli istatistiksel analizler yapıldıktan sonra mevcut durumun kesikli olay simülasyon (KOS) modeli ortaya konularak, kaynakların kullanımı ve hastaların sistemde geçirdikleri süreler belirlenmiştir. Daha sonra mevcut durumu iyileştirmeye yönelik olarak çalışanlarında görüşü alınarak alternatif senaryolar oluşturulmuştur. Oluşturulan bu senaryolar için, Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemi kullanılarak etkinlik değerleri elde edilmiştir.

3.1.1.Çalışmada Kullanılan Veriler

Çalışmada Elazığ Eğitim ve Araştırma Hastanesi Acil Servisi ile ilgili aşağıdaki bilgiler kullanılmıştır;

1. 2014 yılı Mart ayına ait hasta gelişleri ile ilgili bilgiler (ayaktan hasta gelişleri ve ambulans hasta gelişleri)
2. Acil Servis personel çalışma çizelgesi, personel sayısı ve niteliği ile ilgili bilgiler,
3. Acil Servis işleyişi ile ilgili detay bilgiler,
4. Acil servis hasta kayıt, triyaj, muayene, laboratuvar ve görüntüleme, müşahade ve hasta çıkış işlemleri ile ilgili süre bilgileri,
5. Acil servise gelen hasta tipi ile ilgili bilgiler,
6. Veri Zarflama Analizi için karar verme birimi (senaryolar), girdi ve çıktı bilgileri,

3.1.2.Çalışmada Kullanılan Paket Programlar

Çalışmada istatistiksel analiz, simülasyon ve veri zarflama analizi için ayrı paket programlar kullanılmıştır.

Acil servise hasta gelişleri, muayeneleri, birimler arası geçişleri rassal olmaktadır. Bu verilerin olasılık dağılımlarının belirlenebilmesi için çalışmada **EasyFit 5.5** yazılımının deneme versiyonu kullanılmıştır. **EasyFit**, otomatik ya da manuel olarak verilere dağılım uydurmada kullanılabilir bir MathWave firması ürünüdür. Tek başına ya da Microsoft Excel ile kullanılabilir. 40'ın üzerinde kesikli ve sürekli dağılımı desteklemektedir. Veriler girilip program çalıştırıldıktan sonra, program Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling ve Ki-Kare testlerine göre en uygun dağılımı kullanıcıya sunmaktadır. (www.mathwave.com).

Acil servise gelen hastalar, kayıt, triyaj, muayene, tetkik, müşahade ve çıkış gibi işlemlerden geçerek sistemi terk etmektedir. Tüm bu süreçler **Arena 14.5** simülasyon paket programının **Student** versiyonu ile modellenmiştir.

Arena Simülasyon programı, Siman'ı da piyasaya süren Systems Modeling Corporation adlı bir firmanın geliştirdiği Windows ara yüzüne sahip oldukça yaygın kullanılan bir simülasyon programıdır. Arena programı, simülasyon için gerekli olan animasyon, giren veri ve çıkan verinin analizi (Input Analyzer ve Output Analyzer) gibi fonksiyonları ayrıntılı ve kapsamlı bir şekilde içermektedir. Arena; tedarik zinciri, üretim, süreçler, lojistik, dağıtım, depolama ve servis sistemleri ile ilgili önemli ve karmaşık yeniden-tasarımlardaki değişimlerin etkisini analiz etmeye yardımcı olmaktadır. (www.arenasimulation.com)

Mevcut durumu iyileştirme amacıyla farklı alternatif senaryolar oluşturulmuştur. Oluşturulan bu senaryoların simülasyon sonuçları, Veri Zarflama Analizi yöntemi ile etkinlik analizine tabi tutulmuştur. Veri Zarflama Analizi, **“Win4DEAP 1.1.3”** paket programının free versiyonu ile yapılmıştır.

Win4DEAP, Tim Coelli tarafından geliştirilen ve pek çok VZA araştırmasında kullanılan DEAP isimli paket programın, Michel Desliettes tarafından Windows uyumlu olarak geliştirilmiş halidir. (www8.umoncton.ca/umcm-desliettes_michel/dea/install.html)

Ayrıca, MS Excel ise verilerin analizinde kullanılmıştır.

3.2. Metod

Çalışmada birden çok metod kullanılmıştır. Kullanılan bu metodların çalışma içindeki akışları aşağıdaki şekilde gösterildiği gibidir;

	1	2	3	4
I. AŞAMA	İHTİYACIN ORTAYA ÇIKMASI	PROBLEMİN TANIMLANMASI	VERİLERİN TOPLANMASI	İSTATİSTİKSEL ANALİZ (DAĞILIM UYDURMA)
II. AŞAMA	SİMÜLASYON MODELLEME	MODEL SONUÇLARININ ANALİZİ	ALTERNATİF İYİLEŞTİRME SENARYOLARININ OLUŞTURULMASI	ALTERNATİF SENARYO MODELLERİNİN ÇALIŞTIRILMASI
III. AŞAMA	VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İÇİN GİRDİ VE ÇIKTILARIN BELİRLENMESİ	VERİ ZARFLAMA ANALİZİ ÇALIŞMASI	SONUÇ	

Şekil 3.1 Çalışmada Kullanılan Metotlar

3.2.1. Simülasyon

3.2.1.1. Simülasyon Genel Bilgiler

Simülasyon, bir sistemin belli bir zaman periyodunda ve çalışma koşullarındaki performansının tahmin edilmesi ve değerlendirilmesi amacıyla sistemin bilgisayar modelini kullanan bir analiz aracıdır. (Law ve Kelton, 2007)

Bir simülasyon modeli, temel olarak “ne-eğer (... olursa ne olur) ” (“what-if”) analizlerinin yapılmasını sağlayan bir araç olarak ele alınmalıdır. Kullanıcısına değişik tasarım ve işletim stratejilerinin genel sistem performansı üzerindeki etkisini gösterir. (www.uytes.com.tr/simulasyon/simulasyon.html)

Simülasyon;

- Belirli kararların sonuçlarını ve gidişatlarını tahmin etmekte,
- Gözlemlenen sonuçların sebeplerini belirlemede,
- Yatırım yapmadan önce problem alanlarını belirlemede,
- Değişikliklerin etkilerini ortaya çıkarmada,
- Bütün sistem değişkenlerinin bulunmasını sağlamada,
- Fikirleri değerlendirmede ve verimsizlikleri belirlemede,
- Yeni fikir geliştirmeyi ve yeni düşüncüyü teşvik etmede,
- Planların bütünlüğünü ve fizibilitesini test etmede kullanılır.

(www.uytes.com.tr/simulasyon/simulasyon.html)

Monte Carlo simülasyonu, sistem simülasyonu ve sezgisel simülasyon gibi birçok simülasyon çeşidi bulunmaktadır.

Bir simülasyon modelleme süreci aşağıdaki adımlardan oluşur;

- 1) Sistem Tanımı: Sistemin sınırlarını, kısıtlarını ve etkinlik ölçüsünü belirleme aşamasıdır.
- 2) Modeli Formüle Etme: Sistemi soyutlamak veya indirgemek için mantıksal bir akış diyagramına aktarma işlemidir.
- 3) Veri Derleme: Modelin gerektirdiği verileri tanımlama ve onları kullanabilecek ölçülere indirgeme aşamasıdır.
- 4) Modelin Dönüştürülmesi: Simülasyonun yapılacağı bilgisayarın diline modelin tercüme edilmesidir.
- 5) Modelin Geçerliliğini Araştırma: Modelin güven seviyesini kabul edilebilir hale getirme ve gerçek sistem hakkında modelden yorum yapma aşamasıdır.
- 6) Stratejik Planlama: İstenilen bilgiyi sağlayacak olan bir denemenin tasarımıdır.
- 7) Taktik Planlama: Tasarımı yapılan denemede tanımlanan koşumlara ait testlerin nasıl yapılacağının belirlenmesidir.

- 8) Deneme: İstenilen veriler ile simülasyonu gerçekleştirme ve duyarlılık analizlerini yapma aşamasıdır.
- 9) Yorum: Simülasyon sonuçlarından çıkarımda bulunma aşamasıdır.
- 10) Uygulama: Modeli ve sonuçlarını kullanıma koymaktır.
- 11) Belgeleme: Proje faaliyetlerini raporlama ve modeli, kullanımını dökümanete etme aşamasıdır.(Yavuz, 2008)

3.2.1.2.Kesikli (Ayrık) Olay Simülasyonu (KOS)

Simülasyon modelleri genel anlamda üç farklı şekilde sınıflandırılabilir. Bunlar (Law ve Kelton, 2007).

- **Statik-Dinamik Simülasyon Modelleri:** Statik simülasyon modeli, belirli bir zamandaki bir sistemin tanımlanmasıdır ya da zamanın önemli bir rol oynamadığı bir sistemde kullanılabilir. Diğer taraftan, dinamik simülasyon modeli zamanla değişen bir sistemde kullanılır, örneğin bir hastane acil servis sistemi. Kısaca bu modeller, zamanın model içinde rolü var mı sorusunu sorar.

- **Deterministik-Stokastik Simülasyon Modelleri:** Eğer bir simülasyon modeli herhangi bir olasılık unsuru taşııyorsa, bu model deterministiktir. Ancak bazı modeller en azından birkaç rassal girdi unsuru ile modellenmek zorundadır. Bunlar, stokastik simülasyonun oluşmasına sebep olurlar. Kısaca bu modeller, her şey kesin mi, belirsizliğe yer var mı sorularını sorarlar.

- **Sürekli-Kesikli Simülasyon Modelleri:** Kesikli-olay simülasyonunda sistemin durumu belli bir zaman aralığında sonlu sayıda zaman noktasında değişir. Sürekli-olay simülasyonunda ise sistemin durumu tüm zaman sürecinde sürekli değişebilir. Kısaca bu modeller, durumun sürekli mi değişiyor yoksa zamanda kesikler var mı, sorularını sorar.

Belirtilen bu modellerin genel sınıflaması Şekil 3.2 de görüldüğü gibidir;

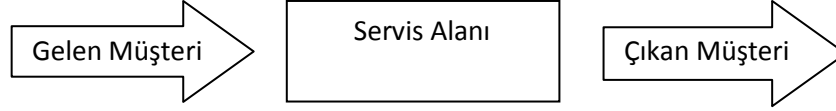
Model Sınıflaması			
Sistem Modeli	Deterministik	Statik	
		Dinamik	Sürekli
			Kesikli
	Stokastik	Statik	
		Dinamik	Sürekli
			Kesikli
Stokastik+Statik		Monte Carlo Simülasyonu	
Stokastik+Dinamik+Kesikli		Ayrık Olay Simülasyonu	

Şekil 3.2 Simülasyon Model Sınıflaması

Bu çalışmada kesikli (ayrık) olay simülasyonu kullanılmıştır. Yukarıda şekilde görüldüğü gibi, stokastik (bazı durum değişkenleri rastgeledir), dinamik (zaman değişimi önemlidir) ve kesikli (zamanda ayrık noktalarda önemli değişiklikler olur.) olan bir simülasyon modeli çeşididir. Ayrık Olay Simülasyonu model geliştirme adımları;

- Hedeflerin belirlenmesi
- Kavramsal bir model oluşturulması
- Kavramsal Modelin ayrıntılı modele dönüştürülmesi
- Ayrıntılı modelin sayısallaştırılması
- Modelin sağlamasını yapma (Verification=Doğrulama)
- Modelin onaylamasını yapma (Validation=Onaylama) şeklindedir. (Yavuz, 2008)

Çalışmada kullanılan simülasyon modeli “kesikli olay simülasyon modelidir (KOS)”. Kesikli olay simülasyonunu bir kuyruk sistemi modelinde Şekil 3.3 deki gibi gösterebiliriz;



Şekil 3.3 Tek Servisli Kuyruk Sistemi

Bu sistemin; *bir varış kanalı, bir servis kanalı, kuyruk disiplini, servis meşgul ise kuyrukta bekleme, stokastik servis zamanı ve varışlar, iş bitince servisten ayrılma* gibi özellikleri vardır. Kesikli olay simülasyonunda birçok performans ölçütü mevcuttur. Bunlardan birkaçı aşağıdaki gibidir;

$$- \text{Ortalama Kuyrukta Bekleme Zamanı} = \frac{\text{Toplam Kuyrukta Bekleme Zamanı}}{\text{Servis Verilen Toplam Kişi Sayısı}} \quad (3.1)$$

$$- \text{Servis Doluluk Yüzdesi} = \frac{\text{Toplam Meşgul Zaman}}{\text{Toplam Geçen Süre}} \times 100 \quad (3.2)$$

$$- \text{Sistemde Ortalama Bekleme Zamanı} = \frac{\text{Toplam Kuyrukta Bekleme Zamanı} + \text{Toplam Servis Zamanı}}{\text{Servis Verilen Toplam Kişi Sayısı}} \quad (3.3)$$

Bu performans ölçülerinin tahmin edilmesi için sistem durum değişkenleri ve olayların izlenmesi gerekmektedir. Durum değişkenleri, **servisin durumu (boş veya meşgul)** ve **kuyruktaki müşteri sayısı** iken; Olaylar ise **varış, servis verme ve ayrılış** dir.

Kesikli olay simülasyon modelinde en önemli konu, her adımda simülasyon zamanının bilinmesi gerekliliğidir. Simülasyon zamanını gösteren değişkene “Simülasyon Saati” denir. Kesikli olay simülasyonunda her olayda simülasyon zamanının bulunduğu değerden ileri bir değere geçmesini sağlayacak bir işlem yapılması gerekmektedir. Simülasyonda zaman ilerletme yöntemleri;

- *En yakın olay zamanı (en çok kullanılan yöntemdir.)*
- *Sabit artışlarla zaman ilerletme şeklindedir.*

3.2.1.3. Simülasyon için Veri Toplama

Simülasyon modelinin girdileri için gerçek sistemi yansıtacak şekilde verilerin toplanması işlemdir. Veri toplama işlemi birçok yoldan olabilmektedir. *Bilgi sistemleri veri tabanları, yüz yüze görüşme, geçmiş çalışmalar, soru ve anket formları* veri toplama yöntemlerinden sadece birkaçıdır. Veriler toplanırken uyulması gereken bazı kurallar vardır. Bunlar ; (Yavuz, 2008)

- Sistem önceden gözlenmeli ve hangi verilerin toplanması gerektiğine, hangi zamanlarda verinin toplanacağına karar verilmelidir. Veri toplamak için gerekli formlar hazırlanmalıdır.
- Girdi dağılımını belirlemek için yeterli verinin toplanması gerekir.
- Sistemi iyi temsil edecek şekilde veri (homojen veri) toplanmalıdır. Bu nedenle ardışık günlerin aynı zaman periyotlarında ve aynı günün ardışık zaman periyotlarında veri toplanarak verinin homojenliği kontrol edilmelidir.
- Homojenliği kontrol etmek için farklı istatistiksel testler (örneğin t-testi) kullanılmalıdır.
- İki değişken arasında bir ilişkinin olup olmadığının belirlenmesi gerekir. Scatter diyagramları kullanarak ilişkinin varlığı gözlemlenebilir. Regresyon analizi de değişkenler arasında ilişkinin belirlenmesinde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan veriler Hastane Bilgi Yönetim Sisteminden (HBYS), Acil Servis personeli ile yapılan görüşmelerden ve gözlem formlarından elde edilmiştir.

3.2.1.4. Veriler için İstatistiksel Analiz ve Dağılım Belirleme

Simülasyon modellemenin en önemli adımlarından biriside veri toplama ile elde edilen verileri uygun istatistiksel testler kullanarak bir dağılıma uydurmaktır. Genel anlamda bir veri seti için dağılım belirlenmeye çalışılırken bir çok istatistikten yararlanılır. Bunlar;

- Nokta istatistikleri (ortalama, median ve varyans)
- Değişim Katsayısı ve Lexis Oranı
- Çarpıklık ve Basıklık Katsayısı

- Histogramlar
- Quantile (Çeyrek) Özetleri şeklindedir.

Yukarıdaki araçlar kullanılarak veri seti için uygun dağılım belirlendikten sonra, bu dağılımın simülasyonda kullanılması için parametre değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Eldeki veri seti dağılım parametrelerinin tahmin edilmesinde kullanılır. Dağılım parametrelerini tahmin etmek için en çok kullanılan üç yöntem;

- Maksimum Olabilirlik Tahmin Edici (MLE)
- En Küçük Kareler Tahmin Edici
- Moment Metodu şeklindedir.

