

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

Hasan SÖYLER^a
İnönü Üniversitesi

Ali KOÇ^b

Öz

Acil servisler, hastane organizasyonu içerisinde çok önemli bir yer tutmaktadır. 24 saat esasına göre çalışılması, hasta gelişlerinin ve hasta tiplerinin belirsiz olması, birçok alt birime (laboratuvar, görüntüleme vs.) sahip olması, hastalara en kısa sürede cevap verilmesi gerekliliği acil hizmet kalitesini doğrudan etkilemektedir. 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 eldeki kaynakları etkin şekilde kullanmayı sağlayan alternatif senaryolar geliştirilmiştir. Senaryolarda acil servis personelinin düşüncesi, 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. Her bir senaryonun etkinlik skoru veri zarflama analizi ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler

Acil Servis; Simülasyon; Veri Zarflama Analizi

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 artışı; 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.

Literatürde hastanelerle ve hastane acil servisleriyle ilgili çok sayıda çalışma vardır. Bunlardan bazıları aşağıda sunulmuştur:

Saunders vd., (1989) kurdukları simülasyon modelinde kaynak kullanımını, kuyruk büyüklüğünü, kaynak atamanın ve laboratuvar işlemlerindeki değişimlerin hastaların çevirim zamanı üzerindeki etkilerini test etmişlerdir.

Kumar ve Kapur (1989) çalışmalarında hemşirelerin etkin atamasını yaparak hastaların acil servislerdeki

^a Sorumlu Yazar: Hasan SÖYLER, Yrd. Doç. Dr., İnönü Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, hasan.soyler@inonu.edu.tr

^b Ali Koç, Bilim Uzmanı, Elazığ Kamu Hastaneleri Birliği Genel Sekreterliği, Alikoc_1960@hotmail.com

* Bu çalışma, Yrd