Eldeki veri seti için elde edilen dağılım ve parametrelerinin uygunluğunu ölçmek amacıyla uygunluk testleri yapılır. Uygunluk testi, dağılımı belirlenen veri setinden, “n” adet veri alınarak bunların bu dağılıma ait olup olmadığının test edilmesidir. En çok kullanılan uygunluk testleri;

- Ki Kare testi
- Kolmogorov-Smirnov testi
- Anderson Darling testi şeklindedir.

Ki Kare testi, temelde öne sürülen dağılımın yoğunluk veya kütle fonksiyonu ile toplanan gözlemlere dayanarak oluşturulan histogramdaki gözlem frekanslarının karşılaştırılmasına dayanır. Testin adımları aşağıdaki gibidir (Law ve Kelton, 2007):

- Uydurulan dağılımın dağılım aralığının k tane komşu aralığa bölünmesi,
- Her bir aralığa düşen gözlem sayısının (frekansının) belirlenmesi,
- Gözlemlerin uydurulan dağılımdan olması halinde, j-inci aralıkta gözlem elde etme olasılığının (p_j) hesaplanması şeklindedir.

Kolmogorov-Smirnov testinde ise, dağılımın sürekli olduğu, ana kütle ortalaması ve varyansı bilindiği varsayılır. Bu dağılıma göre mutlak sapma hesaplanır kritik değerle karşılaştırılır ve rastgele değişken olup olmadığına karar verilir. Örneklem hacminin küçük olduğu parametrelerde ki kare testi kullanılmaz ve onun yerine kolmogorov-smirnov testinin kullanılması daha uygundur.

Bazı durumlarda elde yeterli ve uygun veri olmayabilir. Üzerinde çalışılan sistemde tam sağlıklı veri alınamıyorsa, simülasyon süresi veri toplama için yeterli değilse bu tarz durumlarda, ya o durum ile ilgili düzgün dağılım kullanılır. Yada düzgün (uniform) dağılımdan $[0,1]$ aralığında elde edilen rassal sayıların teorik veya ampirik dağılımlara dönüşümü sağlanır.(Dengiz, 2010)

Bu çalışmada hasta gelişleri ve süreçler ile ilgili elde edilen veriler, **EasyFit 5.5** paket programı kullanılarak analiz edilmiş ve ayrı ayrı üç test istatistiğine göre veri setinin uyduğu dağılım belirlenmiştir. Ayrıca yeterli ve uygun veri elde edilemeyen durumlar için, personel ile yapılan görüşmeler sonucu zaman parametreleri belirlenerek *düzgün veya üçgensel dağılım* kullanılmıştır.

3.2.1.5.Simülasyonda Çıktı Analizi

Çıktı Analizi simülasyonun çalıştırılmasıyla elde edilen verilerin (sonuçlar) analizidir. Çıktı analizinde amaç simüle edilen sistemin performansını tahmin etmek veya iki veya daha fazla alternatif sistemi karşılaştırmaktır. Girdi değişkenlerinin değerlerini üretmek için rassal sayı üreteçleri kullanıldığından simülasyon modelinin bir kere çalıştırılması ile elde edilen çıktı da rassal olacaktır. Bu nedenle istatistiksel çıktı analizine ihtiyaç duyulur.(Dengiz, 2010)

Simülasyon modelinin bir kere çalıştırılması ile elde edilen çıktılar “ $y_1, y_2...y_m$ ” olsun. Buradaki y_i ‘lerin kuyrukta bekleme süreleri olduğunu varsayalım. Y_i ‘ler rassal değişkenlerdir ve birbirine bağımlıdır oysa istatistiksel teknikler bağımsızlık kabulüne dayanırlar. Bu nedenle her birisi “ m ” uzunluğunda “ n ” bağımsız deneme yapılır. Denemeler arasındaki bağımsızlık farkı başlangıç değerleri kullanılarak sağlanır. (Dengiz, 2010)

3.2.2.Verit Zarflama Analizi (VZA)

3.2.2.1.Verit Zarflama Analizi Genel Bilgiler

Verit zarflama analizi (VZA), en az girdiyle en çok çıktıyı üreten, yani en iyi gözlemleri ve bu gözlemlerin doğrusal kombinasyonlarını etkinlik sınırı olarak

kabul eden ve diğer gözlemleri bu sınıra göre değerlendiren bir matematiksel programlama tekniğidir. (Çakar, 2002)

Bu teknik, karar verme birimlerinin çıktıları oluşturmak için mevcut kaynakları nasıl etkin bir şekilde kullanacağını belirlenmesini sağlar. Veri Zarflama Analizi, parametrik olmayan bir etkinlik ölçüm tekniğidir. Veri zarflama analizi, işletmelerin veya diğer karar birimlerinin, girdi ve çıktıların artırım yada azaltım oranlarına göre etkinliklerinin ne oranda değişeceğine ilişkin bilgi vermektedir. (Keçer, 2010)

VZA' da etkin üretim sınırı, girdi ve çıktılar üzerinden tanımlanan belli bir fonksiyon olmaksızın saptanır. VZA eldeki verilerden hareketle referans noktaları oluşturur. Referans noktalarını oluşturan karar verme birimleri tam (1 veya 100 şeklinde) performans skorunu alır.

Bu yöntem, özellikle her karar alma birimindeki etkinsizlik miktarını ve kaynaklarını tanımlayabilir. Bu özelliği ile yöntem, etkin olmayan birimlerde ne miktarda bir girdi azaltmak veya çıktı miktarını arttırmak gerektiğine ilişkin olarak yol gösterici olabilir. (Gülcü vd, 2004)

Veri zarflama analizi uygulamanın temel amaçları şu şekilde sıralanabilir:
(Erkut ve Polat, 1993)

- Karşılaştırılan birimlerin her biri için girdi-çıktı boyutlarından herhangi birinde göreceli etkinsizliğin kaynaklarının ve miktarlarının belirlenmesi,
- Etkinliğe göre birimlerin sınıflandırılması,
- Karşılaştırılan birimlerin yönetimlerinin değerlendirilmesi,
- Birimlerin kontrolleri dışındaki program ve politikaların verimliliklerini değerlendirmek ve program etkinsizliği ile yönetsel etkinsizliği ayırt etmek,
- Değerlendirme altındaki birimler için kaynakların yeniden atanması amacıyla niceliksel bir temel oluşturması. (Bu yeniden atama politikalarının genel amacı, sınırlı kaynakları istenilen çıktıları üretmekte daha etkin kullanılabilecek birimler arasında değiştirmektir.)

- Birimler arasındaki karşılaştırma ile doğrudan doğruya ilişkili olmayan amaçlar için etkin birimlerin ya da etkin girdi-çıktı ilişkilerinin belirlenmesi,
- Spesifik girdi-çıktı ilişkileri için yürürlükteki standartların gerçekleşen performansa göre incelenmesi ve gözden geçirilmesi,
- Önceki çalışmalardaki sonuçların karşılaştırılmasıdır.

3.2.2.2. Veri Zarflama Analizi Uygulama Adımları

VZA, karar birimlerinin göreceli etkinliğini değerlendirme aracıdır. Bu tür bir değerlendirme, bir grup arasına, belli bir zamanda veya zaman serisinde yapılabilir. Bununla birlikte, mevcut değerler rakiplerin performansı ile veya önceden belirlenen hedef ve standartlarla karşılaştırılabilir. Veri zarflama analizinde uygulama adımları; (Kılınç,2009)

- 1) Karar Verme Birimlerinin (KVB) seçilmesi
- 2) Girdi ve Çıktı Kümelerinin seçilmesi
- 3) Verilerin Güvenirliliğinin Test edilmesi
- 4) Göreceli Etkinlik Ölçümü
- 5) Etkinlik Değerleri ve Etkinlik Sınırlarının Belirlenmesi
- 6) Her Karar Verme Birimi için Detay Analizi
- 7) Referans Kümesinin Belirlenmesi
- 8) Etkin olmayan KVB'ler için Hedef Belirlenmesi
- 9) Sonuçların Değerlendirilmesi şeklindedir.

3.2.2.3. Veri Zarflama Analizinin Matematiksel Gösterimi

Veri zarflama analizi genel anlamda, ya girdiye yönelik ya da çıktıya yönelik olarak oluşturulabilir. Oluşturulan tüm modeller doğrusal programlama mantığıyla çözülmektedir.

Yöntem, bir örgütler kümesi veya karar alma birimleri kümesi içinde, girdi ve çıktılara ağırlık verilmesi esasına dayanır. Bu ağırlıklar, karar alma birimleri kümesindeki karar verme birimlerinin ürettiği çıktı miktarları ve bunlar için kullandığı girdi miktarlarına dayalı olarak, diğer karar alma birimlerine göre

verimlilik durumlarını ortaya koyan değerlerdir. Bu değerler ilgili VZA paket programı aracılığı ile her ekonomik birim için ayrı hesaplanır. Çıktıya yönelik bir Veri Zarflama Analizi programının primal formu aşağıdaki gibi gösterilebilir.(Buzkiran,2012)

$$\text{Etkinlik} = \frac{\text{Ağırlıklandırılmış Çıktı Toplamı}}{\text{Ağırlıklandırılmış Girdi Toplamı}} \quad (\text{VZA'ya göre etkinlik}) \quad (3.4)$$

$$\text{Max} \quad \frac{\sum_{r=1}^s U_r Y_{rp}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{ip}} \quad (3.5)$$

$$\text{Kısıtlayıcılar} = \frac{\sum_{r=1}^s U_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{ij}} \leq 1 \quad (3.6)$$

$$\text{Pozitif Kısıtlayıcı} = U_r, V_i \geq 0 \quad (3.7)$$

Bu eşitlikler kümesi içinde;

U_r = r. çıktının ağırlığı

Y_{rp} = p. karar biriminin r. çıktı miktarı

V_i = i. girdinin ağırlığı

X_{ip} = p. karar biriminin i. girdi miktarı

U_{rj} = karar birimlerinin çıktı ağırlıkları

Y_{rj} = karar birimlerinin çıktı miktarları

V_{ij} = karar birimlerinin girdi ağırlıkları

X_{ij} = karar birimlerinin girdi miktarlarını gösterir.

Veri zarflama analizinin kavramsal modeli, Formül (3.5)`de verilen kesirli programlama modelidir. Kesirli programlama şeklindeki Formül (3.5), etkinlik hesaplamasında kullanılan ve daha pratik bir yöntem olan doğrusal programlama formuna dönüştürülebilir.

Ağırlıklar, literatürde, “sanal transformasyon”, “sanal çarpanlar” veya “sanal ağırlıklar” olarak adlandırılır. Buradaki “sanal” kavramı, ağırlıkların bir gözlem yoluyla elde edilmediği, “öngörüldüğü” veya “türetilmiş” olduğu manasındadır. Ağırlıkların ekonomik bir anlamı olmasa da, ilgili karar verme biriminin verimliliğinin hesaplanmasında direkt etkilidir. Ağırlıklar, KVB'nin verimliliğini maksimize eden algoritmayı karakterize etmektedir. Formül (3.5)'de verilen kesirli programlama biçimi, formül (3.8)'deki şekilde doğrusal programlama formuna dönüştürülebilir. (Göktolga, Artut, 2011).

$$\text{Max } \sum_{r=1}^s U_r Y_{rp} \quad (3.8)$$

$$\text{Kısıtlayıcı} = \text{Max } \sum_{i=1}^m V_i X_{ip} = 1 \quad (3.9)$$

$$\text{Kısıtlayıcı} = \text{Max } \sum_{r=1}^s U_r Y_{rp} - \text{Max } \sum_{i=1}^m V_i X_{ip} \leq 0 \quad (3.10)$$

$$\text{Pozitif Kısıtlayıcı} = U_r, V_i \geq 0 \quad (3.11)$$

3.2.2.4. Veri Zarflama Analizi Modelleri

Etkin sınırın belirlenmesinde parametrik olmayan bir matematiksel programlama modeli olarak VZA, birçok modelle ifade edilecek şekilde iç içe geçmiş bir kavramlar ve yöntemler bütünü olarak ortaya çıkmıştır. VZA modelleri ölçeğe göre *sabit ve değişken getiri* durumlarını dikkate alarak analiz yapabilmekte ve her model kendi teorik ve metodolojik gelişim süreci içinde girdi yönetimli, yansız ve çıktı yönetimli olarak farklılaşabilmektedir. (Bakırcı, 2006)

Çoklu girdi ve çoklu çıktıları olan birimlerin etkinliklerini ölçmeye olanak sağlayan VZA'nın kullanılabilmesi için öncelikle aynı kararların uygulandığı ve benzer organizasyona sahip olan karar verme birimlerinin seçilmesi gerekmektedir. Karar verme birimlerinin etkinliğinin ölçülebilmesi için bu birimlere ait girdi ve çıktı değişkenleri belirlenmelidir. VZA modelinin ayırıştırma yeteneğinin çok olabilmesi için girdi ve çıktı sayısının çok olması istenir. Bu nedenle mümkün olduğunca çok sayıda girdi ve çıktı elemanı seçilmelidir. Ancak seçilen girdi ve çıktı elemanlarının her karar birimi için kullanılıyor olması

gerekmektedir. Seçilen girdi sayısı m , çıktı sayısı da s ise en az $m + s + 1$ tane karar verme birimi, araştırmanın güvenilirliği açısından gerekli bir kısıttır. Diğer bir kısıt ise değerlendirmeye alınan karar verme birimi sayısının, değişken sayısının en az 2 katı olması gerektiğidir. VZA yöntemi, girdiye ve çıktıya yönelik olarak iki yönlü kullanılabilme özelliğine sahiptir. Girdiye yönelik VZA modelleri, belirli bir çıktı bileşimini en etkin şekilde üretebilmek amacıyla kullanılacak en uygun girdi bileşiminin nasıl olması gerektiğini araştırır. Çıktıya yönelik VZA modelleri ise belirli bir girdi bileşimi ile en fazla ne kadar çıktı bileşimi elde edilebileceğini araştırır. En yaygın olarak kullanılan VZA modelleri, CCR ve BCC'dir. (Kılınç,2009)

CCR modeli;

- Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından ilk olarak ortaya konulup isimlerinin baş harflerinden adını almıştır.
- Bu model “ölçeğe göre sabit getiri” varsayımı altında etkinliği inceler.
- Toplam etkinlik hakkında genel bir değerlendirme yapmaktadır.
- Kaynakları belirleyerek, yetersiz olanları tahmin etmektedir.

BCC modeli;

- Banker, Charnes ve Cooper tarafından geliştirilmiş ve isimlerinin baş harflerinden adını almıştır.
- Bu model CCR'den farklı olarak “ölçeğe göre değişken getiri” varsayımı altında etkinliği inceler.
- Verilen operasyon düzeyinde sadece teknik etkinliği tahmin etmektedir.
- Girdiler aynı oranda arttırıldığında, çıktı seviyesindeki artış girdilerdeki artış oranından fazla ise *ölçeğe göre artan getiri*, az ise *ölçeğe göre azalan getiri* söz konusudur.

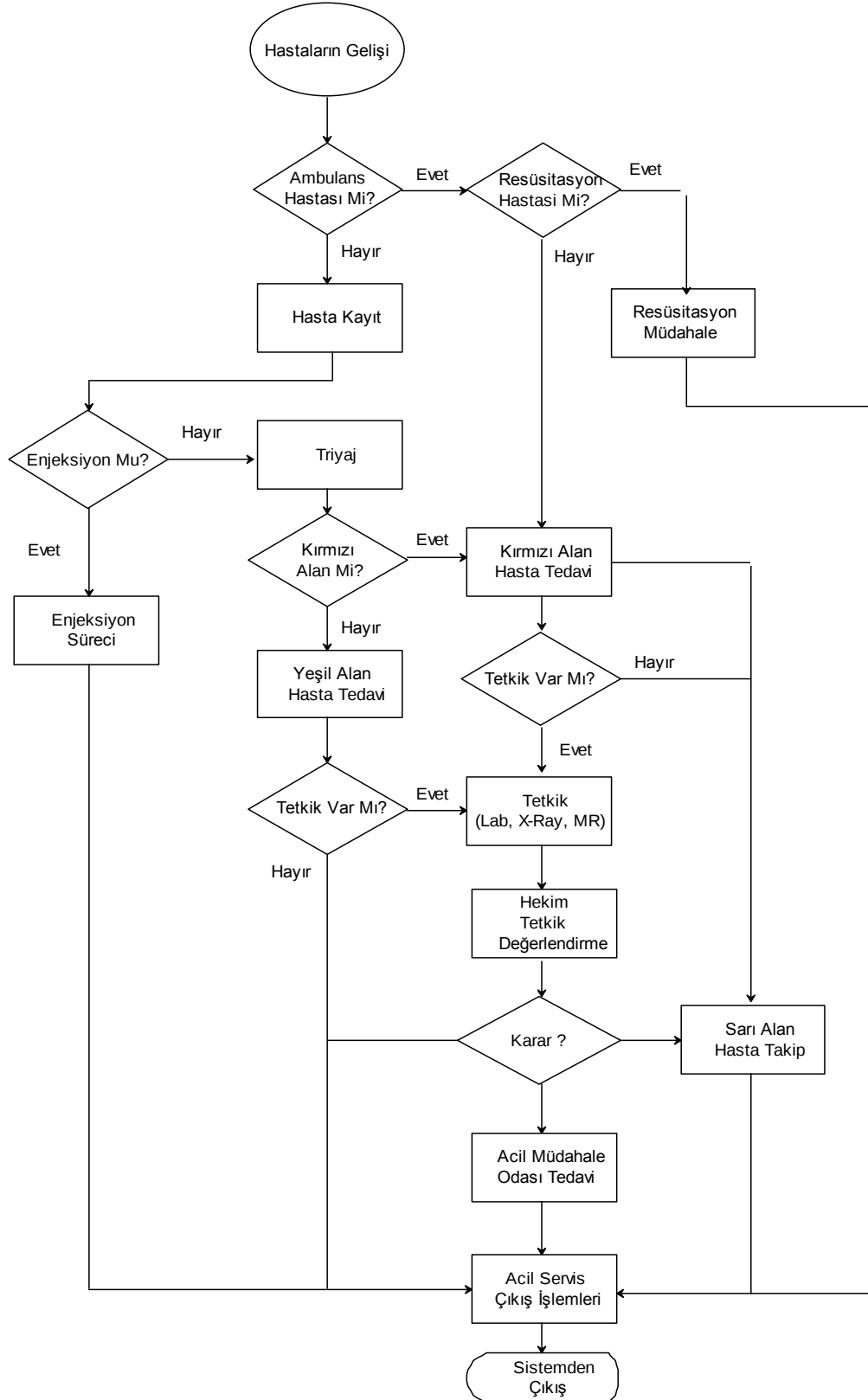
4.UYGULAMA

4.1.Eğitim ve Araştırma Hastanesi Acil Servisi Süreç Analizi

Elazığ Eğitim ve Araştırma Hastanesi Acil Servisi toplam (tıbbi hizmet alanı+bekleme alanı) 800 m² kapalı alan üzerine kurulmuş, iki farklı kapıdan girişi olan bir kampüs içindedir. Ayda ortalama 20000 hastaya Acil Serviste hizmet veren birim, günde ortalama 650 hastaya hizmet vermektedir. Belirtilen sayılar yaklaşık değer olup yılın belirli periyotlarında değişiklik gösterebilmektedir. Örneğin kış aylarında salgınların ve hastalıkların artmasından dolayı acile başvuran hasta sayısı artabilmektedir. Acil Servis iki vardiya şeklinde çalışmaktadır. Vardiyalar 07:00-19:00 ve 19:00-07:00 şeklinde düzenlenmiştir. Acil Serviste bir vardiyada çalışan personellerin sayısı ise aşağıdaki gibidir;

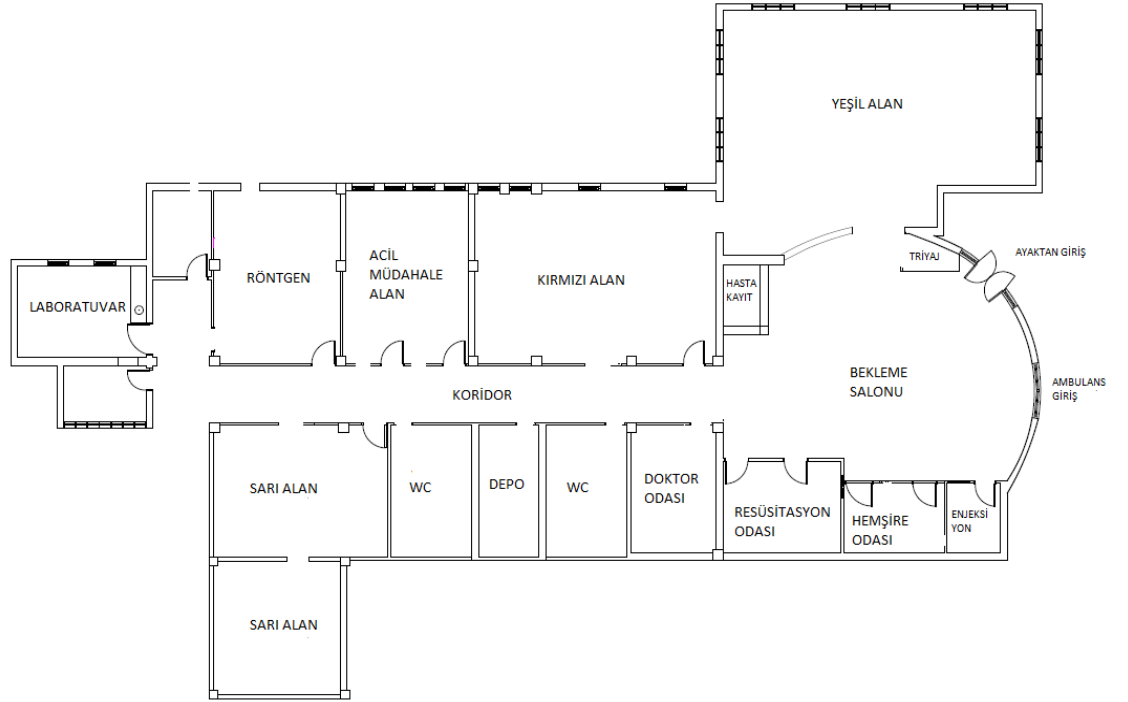
- 3 Acil Servis Hekimi
- 1 Ortopedi Uzmanı Hekim
- 8 Hemşire (1 hemşire yarım gün çalışmaktadır.)
- 2 Sağlık Memuru
- 2 Acil Tıp Teknisyeni (ATT)
- 1 Hemşire (Enjeksiyondan sorumlu)
- 2 Hasta Kayıt personeli
- 4 Çıkış işlemi yapan personel
- 2 Laboratuvar personeli
- 1 Görüntüleme personeli şeklindedir.

Acil Servis süreci bir hastanın acil departmanının kapısından içeriye girmesi ile başlayıp ve hastanın acilden taburcu olması, başka bir hastaneye sevk edilmesi ya da hastane içinde başka bir birime yatılı hasta olarak gönderilmesi ile sona ermektedir. Hastaneye gelişler iki şekilde olmaktadır. Bunlar ayaktan hasta geliş ve ambulansla hasta geliş şeklindedir. Ayaktan giriş yapan hastalar direkt olarak hasta kayıta giderken, ambulans getirilen hastalar ise resüsitasyon odası veya kırmızı alana alınmaktadır. Ambulans hastalarının kayıtları daha sonra bir yakınları veya personel tarafından yapılmaktadır. Acil servis ile ilgili süreç akışı Şekil 4.1 deki gibi olmaktadır.



Şekil 4.1 Acil Servis Süreç Akış Şeması

Acil serviste toplam 33 yatak mevcuttur. Bunlardan 7 adet yeşil alanda, 7 adet kırmızı alanda, 13 adet sarı alanda, 4 adet acil müdahale odasında, 1 adet enjeksiyon odasında, 1 adette resüsitasyon odasında bulunmaktadır. Yatakların bulunduğu yerlerden de anlaşılabacağı gibi acil servis birçok kısımdan oluşmaktadır. Bunlar; enjeksiyon odası, resüsitasyon odası, bekleme salonu, hasta kayıt yeri, triyaj yeri, hemşire odası, yeşil alan, kırmızı alan, sarı alan, acil müdahale odası, doktor odası, malzeme odası, lavabolar, röntgen odası ve laboratuvar şeklindedir. Acil servisin yerleşim krokisi Şekil 4.2 de gösterilmekle beraber EK-1’de ayrıca sunulmuştur.



Şekil 4.2 Acil Servis Yerleşim Krokisi

4.2. Verilerin Toplanması ve İstatistiksel Analizi

Simülasyon modelleme için gerekli veriler birkaç yoldan toplanmıştır. Bunlar Hastane Bilgi Yönetim Sistemi (HBYS), personel ile yüz yüze görüşme ve bilgi formları şeklindedir. Elde edilen veriler 2014 Mart ayına ait verilerdir. HBYS sisteminin yeni olması, aylık acil servis hasta girişlerinin çok fazla olması ve bir aylık verilerin analiz için yeterli olmasından dolayı sadece 2014 Mart ayına

ait veriler esas alınmıştır. Öncelikli olarak hasta gelişleri ayaktan ve ambulansla hasta gelişleri şeklinde Hastane Bilgi Yönetim Sisteminden (HBYS) alınmıştır. Sistemden çekilen veriler Tablo 4.1 deki gibidir;

Tablo 4.1 2014 Mart Ayı Hasta Sayıları

	Sayı	Yüzde
Ayaktan Gelen Hasta Sayısı	19606	
Ambulansla Gelen Hasta Sayısı	514	
Enjeksiyon Hasta Sayısı	323	1.65
Resüsitasyon Hasta Sayısı	7	1.4
Konsultasyon Hasta Sayısı	619	

Günün farklı saatlerinde farklı sayıda hasta gelişleri olmaktadır. Ayaktan hasta geliş verilerini bir dağılıma uydurmak sağlıklı sonuçlar vermeyebilir. Bu nedenle simülasyon modellemede ayaktan hasta gelişleri için “Geliş Çizelgesi” oluşturulup programda kullanılmıştır. Bir gün 24 saat dilimine bölünerek, mart ayı boyunca ilgili saat dilimlerinde gelen hastaların ortalaması alınarak çizelgede kullanılmıştır. Elde edilen değerler Tablo 4.2 de gösterildiği gibidir;

Tablo 4.2 2014 Mart Ayı Ayaktan Hasta Analizi

Ayaktan Gelen Hastaların Çizelgesi			
Saat Aralıkları	Ortalama Hasta Sayısı	Saat Aralıkları	Ortalama Hasta Sayısı
00-01	17	12-13	43
01-02	12	13-14	47
02-03	6	14-15	41
03-04	5	15-16	38
04-05	4	16-17	40
05-06	4	17-18	40
06-07	7	18-19	54
07-08	12	19-20	63
08-09	25	20-21	54
09-10	38	21-22	47
10-11	52	22-23	37
11-12	46	23-00	23

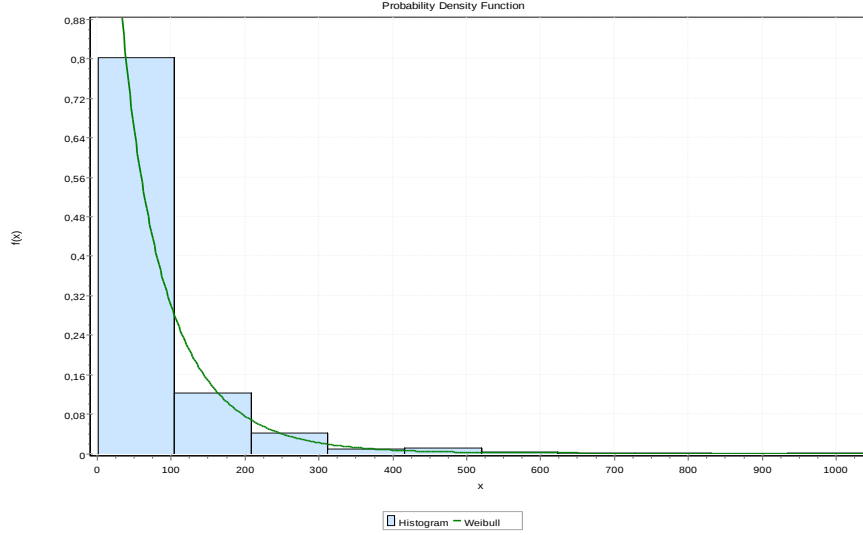
Yukarıda Tablo 4.1 de gösterildiği gibi Ambulans ile Mart Ayı içinde gelen hasta sayısı 514 ‘dür. Gelen hastaların giriş zamanları referans alınarak geliş zamanları arasındaki farkların (**dakika cinsinden**) veri seti oluşturulmuştur. Elde edilen bu veri seti **EasyFit 5.5** paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Veri setinin belirli bir değerin ($n>99$) üstünde olmasından dolayı Ki-Kare test istatistiğinin sonuçları referans alınmıştır. Yapılan analiz sonucu test istatistiklerine göre elde edilen dağılım listesi Şekil 4.3 de gösterildiği gibidir;

Goodness of Fit - Summary							
#	Distribution	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-Squared	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank	Statistic	Rank
56	Weibull	0,03789	7	1,3324	7	5,3952	1
19	Gen. Extreme Value	0,07115	17	2,5762	12	5,5143	2
42	Pareto 2	0,02864	3	0,50982	5	6,851	3
7	Dagum	0,03296	5	0,50451	4	7,9955	4
36	Log-Pearson 3	0,03681	6	0,87378	6	8,2781	5
45	Pearson 6	0,02592	2	0,45256	2	8,5111	6
2	Burr	0,02461	1	0,44404	1	8,6035	7
22	Gen. Pareto	0,03218	4	0,45506	3	9,0125	8
14	Fatigue Life (3P)	0,05424	14	1,7178	8	15,66	9
27	Inv. Gaussian (3P)	0,05037	13	1,7609	9	15,764	10
39	Lognormal (3P)	0,04994	11	1,9403	10	16,232	11
57	Weibull (3P)	0,04728	9	19,506	20	16,404	12
38	Lognormal	0,06938	16	3,8277	15	17,895	13
34	Log-Logistic	0,06849	15	3,5796	14	21,727	14
16	Frechet (3P)	0,05036	12	2,5049	11	23,313	15
35	Log-Logistic (3P)	0,0437	8	3,5333	13	23,526	16
20	Gen. Gamma	0,0931	20	7,535	16	33,886	17
11	Exponential	0,1031	23	11,548	17	34,899	18
12	Exponential (2P)	0,10522	24	47,347	32	42,458	19
26	Inv. Gaussian	0,11117	25	36,608	27	52,387	20
13	Fatigue Life	0,15065	31	15,573	18	62,423	21

Şekil 4.3Ambulans Hasta Geliş Veri Seti Dağılım Analizi

Şekil 4.3 de görüldüğü gibi, Ki Kare test istatistiğine göre veri setine en uygun dağılım **Weibull** dağılımıdır. Dağılımın parametreleri olan şekil ve ölçek parametreleri $\alpha=0.87985$ $\beta=60.947$ şeklindedir. Önceki paragrafta belirtildiği gibi veri seti değerleri dakika cinsinden değerlerdir ve modele hasta gelişleri dakika

cinsinden girilmiştir. Dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıda Şekil 4.4 de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.4Ambulans Hasta Geliş Veri Seti Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu

Simülasyon modellemede, prosesler için gerekli olan işlem süreleri ile ilgili verilerin toplanma yöntemi işlemden işleme farklılık arz etmektedir. Bazı işlemler için (hasta kayıt, triyaj, konsultasyon vb.) HBYS'den ve bilgi formları tutularak elde edilen verilere, yukarıda ambulans hasta gelişleri için yapılan istatistiksel analizlerin aynısı yapılmıştır. Bazı işlemler için ise (sarı alan tedavi süresi, kırmızı alan tedavi süresi vb.) işlemler için ise deneyimli personeller ile yüz yüze görüşülerek işlemlerin maksimum, minimum ve en çok karşılaşılan değerleri bulunmuştur. Bu tarz işlemler için üçgensel dağılım kullanılmıştır. Tablo 4.3 de tüm işlemler için bulunan dağılımlar ve karar durumunda oluşan olasılık yüzdeleri gösterilmiştir.

Tablo 4.3 Acil Servis İşlem Süreleri Dağılım Listesi

İşlem Adı/Karar Adı	Uygun Dağılım ve Parametre Değerleri	Zaman Birimi	Yüzde
Resüsitasyon Hasta Yüzdesi			%1.4
Resüsitasyon Müdahale	TRIA (30,45,75)	Dakika	
Enjeksiyon Hasta Yüzdesi			%1.65
Enjeksiyon Süreci	TRIA (60,90,300)	Saniye	
Hasta Kayıt	BETA (0.94304 , 0.99292)	Saniye	
Triyaj	LOGN (0.48662 , 3.6329)	Saniye	
Kırmızı Alana Giden Hasta Yüzdesi			% 32
Yeşil Alanda Doktoru Bekleme	BETA (0.26594 , 1.0159)		
Yeşil Alan Doktor İlk Muayene	GAMMA (3.5311 , 14.569)	Saniye	
Yeşil Alan Karar Verme			%30 , %65, %5
Yeşil Alan Hemşire Tedavi Uygulama	WEİBULL (2.5577 , 145.46)	Saniye	
Kırmızı Alanda Hemşire Bekleme	TRIA (20, 40 ,120)	Saniye	
Kırmızı Alan Hemşire Ön Kontrol	TRIA (40, 65 ,148)	Saniye	
Kırmızı Alan Doktor İlk Muayene	TRIA (60,300,720)	Saniye	
Tetkik Sorgu Yüzdeleri			%53,%4,%43
Laboratuvar Tetkik	TRIA(20 , 40 , 60)	Dakika	
Görüntüleme	TRIA(5 , 10, 25)	Dakika	
Laboratuvar ve Görüntüleme	TRIA(25 , 45 , 65)	Dakika	
Kırmızı Alan Hemşire Tedavi Uygulama	TRIA(90 , 180 , 600)	Saniye	
Yeşil Alan Doktor Tetkik Değerlendirme	TRIA(30 , 45 , 120)	Saniye	
Kırmızı Alan Doktor Tetkik Değerlendirme	TRIA(30 , 45 , 120)	Saniye	
Acil Müdahale Hasta Yüzdesi			%30
Kırmızı Alan Tetkik Yüzdesi			%15
Yeşil Alan Hasta Takip Yüzdesi			%60
Müşahade için Sarı Alanda Hemşireyi Bekleme	TRIA(45 , 120 , 300)	Saniye	
Müşahade için Kırmızı Alanda Hemşireyi Bekleme	TRIA(45 , 120 , 300)	Saniye	
Müşahade için Sarı Alanda Hemşire Kontrol	TRIA(120 , 180 , 300)	Saniye	
Müşahade için Kırmızı Alanda Hemşire Kontrol	TRIA(120 , 180 , 300)	Saniye	
Müşahade için Sarı Alanda Tedavinin Bitmesini Bekleme (Ayaktan Hasta)	TRIA(20,45,90)	Dakika	
Müşahade için Sarı Alanda Tedavinin Bitmesini Bekleme (Ambulans Hastası)	TRIA(30,120,300)	Dakika	
Müşahade için Kırmızı Alanda Tedavinin Bitmesini Bekleme (Ayaktan Hasta)	TRIA(20,45,90)	Dakika	

Tablo 4.3(Devam)

İşlem Adı/Karar Adı	Uygun Dağılım ve Parametre Değerleri	Zaman Birimi	Yüzde
Müşahade için Kırmızı Alanda Tedavinin Bitmesini Bekleme (Ambulans Hastası)	TRIA(30,120,300)	Dakika	
Müşahade için Sarı Alanda Son Kontrol	TRIA(120 , 180 , 300)	Saniye	
Müşahade için Kırmızı Alanda Son Kontrol	TRIA(120 , 180 , 300)	Saniye	
Konsultasyon Hasta Yüzdesi			%6.5
Konsultasyon Süreci	BETA(0.85416 , 0.92246)	Dakika	
Acil Müdahale Doktor Muayene	WEIB(119.84 , 2.0478)	Saniye	
Acil Müdahale Sağlık Memurları Tedavi Uygulama	LOGN(5.6279 , 0.61719)	Saniye	
Acil Müdahale Takip Yüzdesi			%15
Sarı Alan Çıkış İşlemleri	TRIA(32,90,300)	Saniye	
Diğer Çıkış İşlemleri	TRIA(18,45,240)	Saniye	
Hasta Kayıta Gitme (Route)	TRIA(3 , 4 , 5)	Saniye	
Muayeneye Gitme (Route)	TRIA(3 , 4 , 5)	Saniye	
Sistemden Çıkma (Route)	TRIA(3 , 4 , 5)	Saniye	
Tetkike Gitme (Route)	TRIA(9 , 20 , 60)	Saniye	
Tetkik Sonrası Müşahadeye Gitme (Route)	TRIA(9 , 20 , 60)	Saniye	

4.3.Mevcut Sistem için Simülasyon Modelinin Oluşturulması

Çalışmada acil servis ile ilgili yapılan simülasyon modelleme ARENA 14.5 (STUDENT) versiyonu ile yapılmıştır. Modellemeye başlamadan önce acil servis sistemi ile ilgili bazı varsayımların yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu varsayımlar aşağıdaki gibidir;

- Her varışta sadece 1 hastanın geldiği varsayılmıştır. Aynı anda birden çok hastanın gelme durumu değerlendirmeye alınmamıştır. Ayrıca hastanın yanında refakatçisi olmadan sisteme girdiği varsayılmıştır.
- Doktor ve hemşirelerin sadece hasta muayene ve kontrolü ile ilgilendiği diğer işlerle ilgilenmediği varsayılmıştır.
- Hastaların muayene ve görüntülemeye yatakları terk edip gittiği ve sonuçlar çıkana kadar yataklara geçmediği ve normal hastaların bekleme salonunda ağır hastaların ise sedyelerde beklediği varsayılmıştır.

- Acil servise giriş yapan hastaların muayene olmadan sistemden ayrılmadığı varsayılmıştır.
- Son olarak hastaların belirtildiği akış şemasına uyduğu varsayılmıştır. Örneğin gerçek sistemde bazen hastaların kırmızı alana gitmesi gerekirken direkt olarak acil müdahaleye gidebilmektedir. Bu tarz durumlar dikkate alınmamıştır.

Arenada oluşturulan simülasyon modeli çalıştırılmadan önce simülasyonun uzunluğu, replikasyon sayısı ve ısınma süresi belirlenmiştir. Replikasyon sayısının büyük olması standart sapmayı azaltırken sonuçların ortalamasının güvenilirliğini arttırır. Simülasyonun uzunluğu ise gerçek sistemdeki tüm olasılıkları modele aktarmayı sağlar. Isınma periyodu ise modelin daha gerçekçi istatistikler üretmesini sağlar. Çalışmada model için 1 gün (24 saat) simülasyon süresi, 10 replikasyon belirlenmiştir. Simülasyon süresinin ve replikasyon sayısının az tutulmasının nedeni, kullanılan simülasyon yazılımının (ARENA) kısıtlandırılmış Student versiyonu olması ve bundan dolayı sistemde maksimum 150 varlığa (çalışmada varlık hastalardır) müsaade etmesidir. Acil servis gelişlerinin çok sık olması ve sistemde uzun kalma süreleri belirli bir noktadan sonra sistem kısıtına takılmaya neden olmaktadır.

Arena simülasyon modelinde öncelikli olarak kaynaklar tanımlanmıştır. Daha sonra ise doktorlar, hemşireler ve yataklar için “kaynak setleri” oluşturulmuştur. Son olarak Ayaktan Hasta Geliş Çizelgesi ve Sarı Alan Hemşire Kapasite çizelgeleri oluşturulmuştur. Kaynaklar Tablo 4.4 de tanımlandığı gibidir.

Tablo 4.4Arena Modeli Kaynak Tanımları

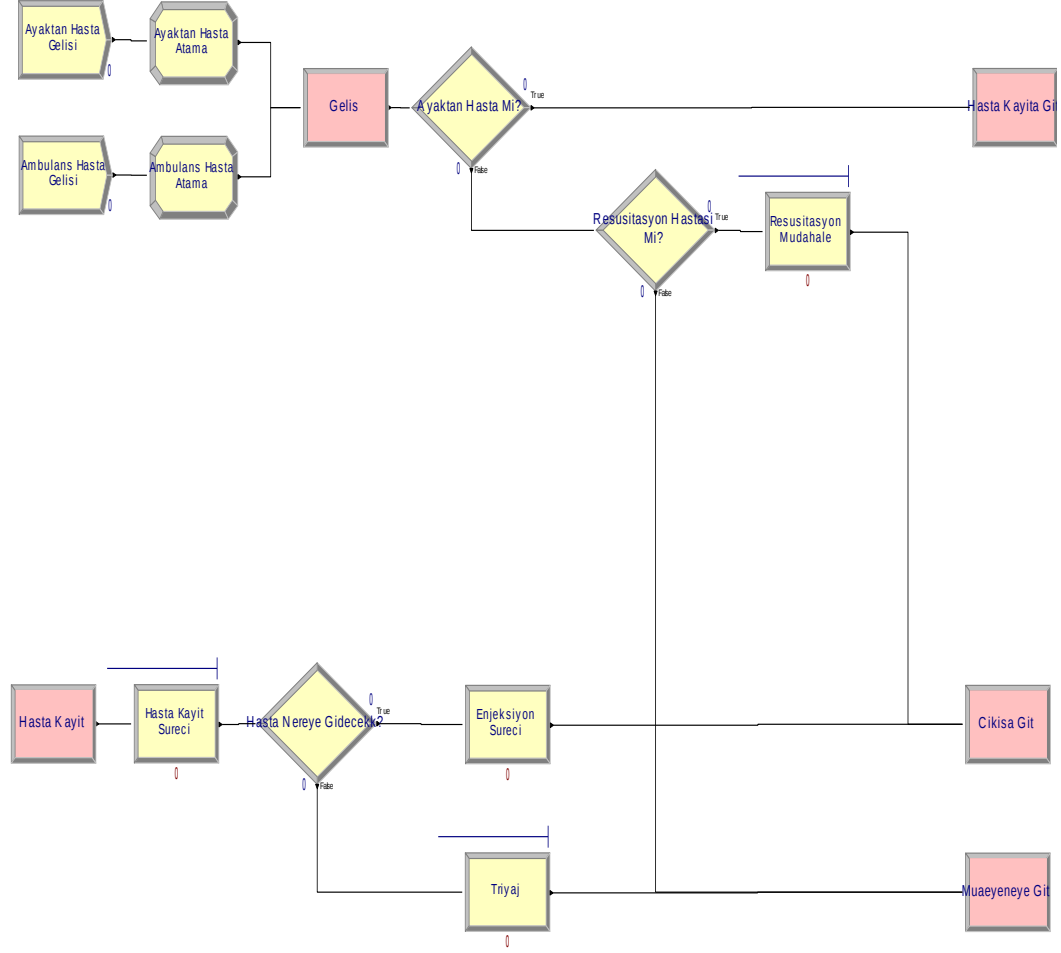
Adı	Adedi
Acil Servis Doktorları	3
Hemşireler (Kırmızı+Yeşil alan)	6
Sarı Alan Hemşiresi	1+1
Yeşil Alan Yatakları	7
Kırmızı Alan Yatakları	7
Sarı Alan Yatakları	13
Hasta Kayıt Personeli	2
Triyaj Personeli	2
Uzman Hekim	1
Sağlık Memuru	2
Çıkış İşlemleri Personeli	4

Arena modeli 3 ana bölümden oluşturulmuştur. Bunlar;

- Giriş, hasta kayıt, yönlendirme, resüsitasyon ve enjeksiyon
- Muayene, tetkik ve müşahade
- Çıkış ve Raporlama

İlk bölümde öncelikli olarak hasta gelişleri tanımlanmıştır. Hasta gelişleri, ayaktan ve ambulansla gelişler olmak üzere iki şekilde gerçekleşmektedir. Hasta gelişleri için modelde iki adet “Create“ modülü kullanılmıştır. Daha sonra ise iki adet “Assign” modülü kullanılarak bu iki tip hastanın özellikleri atanmış ve hastalar “Geliş” istasyonuna alınmıştır. Geliş istasyonuna alınan ayaktan hastalar “Route” modülü ile “Hasta Kayıt” istasyonuna yönlendirilmektedir. Geliş istasyonunda gelen ambulans hastalarının resüsitasyon hastası olup olmadığı sorgulanmakta ve resüsitasyon hastaları resüsitasyon odasına alınıp gerekli işlemler yapıp çıkış istasyonuna yönlendirilirken diğer ambulans hastaları ise “Route” modülü ile Muayeneye (Kırmızı alana) yönlendirilmektedir. Hasta kayıta gelen hastaların ise kaydı yapıldıktan sonra, enjeksiyon hastası mı muayene hastası mı olduğunu sorgulamak için “Decide” modülü kullanılmıştır. Enjeksiyon hastaları enjeksiyon yaptırdıktan sonra çıkış istasyonuna yönlendirilirken,

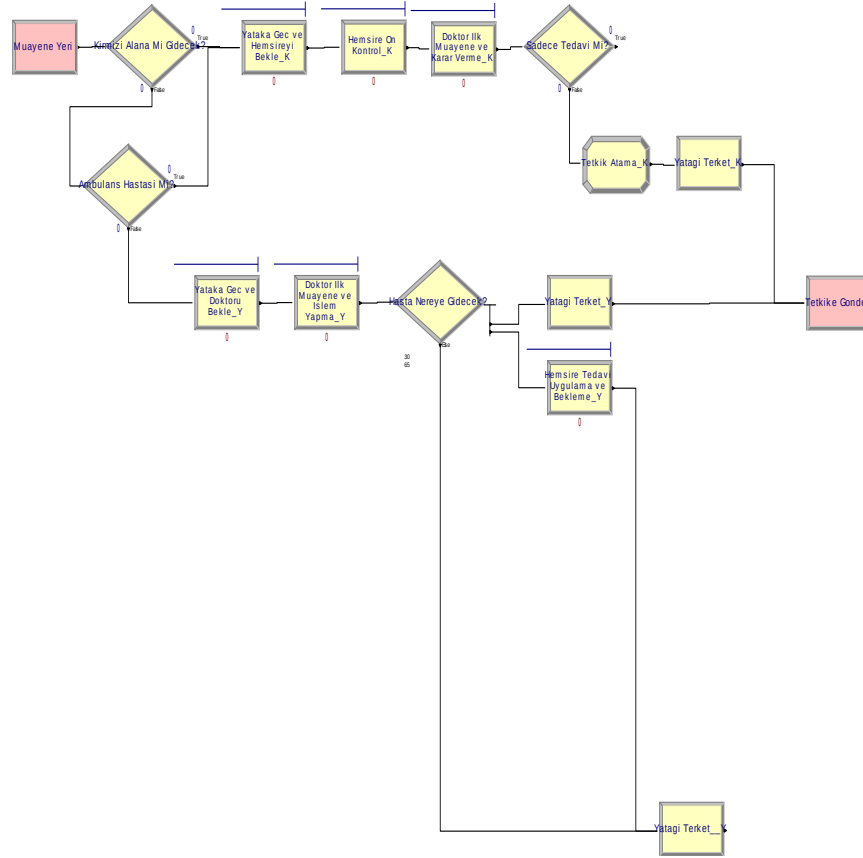
Muayene hastaları ise “Triyaj” prosesine girip Muayene istasyonuna yönlendirilmektedir.



Şekil 4.5 Arena Modeli Giriş, HastaKayıt, Yönlendirme, Resüsitasyon ve Enjeksiyon Kısımı

İkinci bölüm ise Muayene, tetkik ve müşahadenin yapıldığı kısımdır. Bu kısımda öncelikli olarak muayeneye gelen hastaların kırmızı alan mı yeşil alan mı olduğunu belirlemek amacıyla iki “Decide” modülü kullanılmıştır. Daha sonra kırmızı alana gelen hastalar için üç adet “Process” modülü kullanılmıştır. Öncelikli olarak hasta yatağa geçmekte, hemşire ön kontrol (vitalleri belirleme) yapmakta ve son olarak doktor muayene yapmaktadır. Muayeneden sonra tetkik istenip istenmeyeceği sorgulanmaktadır. Tetkik istenen hastalar yatağı terk edip Tetkik istasyonuna “Route” modülü ile yönlendirilmektedir. Tetkik

istenmeyenlere ise hemşire tarafından tedavi uygulanıp “Müşahade” istasyonunda sorguya tabi tutulmaktadır. Yeşil alana gelen hastalar için ise öncelikle iki “Process” modülü kullanılmıştır. Hasta önce yatağa geçmekte, sonra doktor tarafından muayene edilmektedir. Muayeneden sonra hasta için üç kararlı bir sorgu yapılmaktadır. Hasta direkt olarak çıkış işlemlerine gidebilir, tetkike gönderilebilir veya doktorun önerdiği tedavi hemşire tarafından uygulanabilir. İkinci bölümün Muayene kısmı Şekil 4.6 da gösterildiği gibidir;

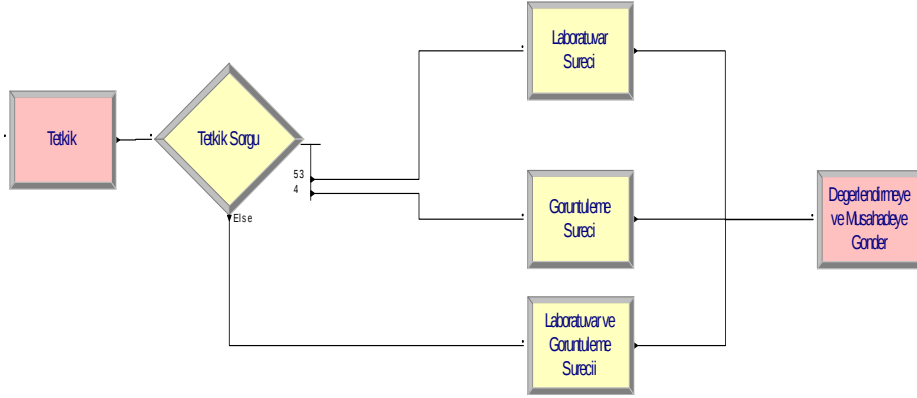


Şekil 4.6Arena Modeli Muayene Kısımı

İkinci bölümde sonraki kısım Tetkik’dir. Burada gelen hastalar öncelikli olarak bir “Decide” modülüne sokulmaktadır. Bir hasta için üç farklı durum mevcuttur;

- Hasta sadece laboratuvar tetkike girebilir
- Hasta sadece görüntülemeye gidebilir.
- Hasta hem laboratuvar tetkik hem de görüntülemeye gidebilir.

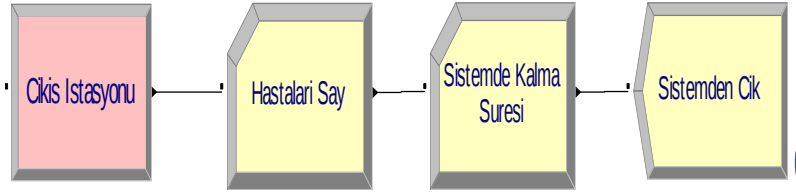
Hastalar “Delay” modülünde geciktirildikten sonra “Değerlendirme ve Müşahade” kısmına “Route” modülü ile gönderilmektedir. İkinci bölümün Tetkik kısmı Şekil 4.7 de gösterildiği gibidir;



Şekil 4.7 Arena Modeli Tetkik Kısımı

İkinci bölümde son kısım “Değerlendirme ve Müşahade” kısmıdır. Bu kısımda öncelikle hastaların kırmızı alan mı yeşil alan mı olduğu sorgusu yapılır. Kırmızı alan hastaları daha sonra “Acil Müdahale (Cerrahi/Pansuman)” hastası olup olmadığı sorgusuna tabi tutulur. Acil Müdahale hastaları, Acil müdahale kısmında Uzman hekim ve sağlık memurları tarafından gerçekleştirilen muayene ve tedavi uygulamalarının olduğu “Process”lerden geçip, müşahade altında tutulacak olanlar sarı alana yönlendirilir diğerleri ise çıkış işlemlerini yapıp sistemden çıkarlar. Kırmızı alan hastalarının ise öncelikli olarak doktor tarafında tetkik sonuçları incelenir. Tetkikler incelendikten sonra “Decide” modülünde Sarı alanda yatakların boş olup olmadığı sorgusuyla ya sarı alanda yada kırmızı alanda müşahade altına alınır. Yeşil alan hastaları da “Process” modülünde doktor tetkik değerlendirmeden sonra “Decide” modülünde takibin gerekli olup olmadığı sorgusuna tabi tutulur. Takibi yapılacak olan yeşil alan hastaları sarı alanda takip edilir, diğerleri ise çıkış işlemlerini yapıp sistemden çıkar. Sarı alan ve kırmızı alanda müşahade işlemleri benzer süreçleri içermektedir. Öncelikle hastalar yatağa geçmekte, sonra hemşire tarafında kontrol edilmekte (serum takma, tansiyon ölçme vb.) daha sonra hasta tedavinin bitmesini beklemekte son olarak doktor ve hemşire kontrolüyle hasta “Konsultasyon” sorgusuna alınmaktadır.

Üçüncü bölüm ise çıkış istasyonu ve raporlama kısmıdır. Öncelikle ilk “Record” modülü ile hastalar sayılırken, ikinci “Record” modülü ile de hastaların sistemde geçirdikleri süreler hesaplanmaktadır. Son olarak “Dispose” modülü ile hastalar sistemden çıkarılmaktadır.



Şekil 4.9 Arena Modeli Çıkış ve Raporlama Kısmı

Arena Simülasyon Modelinin tam ekran görüntüsü EK-2 de sunulmuştur.

4.4. Model için Çıktı Analizinin Yapılması

Simülasyon modellemede modelin gerçek sistem ile uyumunu kontrol için en önemli adımlardan ikisi onaylama (validation) ve doğrulama (verification)’dır. Onaylama için yapılan işlemler aşağıdaki gibidir;

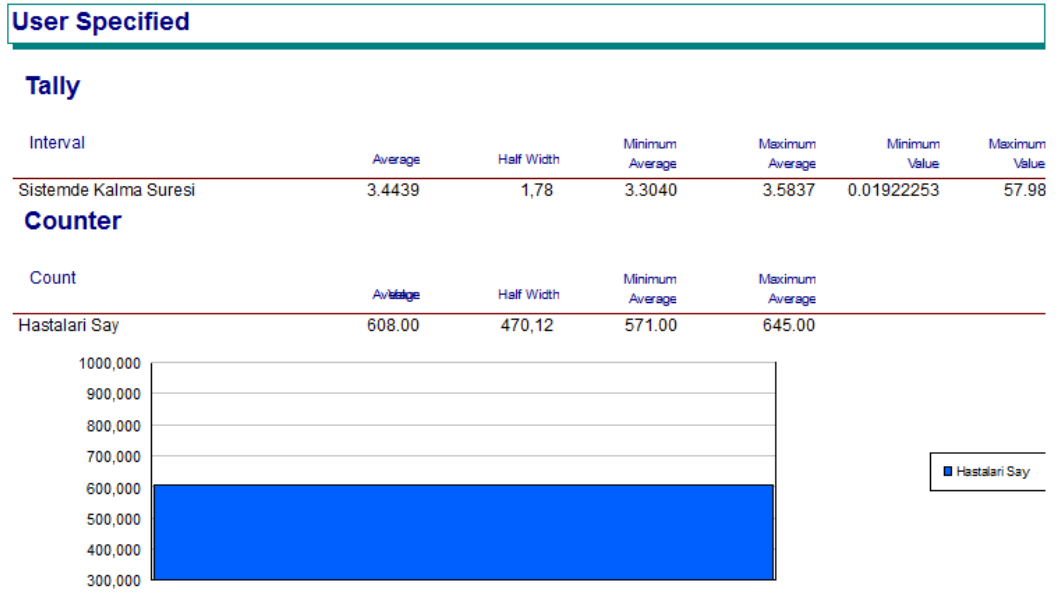
- Gerçek sistemde bir hastanın ortalama sistemde bekleme süresi ile modelde bir hastanın ortalama sistemde bekleme süreleri karşılaştırılmıştır; Gerçek sistem değeri 186.3 dakika iken simülasyon model değeri 206.3 dakika olmuştur. %95 güven aralığında, sistemde %10.7’lik bir sapma gözlenmiştir. Sapmanın yüksek olmasının sebebi program kısıtından dolayı çalıştırma süresi ve replikasyon sayısının az olmasıdır.
- İkinci olarak model acil servis çalışanları ile paylaşılarak sistemin işleyişi çalışanlarca da onaylanmıştır.

Doğrulama için ise yapılan işlemler aşağıdaki gibidir;

- Öncelikle sistem yavaş çalıştırılarak, hastaların çalışır durumda sistemdeki davranışları izlenmiştir. Örneğin müşahade için kırmızı alandan gelen hastaların, “Sarı Alan Yatakları Dolu Mu?” sorusunun sorulduğu “Decide” modülündeki davranışları izlenmiştir. Sarı alanda yataklar dolu olduğunda (kuyruk olduğunda) hastaların Decide modülü gereği kırmızı alana yöneldikleri belirlenmiştir.

- Bir diğer doğrulama işlemi de simülasyon modeline animasyon ekleyerek, hastaların sistemdeki davranışlarını izlemektir. Örneğin dolu yatağa, ikinci bir hastanın gitmemesi gibi. Fakat animasyon işlemi bu çalışmada Arena simülasyon programının “Student” versiyonu kullanıldığından kullanılamamıştır. Modelin büyük olmasından dolayı ve program kısıtından dolayı animasyon yapılamamıştır.

Sonuçlar analiz edilirken öncelikle ortalama bir hastanın sistemde kalma süresi ve simülasyon süresince tedavi gören hasta sayısı belirlenmeye çalışılmıştır. Sistemin çalıştırılmasıyla elde edilen verilerde ortalama sistemde kalma süresi 3.44 saat olarak bulunmuştur. Ayrıca sistemde simülasyon süresi (24 saat) boyunca hizmet verilen ortalama hasta sayısı 608 olarak bulunmuştur. Bulunan bu değerler aşağıdaki Şekil 4.10 da gösterildiği gibidir.



Şekil 4.10Arena Modeli Çıktı Analizi 1

İkinci olarak kaynakların (hekim, hemşire, yatak vb.) kullanımları ile ilgili elde edilen verilerdir. Elde edilen verilerde kaynak kullanımlarında hekim, yatak ve sarı alan hemşirelerinin kullanımının yüksek olduğu fakat diğer hemşirelerin kullanımının düşük kaldığı belirlenmiştir. Bunun nedeni paket program kısıtı nedeniyle simülasyon süresinin kısa tutulması ve hemşire sayısının fazla

olmasıdır. Simölasyon süresinin çok uzun tutulması durumunda sürekli bir sirkölasyon olacağından kaynak kullanım yüzdeleri çok daha yüksek olacaktır. Kaynak kullanımını ile ilgili bilgiler Şekil 4.11 de gösterildiğı gibidir.

Unnamed Project

Replications: 10 Time Units: Hours

Resource

Usage

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Acil Doktor 1	0.4930	0.01	0.4695	0.5269
Acil Doktor 2	0.4961	0.02	0.4478	0.5427
Acil Doktor 3	0.4949	0.01	0.4745	0.5195
Cikis Personeli	0.4095	0.02	0.3702	0.4347
Hasta Kayit Personeli	0.00344446	0.00	0.00323331	0.00362370
Hemshire 1	0.1329	0.01	0.1127	0.1498
Hemshire 2	0.1302	0.01	0.1098	0.1398
Hemshire 3	0.1425	0.01	0.1162	0.1572
Hemshire 4	0.1361	0.01	0.1150	0.1615
Hemshire 5	0.1410	0.01	0.1228	0.1683
Hemshire 6	0.1449	0.01	0.1170	0.1646
Saglik Memuru	0.00188190	0.00	0.00135164	0.00304610
Sari Alan Hemshiresi	0.4091	0.02	0.3629	0.4445
Triyaj Personeli	0.02517870	0.00	0.02383234	0.02669228
Uzman Doktor	0.03410952	0.01	0.02214828	0.05644884
Yatak K1	0.4309	0.03	0.3562	0.4997
Yatak K2	0.4320	0.02	0.3820	0.4814
Yatak K3	0.4239	0.02	0.3599	0.4625
Yatak K4	0.4165	0.02	0.3692	0.4533
Yatak K5	0.4202	0.03	0.3058	0.4572
Yatak K6	0.4204	0.02	0.3799	0.4639
Yatak K7	0.4369	0.03	0.3442	0.5087
Yatak S1	0.4763	0.05	0.3838	0.6265
Yatak S10	0.5270	0.08	0.3714	0.7312
Yatak S11	0.5355	0.06	0.4077	0.6525
Yatak S12	0.5387	0.07	0.3756	0.6805
Yatak S13	0.4977	0.07	0.3499	0.6819
Yatak S2	0.4879	0.05	0.3608	0.5771
Yatak S3	0.4876	0.05	0.3804	0.6032
Yatak S4	0.4849	0.05	0.3771	0.6985
Yatak S5	0.5141	0.08	0.3636	0.6965
Yatak S6	0.4823	0.05	0.3782	0.5584
Yatak S7	0.5423	0.06	0.4196	0.6967
Yatak S8	0.5633	0.07	0.4558	0.6976
Yatak S9	0.5482	0.07	0.3990	0.7159
Yatak Y1	0.1588	0.02	0.1326	0.2006
Yatak Y2	0.1553	0.02	0.1170	0.1982
Yatak Y3	0.1538	0.02	0.07830077	0.1841
Yatak Y4	0.1545	0.02	0.1115	0.2079
Yatak Y5	0.1582	0.01	0.1376	0.1825

Şekil 4.11 Arena Modeli Çıktı Analizi 2

Son olarak sistemdeki süreçlerde meydana gelen kuyruklar incelenmiştir. Kuyruklarda ortalama bekleme süreleri incelendiğinde, en çok beklemenin sarı alanda meydana geldiği görülmüştür. Bunun en büyük nedeni sarı alan hemşire sayısının yetersiz olmasıdır. Ayrıca sistemin program kısıtından dolayı çok uzun süreli çalıştırılmaması kuyrukların gerçek değerlerinin oluşmasına engel olduğu düşünülmektedir. Elde edilen kuyrukta bekleme süreleri ile ilgili bilgiler Şekil 4.12 de gösterildiği gibidir.

Unnamed Project

Replications: 10Time Units: Hours

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Diger Cikis Islemleri.Queue	0.03555198	0.01	0.02280804	0.06294031	0.00	0.3
Doktor ilk Muayene ve Islem Yapma_Y.Queue	0.02782217	0.01	0.01980646	0.03969177	0.00	0.2
Doktor ilk Muayene ve Karar Verme_K.Queue	0.02818545	0.01	0.01627506	0.04693932	0.00	0.3
Doktor Tetkik Degerlendirme_K.Queue	0.03185854	0.01	0.01453976	0.06116459	0.00	0.2
Doktor Tetkik Degerlendirme_Y.Queue	0.02921187	0.01	0.01334534	0.04955930	0.00	0.2
Doktor Tetkik Inceleme ve Muayene_M.Queue	0.00088558	0.00	0.00	0.00314893	0.00	0.03059
Doktor ve Hemshire Son Kontrol_K.Queue	0.02321729	0.01	0.01147252	0.03398859	0.00	0.1
Doktor ve Hemshire Son Kontrol_S.Queue	0.3287	0.03	0.2679	0.3900	0.00	1.0
Hasta Kayit Sureci.Queue	0.00000028	0.00	0.00	0.00000085	0.00	0.00024
Hemshire Kontrol_K.Queue	0.00002105	0.00	0.00	0.00021049	0.00	0.00294
Hemshire Kontrol_S.Queue	0.1503	0.03	0.08690645	0.2041	0.00	0.7
Hemshire On Kontrol_K.Queue	0.00000681	0.00	0.00	0.00004760	0.00	0.00742
Hemshire Tedavi Uygulama ve Bekleme_Y.Queue	0.00005119	0.00	0.00	0.00018521	0.00	0.02650
Hemshire Tedavi Uygulama_K.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
Saglik Memurlari Tedavi Uygulama_M.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
Sari Alan Cikis Islemleri.Queue	0.1729	0.03	0.0914	0.2417	0.00	0.7
Triyaj.Queue	0.00001598	0.00	0.00000683	0.00002274	0.00	0.00120
Yataka Gec ve Bekle_K.Queue	0.2293	0.12	0.01354282	0.5006	0.00	1.1
Yataka Gec ve Bekle_S.Queue	0.02576463	0.01	0.00751453	0.06248579	0.00	0.8
Yataka Gec ve Doktoru Bekle_Y.Queue	0.00252079	0.00	0.00007116	0.01250162	0.00	0.1
Yataka Gec ve Hemshireyi Bekle_K.Queue	0.1843	0.09	0.01690591	0.4045	0.00	1.5

Şekil 4.12 Arena Modeli Çıktı Analizi 3

4.5. Veri Zarflama Analizi için Girdi ve Çıktıların Belirlenmesi

Veri zarflama analizinde kullanılan girdi ve çıktıları çalışmadaki senaryoları karşılaştırmanın temelini oluşturduğundan dolayı, sistemin etkinliğini yansıtacak şekilde seçilmiştir. Acil servis hizmetlerinde temel kaynak olan doktor, hemşire ve yataklar girdi olarak seçilmiştir. Doktor kullanım yüzdesi, hemşire kullanım yüzdesi, yatak kullanım yüzdesi, ortalama sistemde geçen süre ve hizmet verilen hasta sayısı ise çıktı olarak belirlenmiştir. Karar birimi olarak kullanılacak olan senaryoların sayısı da 10'dur. Mevcut Durum ile beraber VZA modelinde kullanılacak olan karar verme birimi (kvb) sayısı 11 dir.

- Girdi sayısı =3
- Çıktı sayısı = 5
- Karar Verme Birimi Sayısı = 11

Tablo 4.5VZA Girdi ve Çıktı Listesi

GİRDİ VE ÇIKTILAR		KARAR VERME BİRİMLERİ (SENARYOLAR)										
		M	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Girdiler	Acil Doktor Sayısı											
	Hemşire Sayısı											
	Yatak Sayısı											
Çıktılar	Ortalama Sistemde Geçen Süre											
	Ortalama Hemşire Kullanım Oranı											
	Ortalama Doktor Kullanım Oranı											
	Ortalama Yatak Kullanım Oranı											
	Hizmet Verilen Hasta Sayısı											

4.6.Alternatif İyileştirme Senaryoları ve Simülasyon Sonuçları

Veri zarflama analizinde karar verme birimi olarak kullanılacak olan senaryolar oluşturulurken aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurulmuştur;

- Öncelikli olarak mevcut simülasyon modelinde darboğaz oluşan yerler göz önünde bulundurulmuştur. Darboğazı gidermek için kullanılan kaynak sayısını arttırma, mevcut kaynakları farklı şekilde dağıtma gibi birçok yol farklı senaryolar altında uygulanmıştır.
- Senaryoların oluşumunda acil servis çalışanlarının görüşleri alınmış ve senaryoların uygulanabilirliği çalışanlara sorulmuştur.
- Hastanenin mali, personel, yer ve kaynak kısıtları, senaryolar oluşturulurken göz önünde bulundurulmuştur.

Oluşturulan senaryoların içeriği ve senaryo modellerinin çalıştırılması ile elde edilen girdi ve çıktı değerleri aşağıdaki gibidir;

- **Senaryo 1:** Bu senaryoda sarı alan hemşire sayısı gece ve gündüz 2 kişi olacak şekilde alınıp, diğer kaynakların sayı ve kullanımlarına karışılmamıştır.
- **Senaryo 2:** Bu senaryoda 1 yeşil alan hemşiresi gündüz vardiyası için sarı alana verilerek, sarı alan hemşire sayısı gece ve gündüz 2 kişi olacak şekilde alınmıştır. Ayrıca 1'er yeşil alan yatağı kırmızı alan ve sarı alana verilmiştir.
- **Senaryo 3:** Bu senaryoda hemşire ve doktor sayısı sabit tutulup kaynakların alanlar arasında dağılımı yapılmıştır. Acil Doktorları 1 Kırmızı alan, 2 yeşil + sarı alan olacak şekilde ayrılmıştır. Resüsitasyon müdahaleye 1 kırmızı alan ve 1 yeşil alan doktorları bakacaktır. Hemşireler ise 2 sarı alan 2 yeşil alan ve 3 kırmızı alan olacak şekilde ayrılmıştır. Resüsitasyon müdahaleye 1 kırmızı alan ve 1 yeşil alan hemşiresi bakacaktır.
- **Senaryo 4:** Bu senaryoda acil doktor sayısı ve kırmızı alan yatak sayısı 1 arttırılmıştır. Ve sarı alan çıkış işlemleri diğer çıkış işlemlerine verilmiştir.
- **Senaryo 5:** Bu senaryoda Acil Doktor sayısı 1 arttırılırken, yeşil alan hemşirelerinden 1 tanesi gündüz vardiyasında sarı alanda çalışacak şekilde

ayarlanıp, sarı alan hemşire sayısı gece ve gündüz 2 olacak şekilde arttırılmıştır.

- **Senaryo 6:** Bu senaryoda 1 yeşil alan yatağıkırmızı alana aktarılırken, 1 yeşil alan hemşiresi gündüz vardiyası için sarı alana verilerek, sarı alan hemşire sayısı gece ve gündüz 2 kişi olacak şekilde alınmıştır. Ayrıca sarı alan çıkış işlemlerine diğer çıkış işlemlerine verilirken çıkış personeli sayısı 1 arttırılmıştır.
- **Senaryo 7:** Bu senaryoda Acil Doktorları gündüzleri 1 arttırılırken (08:00-20:00 arası), yeşil alan hemşire sayısı 2 ye düşürülüp 1 yeşil alan hemşiresi sarı alana verilip sarı alan hemşire sayısı gece ve gündüz 2 olacak şekilde ayarlanmıştır. Ayrıca 1 yeşil alan yatağı sarı alana aktarılarak sarı alan yatak sayısı 1 arttırılmıştır.
- **Senaryo 8:** Bu senaryoda Acil Doktorları 2 yeşil alanda 1 de kırmızı alanda olacak şekilde ayarlanmıştır. Ayrıca sarı alanda hastalara yeşil alan doktorları bakacakken, resuistasyon müdahale kısmında kırmızı alan doktoru görev alacaktır. Ayrıca sarı alan çıkış işlemlerini diğer çıkış personeli yapacaktır.
- **Senaryo 9:** Bu senaryoda 1 yeşil alan hemşiresi sarı alana gönderilerek, sarı alanda gece ve gündüz olacak şekilde hemşire sayısı 2 ye çıkarılmıştır. Kırmızı alan ve sarı alan yatak sayısında 1 arttırılmıştır.
- **Senaryo 10:** Son senaryoda ise sarı alan hemşire sayısı gece ve gündüz 2 olacak şekil arttırılırken, acil doktor sayısı da 1 arttırılmıştır. Ayrıca sarı alan çıkış işlemleri diğer çıkış işlemlerine verilmiştir.Yeşil alandan 1 yatak kırmızı alana aktarılmıştır.

Senaryo modellerinin çalıştırılması ile elde edilen girdi ve çıktı değerleri Tablo 4.6 da gösterildiği gibidir.

Tablo 4.6 Senaryolar için Simülasyon Girdi ve Çıktı Sonuçları

KARAR VERME BİRİMLERİ	GİRDİLER			ÇIKTILAR				
	Acil Doktor Sayısı	Hemşire Sayısı	Yatak Sayısı	Ortalama Sistemde Kalma Süresi (dakika)	Ortalama Hemşire Kullanım Oranı	Ortalama Doktor Kullanım Oranı	Ortalama Yatak Kullanım Oranı	Hasta Sayısı
Mevcut	3	7.5	27	206.3	0.18	0.49	0.39	608
Senaryo 1	3	8	27	195.6	0.19	0.50	0.36	622
Senaryo 2	3	7	27	195.7	0.22	0.52	0.37	621
Senaryo 3	3	7	27	192.2	0.19	0.42	0.38	618
Senaryo 4	4	7.5	28	178.8	0.17	0.38	0.32	620
Senaryo 5	4	7	27	182.6	0.20	0.36	0.30	616
Senaryo 6	3	7	27	171.1	0.18	0.50	0.34	609
Senaryo 7	3.5	7	27	183.7	0.21	0.49	0.31	617
Senaryo 8	3	7.5	27	193.2	0.13	0.40	0.34	613
Senaryo 9	3	7	29	195.7	0.22	0.51	0.36	622
Senaryo 10	4	8	27	174.3	0.17	0.39	0.30	624

4.7. Veri Zarflama Analizi (VZA) Uygulaması ve Sonuçların Değerlendirilmesi

Daha öncede belirtildiği üzere birçok Veri Zarflama Analizi modeli bulunmaktadır. En çok kullanılan VZA modelleri CCR, BCR ve toplamsal modeldir. Bu modellere ait özellikler Tablo 4.7 de gösterildiği gibidir; (Özden,2008)

Tablo 4.7 VZA Modellerine Ait Özellikler

	CCR Modeli	BCC Modeli	Toplamsal Model
Getiri	Ölçeğe Göre Sabit Getiri	Ölçeğe Göre Değişken Getiri	Ölçeğe Göre Sabit Getiri
Etkinlik	Toplam Etkinlik	Teknik Etkinlik	Toplam Etkinlik
Yönelim	Girdi yada Çıktı Odaklı	Girdi yada Çıktı Odaklı	Girdi ve Çıktı Odaklı

VZA modelleri yönetime göre; girdi yönelimli, çıktı yönelimli ve yönelimsiz olmak üzere üç farklı şekilde kurulabilir. Girdiler üzerinde kontrol az olduğunda çıktı yönelimli bir model, çıktılar üzerindeki kontrol az olduğunda ise girdi yönelimli bir model kurulmalıdır. Girdi yönelimli modellerde, istenilen çıktılarının üretilmesi için en az girdinin kullanılmasına, çıktı yönelimli modellerde ise istenen girdi ile en fazla çıktının üretilmesine çalışılır. (Özden,2008)

Bu çalışmada ölçeğe göre sabit getiri modeli olan CCR modeli ile değişken getirli model olan BCC modeli sonuçları bulunarak her bir karar biriminin ölçek etkinlikleri bulunmuştur. Her iki modelde girdi yönelimi seçilmiştir. Girdi olarak kullanılan doktor, hemşire ve yatak sayılarının minimumda tutularak kaynak kullanımını arttırıp maksimum sayıda hastaya hizmet sunulmak istenmesi sınırlı kaynaklara sahip hastaneler için daha uygundur. Win4DEAP programı ile yapılan hesaplamalar sonucu senaryoların birbirlerine göre etkinlikleri aşağıda Tablo 4.8 de gösterildiği gibidir;

Tablo 4.8Veri Zarflama Analizi Hesaplama Sonuçları

Karar Verme Birimleri	CCR Teknik Etkinlik	BCC Teknik Etkinlik	Ölçek Etkinliği	Ölçeğe Göre Getiri Yönü
Mevcut	1.000	1.000	1.000	-
Senaryo 1	1.000	1.000	1.000	-
Senaryo 2	1.000	1.000	1.000	-
Senaryo 3	1.000	1.000	1.000	-
Senaryo 4	0.962	0.964	0.998	irs
Senaryo 5	0.992	1.000	0.992	irs
Senaryo 6	0.981	1.000	0.981	irs
Senaryo 7	0.994	1000	0.994	irs
Senaryo 8	0.987	1.000	0.987	irs
Senaryo 9	1.000	1.000	1.000	-
Senaryo 10	1.000	1000	1.000	-
Etkin KVB Sayısı	6	10	6	
Ortalama	0.992	0.997	0.996	
Etkinlik Yüzdesi	54.50%	91%	54.50%	

CCR modeline göre mevcut durum ile senaryo 1,2,3,9 ve 10 etkin iken, BCC modeline göre ise tek etkin olmayan tek karar verme birimi seanaryo 4’dür.

Sabit getirili CCR analizine göre; Senaryo 4 en düşük etkinlik değeriyle son sıradadır. Değişken getirili BCC analizine göre ise tek etkin olmayan karar verme birimi yine Senaryo 4 dür. Senaryo 4’ün en az etkin olmasının sebebi, girdi olarak kullanılan girdi değerlerinin yüksek olmasına rağmen, çıktı sayısında gözle görülür bir artışın olmamasıdır. Örneğin hem sabit getirili CCR modeline göre hemde değişken getirli BCC modeline göre etkin olmayan Senaryo 4 ile ilgili potansiyel iyileştirme hedef değerleri Tablo 4.9 da gösterildiği gibidir;

Tablo 4.9 Senaryo 4 İyileştirme Değerleri

Model	KVB	Girdi Hedefleri			Çıktı Hedefleri				
		G1	G2	G3	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5
CCR	S4	-0.777	-0.288	-1.074	11.412	3.782	10.848	3.278	0
BCC	S4	-1	-0.5	-1	16.9	5	14	5	1

Tablo incelendiğinde örneğin CCR modelinde yatak sayısı 28 olan senaryo 4’de 1.074 lük bir azalma yapılarak yatak sayısının 26.926 yapılması gerekmektedir. CCR ve BCC modellerinin detaylı analiz sonuçları EK-4 ve EK-5 de sunulmuştur.

4.8.Sonuç ve Öneriler

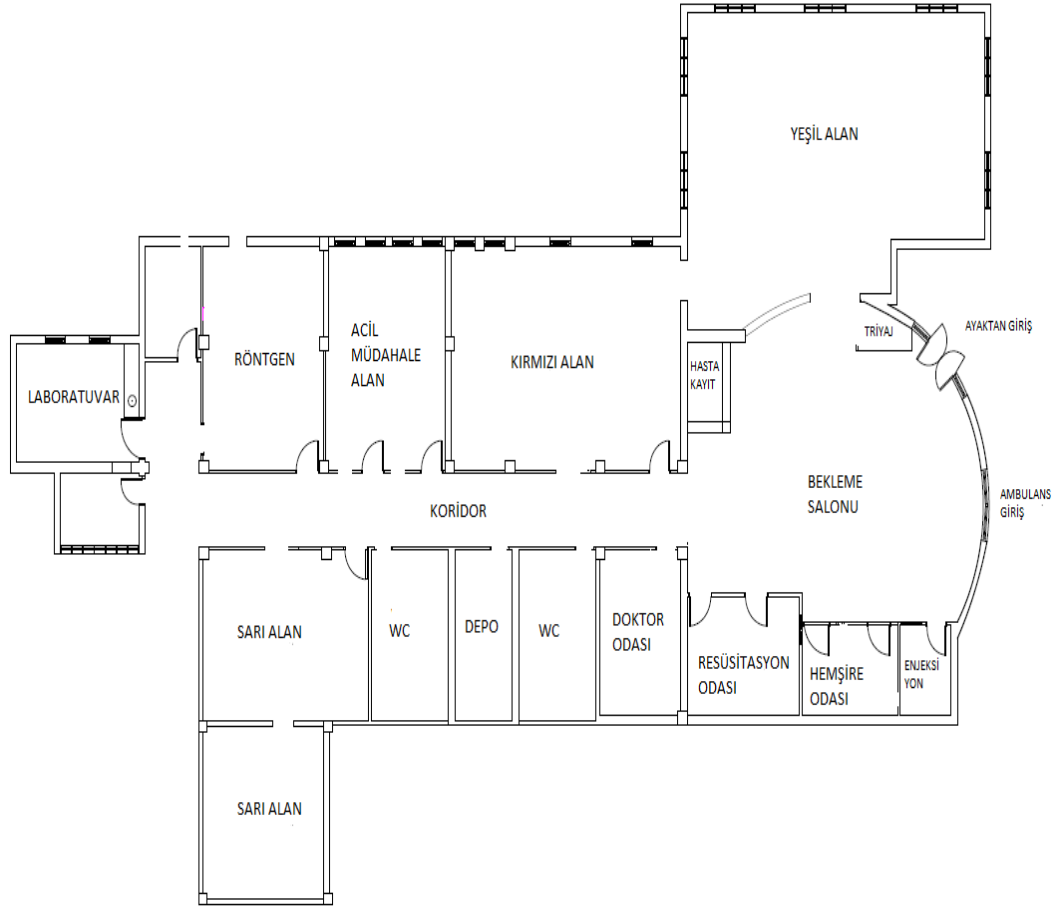
Bu tez çalışmasında öncelikle bir kamu hastanesi acil servis birimi incelenmiş, süreç akış şemaları çıkartılmış, acil servis birimi çalışma prensibi ortaya konulmuştur. Daha sonra simülasyon modelleme için gerekli olan zamansal data lar elde edilerek uygun dağılımlar bulunmuştur. Simülasyon için gerekli kavramsal model oluşturulmuş, ayrıntılandırılmış ve son olarak bilgisayar ortamında sayısallaştırılarak tam simülasyon modeli ortaya konulmuştur. Simülasyon modeli program kısıtları da göz önünde bulundurularak belirli periyot ve sürelerde çalıştırılmış elde edilen sonuçlar gerçek sistem değerleriyle karşılaştırılarak model güvenilirliği sağlanmaya çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci kısmında ise kaynak kullanımlarında değişiklik yapılarak mevcut sisteme alternatif olabilecek senaryolar ortaya konulmuştur. Farklı kaynak kullanımı ve miktarları altında oluşturulan senaryoların simülasyon modelleri çalıştırılarak, etkinlik analizi için gerekli sonuçlar elde edilmiştir. Her bir alternatif senaryo ve mevcut durum birer karar verme birimi olarak kabul edilip Veri Zarflama Analizi yöntemi ile etkinlik analizine tabi tutulmuş etkin olan senaryolar belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar analiz edildiğinde girdi sayısını arttırmadan (doktor, hemşire, yatak) kaynakların acil servis birimleri arasında dağılımının yapıldığı (örneğin yeşil alan hemşiresinin sarı alanda görevlendirilmesi gibi.) senaryoların daha etkin olduğu belirlenmiştir.

Uygulanan bu çalışma insan odaklı bir sistemin performansını ölçmede nasıl bir yol izlenebileceğini ortaya koyması açısından önemlidir. Bu çalışmanın, aşağıda belirtilen işlemlerin yapılması ile daha etkin sonuçlar verebileceği düşünülmektedir.

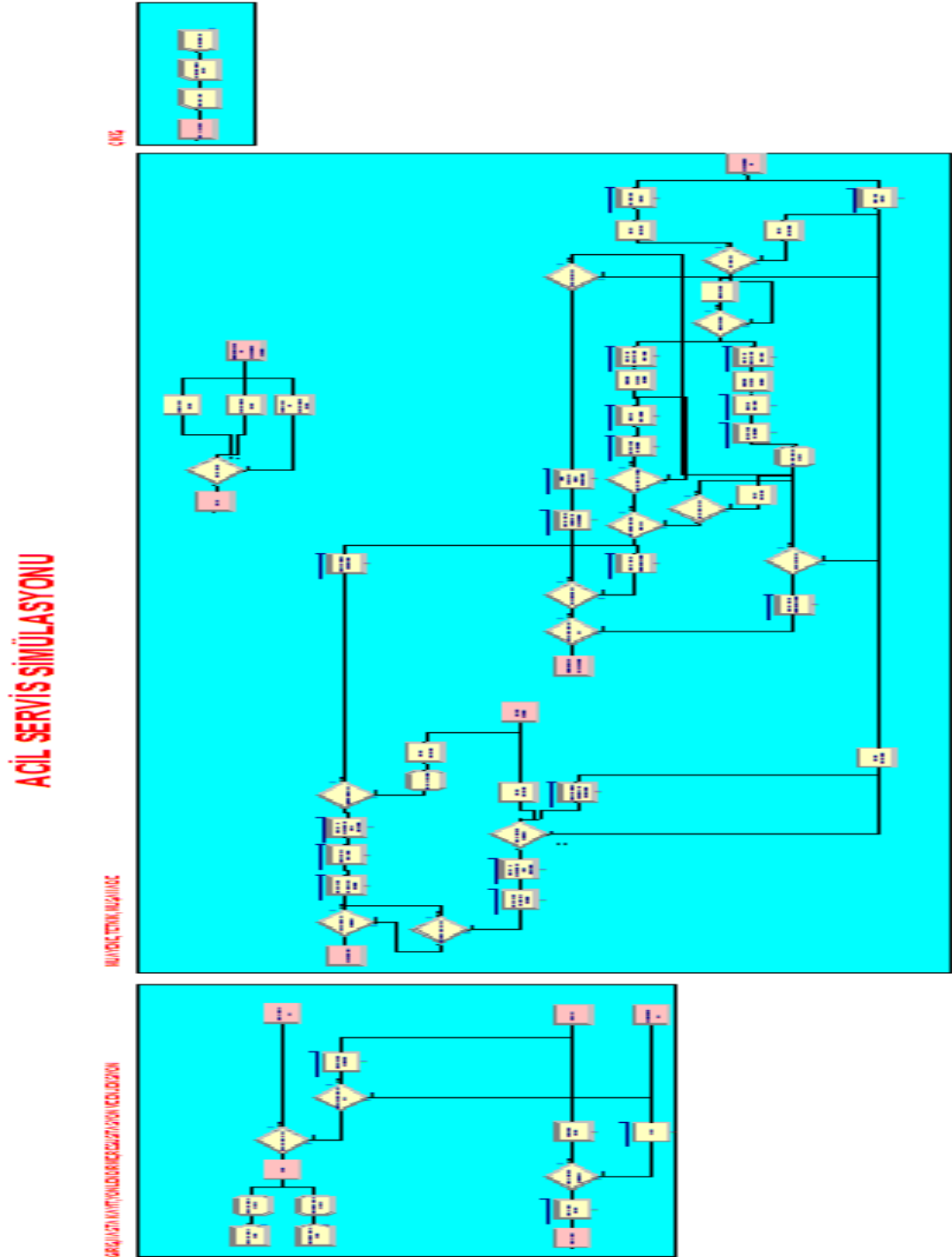
- Simülasyon modellemede kullanılacak olan dağılımları belirlemek için gerekli olan süre verilerinin yılın tamamını kapsamayı daha sağlıklı olacaktır. Çünkü acil servisler her mevsimde farklı sayıda hasta kabul etmektedir. Buda hasta gelişleri ile ilgili daha güvenilir dağılımlar elde etmeyi sağlayacaktır.
- Simülasyon modelinin yılın tamamını kapsayacak şekilde birçok deneme ile çalıştırılması modelin onayını ve doğruluğunu arttıracaktır. Bu çalışmada kurulan simülasyon modeli çok büyük olduğu, hasta gelişleri çok yoğun olduğu ve kullanılan simülasyon paket programı full versiyon olmadığı için modelin çalıştırma süresi ve replikasyon sayısı minimum sayıda tutulmuştur. İleride yapılacak benzer çalışmalarda bu durum göz önünde bulundurulmalıdır.
- Bu çalışmada veri zarflama analizi için mevcut durum ile beraber toplam 11 karar verme birimi (senaryo) kullanılmıştır. Senaryolar kaynak kullanımında yapılan değişiklikler sonucu elde edilerek analize tabi tutulmuştur. İleride yapılacak benzer çalışmalarda senaryo sayısı arttırılabilir ve oluşturulan senaryolar kaynak değişikliği, hasta tiplerinin farklılaştırılması(örneğin ayaktan ve ambulans hasta gelişleri tıbbi tanılara göre çeşitlendirilebilir) gibi kriterler doğrultusunda oluşturulabilir.

EKLER

EK-1 (ACİL SERVİS YERLEŞİM KROKİSİ)



EK-2 (SİMÜLASYON MODELİ TAM EKRAN GÖRÜNTÜSÜ)



EK-3 (VERİ ZARFLAMA ANALİZİ VERİ EKRANI GÖRÜNTÜSÜ)

MD Win4DEAP - Window for DEAP								
File Edit View Analysis Export Help								
M, DS				3				
	Input	Input	Input	Output	Output	Output	Output	Output
	DS	HS	YS	SKS	HKY	DKY	YKY	HSAY
M	3,00	7,50	27,00	206,30	18,00	49,00	39,00	608,00
S1	3,00	8,00	27,00	195,60	19,00	50,00	36,00	622,00
S2	3,00	7,00	27,00	195,70	22,00	52,00	37,00	621,00
S3	3,00	7,00	27,00	192,20	19,00	42,00	38,00	618,00
S4	4,00	7,50	28,00	178,80	17,00	38,00	32,00	620,00
S5	4,00	7,00	27,00	182,60	20,00	36,00	30,00	616,00
S6	3,00	7,00	27,00	171,10	18,00	50,00	34,00	609,00
S7	3,50	7,00	27,00	183,70	21,00	49,00	31,00	617,00
S8	3,00	7,50	27,00	193,20	13,00	40,00	34,00	613,00
S9	3,00	7,00	29,00	195,70	22,00	51,00	36,00	622,00
S10	4,00	8,00	27,00	174,30	17,00	39,00	30,00	624,00

EK-4 (VERİ ZARFLAMA ANALİZİ CCR MODELİ ANALİZ ÇIKTILARI)

Results from DEAP Version 2.1

Instruction file = \$\$TEMP\$\$\INS
Data file = \$\$TEMP\$\$\DTA

Input orientated DEA

Scale assumption: CRS

Slacks calculated using multi-stage method

EFFICIENCY SUMMARY:

firm	te
1	1.000
2	1.000
3	1.000
4	1.000
5	0.962
6	0.992
7	0.981
8	0.994
9	0.987
10	1.000
11	1.000

mean 0.992

SUMMARY OF OUTPUT SLACKS:

firm	output:	1	2	3	4	5
1		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5		11.412	3.782	10.848	3.278	0.000
6		11.524	1.823	15.581	6.702	0.000
7		20.818	3.575	0.995	2.285	0.000
8		10.739	0.858	2.665	5.762	0.000
9		0.000	7.188	10.289	2.051	0.000
10		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
mean		4.954	1.566	3.671	1.825	0.000

EK-4 (Devam)

SUMMARY OF INPUT SLACKS:

firm	input:	1	2	3
1		0.000	0.000	0.000
2		0.000	0.000	0.000
3		0.000	0.000	0.000
4		0.000	0.000	0.000
5		0.623	0.000	0.000
6		0.992	0.000	0.000
7		0.000	0.000	0.000
8		0.497	0.000	0.000
9		0.000	0.000	0.000
10		0.000	0.000	0.000
11		0.000	0.000	0.000
mean		0.192	0.000	0.000

SUMMARY OF PEERS:

firm	peers:			
1	1			
2	2			
3	3			
4	4			
5	3	11		
6	3			
7	3			
8	3			
9	3	1	2	
10	10			
11	11			

SUMMARY OF PEER WEIGHTS: (in same order as above)

firm	peer weights:			
1	1.000			
2	1.000			
3	1.000			
4	1.000			
5	0.766	0.232		
6	0.992			
7	0.981			
8	0.994			
9	0.486	0.015	0.486	
10	1.000			
11	1.000			

EK-4 (Devam)

PEER COUNT SUMMARY:
(i.e., no. times each firm is a peer for another)

firm	peer count:
1	1
2	1
3	5
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
11	1

SUMMARY OF OUTPUT TARGETS:

firm	output:	1	2	3	4	5
1		206.300	18.000	49.000	39.000	608.000
2		195.600	19.000	50.000	36.000	622.000
3		195.700	22.000	52.000	37.000	621.000
4		192.200	19.000	42.000	38.000	618.000
5		190.212	20.782	48.848	35.278	620.000
6		194.124	21.823	51.581	36.702	616.000
7		191.918	21.575	50.995	36.285	609.000
8		194.439	21.858	51.665	36.762	617.000
9		193.200	20.188	50.289	36.051	613.000
10		195.700	22.000	51.000	36.000	622.000
11		174.300	17.000	39.000	30.000	624.000

SUMMARY OF INPUT TARGETS:

firm	input:	1	2	3
1		3.000	7.500	27.000
2		3.000	8.000	27.000
3		3.000	7.000	27.000
4		3.000	7.000	27.000
5		3.223	7.212	26.926
6		2.976	6.944	26.783
7		2.942	6.865	26.478
8		2.981	6.955	26.826
9		2.960	7.400	26.640
10		3.000	7.000	29.000
11		4.000	8.000	27.000

EK-4 (Devam)

FIRM BY FIRM RESULTS:

Results for firm: 1
Technical efficiency = 1.000

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	206.300	0.000	0.000	206.300
output	2	18.000	0.000	0.000	18.000
output	3	49.000	0.000	0.000	49.000
output	4	39.000	0.000	0.000	39.000
output	5	608.000	0.000	0.000	608.000
input	1	3.000	0.000	0.000	3.000
input	2	7.500	0.000	0.000	7.500
input	3	27.000	0.000	0.000	27.000

LISTING OF PEERS:

peer	lambda weight
1	1.000

Results for firm: 2
Technical efficiency = 1.000

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	195.600	0.000	0.000	195.600
output	2	19.000	0.000	0.000	19.000
output	3	50.000	0.000	0.000	50.000
output	4	36.000	0.000	0.000	36.000
output	5	622.000	0.000	0.000	622.000
input	1	3.000	0.000	0.000	3.000
input	2	8.000	0.000	0.000	8.000
input	3	27.000	0.000	0.000	27.000

LISTING OF PEERS:

peer	lambda weight
2	1.000

Results for firm: 3
Technical efficiency = 1.000

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	195.700	0.000	0.000	195.700
output	2	22.000	0.000	0.000	22.000
output	3	52.000	0.000	0.000	52.000
output	4	37.000	0.000	0.000	37.000
output	5	621.000	0.000	0.000	621.000
input	1	3.000	0.000	0.000	3.000
input	2	7.000	0.000	0.000	7.000
input	3	27.000	0.000	0.000	27.000

LISTING OF PEERS:

peer	lambda weight
3	1.000

EK-4 (Devam)

Results for firm: 4
Technical efficiency = 1.000

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	192.200	0.000	0.000	192.200
output	2	19.000	0.000	0.000	19.000
output	3	42.000	0.000	0.000	42.000
output	4	38.000	0.000	0.000	38.000
output	5	618.000	0.000	0.000	618.000
input	1	3.000	0.000	0.000	3.000
input	2	7.000	0.000	0.000	7.000
input	3	27.000	0.000	0.000	27.000

LISTING OF PEERS:

peer	lambda weight
4	1.000

Results for firm: 5
Technical efficiency = 0.962

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	178.800	0.000	11.412	190.212
output	2	17.000	0.000	3.782	20.782
output	3	38.000	0.000	10.848	48.848
output	4	32.000	0.000	3.278	35.278
output	5	620.000	0.000	0.000	620.000
input	1	4.000	-0.153	-0.623	3.223
input	2	7.500	-0.288	0.000	7.212
input	3	28.000	-1.074	0.000	26.926

LISTING OF PEERS:

peer	lambda weight
3	0.766
11	0.232

Results for firm: 6
Technical efficiency = 0.992

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	182.600	0.000	11.524	194.124
output	2	20.000	0.000	1.823	21.823
output	3	36.000	0.000	15.581	51.581
output	4	30.000	0.000	6.702	36.702
output	5	616.000	0.000	0.000	616.000
input	1	4.000	-0.032	-0.992	2.976
input	2	7.000	-0.056	0.000	6.944
input	3	27.000	-0.217	0.000	26.783

LISTING OF PEERS:

peer	lambda weight
3	0.992

EK-4 (Devam)

Results for firm: 7

Technical efficiency = 0.981

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	171.100	0.000	20.818	191.918
output	2	18.000	0.000	3.575	21.575
output	3	50.000	0.000	0.995	50.995
output	4	34.000	0.000	2.285	36.285
output	5	609.000	0.000	0.000	609.000
input	1	3.000	-0.058	0.000	2.942
input	2	7.000	-0.135	0.000	6.865
input	3	27.000	-0.522	0.000	26.478

LISTING OF PEERS:

peer	lambda weight
3	0.981

Results for firm: 8

Technical efficiency = 0.994

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	183.700	0.000	10.739	194.439
output	2	21.000	0.000	0.858	21.858
output	3	49.000	0.000	2.665	51.665
output	4	31.000	0.000	5.762	36.762
output	5	617.000	0.000	0.000	617.000
input	1	3.500	-0.023	-0.497	2.981
input	2	7.000	-0.045	0.000	6.955
input	3	27.000	-0.174	0.000	26.826

LISTING OF PEERS:

peer	lambda weight
3	0.994

Results for firm: 9

Technical efficiency = 0.987

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	193.200	0.000	0.000	193.200
output	2	13.000	0.000	7.188	20.188
output	3	40.000	0.000	10.289	50.289
output	4	34.000	0.000	2.051	36.051
output	5	613.000	0.000	0.000	613.000
input	1	3.000	-0.040	0.000	2.960
input	2	7.500	-0.100	0.000	7.400
input	3	27.000	-0.360	0.000	26.640

LISTING OF PEERS:

peer	lambda weight
3	0.486
1	0.015
2	0.486

EK-4 (Devam)

Results for firm: 10
 Technical efficiency = 1.000

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	195.700	0.000	0.000	195.700
output	2	22.000	0.000	0.000	22.000
output	3	51.000	0.000	0.000	51.000
output	4	36.000	0.000	0.000	36.000
output	5	622.000	0.000	0.000	622.000
input	1	3.000	0.000	0.000	3.000
input	2	7.000	0.000	0.000	7.000
input	3	29.000	0.000	0.000	29.000

LISTING OF PEERS:

peer	lambda weight
10	1.000

Results for firm: 11
 Technical efficiency = 1.000

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	174.300	0.000	0.000	174.300
output	2	17.000	0.000	0.000	17.000
output	3	39.000	0.000	0.000	39.000
output	4	30.000	0.000	0.000	30.000
output	5	624.000	0.000	0.000	624.000
input	1	4.000	0.000	0.000	4.000
input	2	8.000	0.000	0.000	8.000
input	3	27.000	0.000	0.000	27.000

LISTING OF PEERS:

peer	lambda weight
11	1.000

EK-5 (VERİ ZARFLAMA ANALİZİ BCC MODELİ ANALİZ ÇIKTILARI)

Results from DEAP Version 2.1

Instruction file = \$\$TEMP\$\$\INS
Data file = \$\$TEMP\$\$\DTA

Input orientated DEA

Scale assumption: VRS

Slacks calculated using multi-stage method

EFFICIENCY SUMMARY:

firm	crste	vrste	scale	
1	1.000	1.000	1.000	-
2	1.000	1.000	1.000	-
3	1.000	1.000	1.000	-
4	1.000	1.000	1.000	-
5	0.962	0.964	0.997	irs
6	0.992	1.000	0.992	irs
7	0.981	1.000	0.981	irs
8	0.994	1.000	0.994	irs
9	0.987	1.000	0.987	irs
10	1.000	1.000	1.000	-
11	1.000	1.000	1.000	-
mean	0.992	0.997	0.995	

Note: crste = technical efficiency from CRS DEA
vrste = technical efficiency from VRS DEA
scale = scale efficiency = crste/vrste

Note also that all subsequent tables refer to VRS results

SUMMARY OF OUTPUT SLACKS:

firm	output:	1	2	3	4	5
1		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5		16.900	5.000	14.000	5.000	1.000
6		13.100	2.000	16.000	7.000	5.000
7		24.600	4.000	2.000	3.000	12.000
8		12.000	1.000	3.000	6.000	4.000
9		2.500	9.000	12.000	3.000	8.000
10		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
mean		6.282	1.909	4.273	2.182	2.727

EK-5 (Devam)

SUMMARY OF INPUT SLACKS:

firm	input:	1	2	3
1		0.000	0.000	0.000
2		0.000	0.000	0.000
3		0.000	0.000	0.000
4		0.000	0.000	0.000
5		0.857	0.232	0.000
6		1.000	0.000	0.000
7		0.000	0.000	0.000
8		0.500	0.000	0.000
9		0.000	0.500	0.000
10		0.000	0.000	0.000
11		0.000	0.000	0.000
mean		0.214	0.067	0.000

SUMMARY OF PEERS:

firm	peers:
1	1
2	2
3	3
4	4
5	3
6	3
7	3
8	3
9	3
10	10
11	11

SUMMARY OF PEER WEIGHTS: (in same order as above)

firm	peer weights:
1	1.000
2	1.000
3	1.000
4	1.000
5	1.000
6	1.000
7	1.000
8	1.000
9	1.000
10	1.000
11	1.000

EK-5 (Devam)

PEER COUNT SUMMARY:

(i.e., no. times each firm is a peer for another)

firm peer count:

1	0
2	0
3	5
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0

SUMMARY OF OUTPUT TARGETS:

firm	output:	1	2	3	4	5
1		206.300	18.000	49.000	39.000	608.000
2		195.600	19.000	50.000	36.000	622.000
3		195.700	22.000	52.000	37.000	621.000
4		192.200	19.000	42.000	38.000	618.000
5		195.700	22.000	52.000	37.000	621.000
6		195.700	22.000	52.000	37.000	621.000
7		195.700	22.000	52.000	37.000	621.000
8		195.700	22.000	52.000	37.000	621.000
9		195.700	22.000	52.000	37.000	621.000
10		195.700	22.000	51.000	36.000	622.000
11		174.300	17.000	39.000	30.000	624.000

SUMMARY OF INPUT TARGETS:

firm	input:	1	2	3
1		3.000	7.500	27.000
2		3.000	8.000	27.000
3		3.000	7.000	27.000
4		3.000	7.000	27.000
5		3.000	7.000	27.000
6		3.000	7.000	27.000
7		3.000	7.000	27.000
8		3.000	7.000	27.000
9		3.000	7.000	27.000
10		3.000	7.000	29.000
11		4.000	8.000	27.000

EK-5 (Devam)

FIRM BY FIRM RESULTS:

Results for firm: 1
 Technical efficiency = 1.000
 Scale efficiency = 1.000 (crs)

PROJECTION SUMMARY:		original	radial	slack	projected
variable		value	movement	movement	value
output	1	206.300	0.000	0.000	206.300
output	2	18.000	0.000	0.000	18.000
output	3	49.000	0.000	0.000	49.000
output	4	39.000	0.000	0.000	39.000
output	5	608.000	0.000	0.000	608.000
input	1	3.000	0.000	0.000	3.000
input	2	7.500	0.000	0.000	7.500
input	3	27.000	0.000	0.000	27.000

LISTING OF PEERS:
 peer lambda weight
 1 1.000

Results for firm: 2
 Technical efficiency = 1.000
 Scale efficiency = 1.000 (crs)

PROJECTION SUMMARY:		original	radial	slack	projected
variable		value	movement	movement	value
output	1	195.600	0.000	0.000	195.600
output	2	19.000	0.000	0.000	19.000
output	3	50.000	0.000	0.000	50.000
output	4	36.000	0.000	0.000	36.000
output	5	622.000	0.000	0.000	622.000
input	1	3.000	0.000	0.000	3.000
input	2	8.000	0.000	0.000	8.000
input	3	27.000	0.000	0.000	27.000

LISTING OF PEERS:
 peer lambda weight
 2 1.000

Results for firm: 3
 Technical efficiency = 1.000
 Scale efficiency = 1.000 (crs)

PROJECTION SUMMARY:		original	radial	slack	projected
variable		value	movement	movement	value
output	1	195.700	0.000	0.000	195.700
output	2	22.000	0.000	0.000	22.000
output	3	52.000	0.000	0.000	52.000
output	4	37.000	0.000	0.000	37.000
output	5	621.000	0.000	0.000	621.000
input	1	3.000	0.000	0.000	3.000
input	2	7.000	0.000	0.000	7.000
input	3	27.000	0.000	0.000	27.000

LISTING OF PEERS:
 peer lambda weight
 3 1.000

EK-5 (Devam)

Results for firm: 4
 Technical efficiency = 1.000
 Scale efficiency = 1.000 (crs)
 PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	192.200	0.000	0.000	192.200
output	2	19.000	0.000	0.000	19.000
output	3	42.000	0.000	0.000	42.000
output	4	38.000	0.000	0.000	38.000
output	5	618.000	0.000	0.000	618.000
input	1	3.000	0.000	0.000	3.000
input	2	7.000	0.000	0.000	7.000
input	3	27.000	0.000	0.000	27.000

LISTING OF PEERS:
 peer lambda weight
 4 1.000

Results for firm: 5
 Technical efficiency = 0.964
 Scale efficiency = 0.997 (irs)
 PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	178.800	0.000	16.900	195.700
output	2	17.000	0.000	5.000	22.000
output	3	38.000	0.000	14.000	52.000
output	4	32.000	0.000	5.000	37.000
output	5	620.000	0.000	1.000	621.000
input	1	4.000	-0.143	-0.857	3.000
input	2	7.500	-0.268	-0.232	7.000
input	3	28.000	-1.000	0.000	27.000

LISTING OF PEERS:
 peer lambda weight
 3 1.000

Results for firm: 6
 Technical efficiency = 1.000
 Scale efficiency = 0.992 (irs)
 PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	182.600	0.000	13.100	195.700
output	2	20.000	0.000	2.000	22.000
output	3	36.000	0.000	16.000	52.000
output	4	30.000	0.000	7.000	37.000
output	5	616.000	0.000	5.000	621.000
input	1	4.000	0.000	-1.000	3.000
input	2	7.000	0.000	0.000	7.000
input	3	27.000	0.000	0.000	27.000

LISTING OF PEERS:
 peer lambda weight
 3 1.000

EK-5 (Devam)

Results for firm: 7
 Technical efficiency = 1.000
 Scale efficiency = 0.981 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	171.100	0.000	24.600	195.700
output	2	18.000	0.000	4.000	22.000
output	3	50.000	0.000	2.000	52.000
output	4	34.000	0.000	3.000	37.000
output	5	609.000	0.000	12.000	621.000
input	1	3.000	0.000	0.000	3.000
input	2	7.000	0.000	0.000	7.000
input	3	27.000	0.000	0.000	27.000

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
3	1.000	

Results for firm: 8
 Technical efficiency = 1.000
 Scale efficiency = 0.994 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	183.700	0.000	12.000	195.700
output	2	21.000	0.000	1.000	22.000
output	3	49.000	0.000	3.000	52.000
output	4	31.000	0.000	6.000	37.000
output	5	617.000	0.000	4.000	621.000
input	1	3.500	0.000	-0.500	3.000
input	2	7.000	0.000	0.000	7.000
input	3	27.000	0.000	0.000	27.000

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
3	1.000	

Results for firm: 9
 Technical efficiency = 1.000
 Scale efficiency = 0.987 (irs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	193.200	0.000	2.500	195.700
output	2	13.000	0.000	9.000	22.000
output	3	40.000	0.000	12.000	52.000
output	4	34.000	0.000	3.000	37.000
output	5	613.000	0.000	8.000	621.000
input	1	3.000	0.000	0.000	3.000
input	2	7.500	0.000	-0.500	7.000
input	3	27.000	0.000	0.000	27.000

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
3	1.000	

EK-5 (Devam)

Results for firm: 10
 Technical efficiency = 1.000
 Scale efficiency = 1.000 (crs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	195.700	0.000	0.000	195.700
output	2	22.000	0.000	0.000	22.000
output	3	51.000	0.000	0.000	51.000
output	4	36.000	0.000	0.000	36.000
output	5	622.000	0.000	0.000	622.000
input	1	3.000	0.000	0.000	3.000
input	2	7.000	0.000	0.000	7.000
input	3	29.000	0.000	0.000	29.000

LISTING OF PEERS:

peer	lambda weight
10	1.000

Results for firm: 11
 Technical efficiency = 1.000
 Scale efficiency = 1.000 (crs)

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	174.300	0.000	0.000	174.300
output	2	17.000	0.000	0.000	17.000
output	3	39.000	0.000	0.000	39.000
output	4	30.000	0.000	0.000	30.000
output	5	624.000	0.000	0.000	624.000
input	1	4.000	0.000	0.000	4.000
input	2	8.000	0.000	0.000	8.000
input	3	27.000	0.000	0.000	27.000

LISTING OF PEERS:

peer	lambda weight
11	1.000

KAYNAKÇA

- Al-Refaie, A., Fouad, R.H., Li, M.H., and Shurrah, M. (2013), Applying Simulation and DEA to Improve Performance of Emergency Department in Jordanian Hospital. Simulation Modelling Practice and Theory J., Vol.39, Article No.1343.
- Altınok, T., Melamed, B. (2007), Simulation Modeling and Analysis with Arena, New Jersey: Academic Press (AP).
- Anderson, C., Butcher, C., Moureno, A. (2010), Emergency Department Patient Flow Simulation at Health Alliance. Major Qualifying Project Proposal Completed in partial fulfillment of the Bachelor of Science degree at Worcester Polytechnic Institute. Worcester MA, USA.
- Arena Simulation (2014), (www.arenasimulation.com)
- Bakırcı, F. (2006), Üretimde Etkinlik ve Verimlilik Ölçümü Veri Zarflama Analizi, Ankara: Atlas Yayınları.
- Buzkıran, B.Ö. (2012), Veri Zarflama Analizi ile Türkiye’de Organ Nakli Merkezlerinin Performans Kıyaslaması. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Antalya.
- Ceyhan, M.A. , (2007). Acil Serviste Hastaların Uzun Bekleme Sürelerine Etki Eden Faktörler. Yayınlanmamış Tıpta Uzmanlık Tezi, Kayseri Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kayseri.
- Chin, L., and Fleisher, G. (1998), Planning Model of Resource Utilization in Academic Pediatric Emergency Department. Pediatric Emerg Care, Vol.14, No.1, pp. 4-9.
- Çakar, İ. (2002), Etkinlik Ölçümünde Veri Zarflama Analizi ve Türkiye de Faaliyet Gösteren Aracı Kurumlara İlişkin bir Uygulama. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.

- Dengiz, B. (2010), Benzetim Ders Notları. Başkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara.
- Erkut, H., Polat, S. (2004), Türk Sanayi’nde Verimlilik Analizi için Simülasyon Modeli. Yayınlanmamış Araştırma Projesi Raporu. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Gaisford, J. (1994), Data Envelopment Analysis To Measure The Relative Economic Efficiencies of Healthcare Services. AAE Ed J., Vol.11
- Göktolga, Z.G., Artutu, A. (2011), Sivas İlinde Liselerin Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi. Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt.12, Sayı.2
- Güçlü, A. (1999), Türk silahlı Kuvvetleri Hastanelerinde Teknik Verimlilik Ölçümü: Veri Zarflama Analizi Uygulaması. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Gülhane Askeri Tıp Akademisi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Gül, M., Çelik, E., Güneri, A.F., Gümüş, A.T. (2012), Simülasyon ile Bütünleşik Çok Kriterli Karar Verme: Bir Hastane Acil Departmanı için Senaryo Seçimi Uygulaması. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Yıl.11, Sayı.22, s.1-18.
- Jones, M.C. (2013), Using Discrete Event Simulation To Improve The Patient Care Process In the Emergency Department of A Rural Kentucky Hospital. Unpublished Master Thesis. University of Louisville, Kentucky USA.
- Kavuncubaşı, Ş., Ersoy, K. (1995), Hastanelerde Teknik Verimlilik Ölçümü. Amme İdaresi Dergisi, Cilt.28, Sayı.3, Ankara
- Keçer, G. (2010), Veri Zarflama Analizi Teori ve Uygulamaları, Ankara: Siyasal Kitapevi Yayınları.

- Kirtland, A., J. Lockwood, K. Poisker, L. Stamp, and Wolfe, P. (1995), Simulating and Emergency Department is as Much Fun as. In Proceedings of the 1995 Winter Simulation Conference, pp. 1039-1042.
- Kılınç, F.E. (2009), Türk Sigortacılık Sektörünün Veri Zarflama Analizi Yöntemi ile Etkinliğinin Araştırılması. Yayınlanmamış Yüksek Lisan Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- Kumar, A. And Kapur, R. (1989), Discrete Simulation Application-Scheduling Staffforthe Emergency Room. 1989 Winter Simulation Conference Proceedings . IEEE, Washington, DC, pp. 1112-1120
- Law, A.M.,Kelton, W.D. (2007), Simulation Modeling and Analysis, New York: McGraw-Hill, 709.
- Luke, R.D.,Ozcan, Y.A., Bramble, J.D. (1997), Configurational Efficiency of Urban Strategic Hospital Alliances. AADE Ed J., Vol.14
- Mathwave (2014), (www.mathwave.com).
- Ozcan, Y.A.,Jiang, J., Pai, C.W. (1996), A New Method of Physician Profiling implications for Cost of Care. AADE Ed J., Vol.13
- Özdağoglu, A., Yalçinkaya, Ö., Özdağoglu, G. (2009), Ege Bölgesindeki Bir Araştırma ve Uygulama Hastanesinin Acil Hasta Verilerinin Simüle Edilerek Analizi. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen bilimleri Dergisi, Yıl.8, Sayı.16, s.61-73.
- Rosetti, M.D., G.F. Trzcinski, and Syverud, S.A. (1999), Emergency Department Simulation and Determination of Optimal Attending Physician Staffing Schedules. In Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference, pp. 1532-1540.
- Ruohonen, T. (2007), Improving the Operation of an Emergency Department by Using a Simulation Model. Unpublished Master Thesis. University of Jyväskylä, Finland.

- Saunders, C.E., P.K. Makensand Leblanc, L.J. (1989), Modeling Emergency Department Operations Using Advanced Computer Simulation Systems. Ann Emerg Med, Vol. 18, No.2, pp. 134-140
- Şahin, İ. (1998), Sağlık Bakanlığı Hastanelerinin İllere Göre Karşılaştırmalı Verimlilik Analizi: Veri Zarflama Analizine Dayalı Bir Uygulama. Yayınlanmamış Doktor Tezi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Uytes (2014), (www.uytes.com.tr/simulasyon/simulasyon.html)
- Uzgören, E., Şahin, G. (2013), Dumlupınar Üniversitesi Meslek Yüksekokullarının Performanslarının Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle Ölçümü. Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi, Cilt.9, Sayı.18.
- Weng, S.J., Wang, L.M., Tsai, B.S., Chang, C.Y., and Gotcher, D. (2011), Using Simulation and Data Envelopment Analysis in Optimal Healthcare Efficiency Allocations. In Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference, pp. 1295-1305.
- White, K.R., Ozcan, Y.A. (1996), Church Ownership and Hospital Efficiency. Hospital Health Administration, Vol.41, Issue 3.
- Win4DEAP (2014), (http://www8.umoncton.ca/umcm-deslierres_michel/dea/install.html)
- Yavuz, S. (2008), Sistem Simülasyonu Ders Notları. Yıldız Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul.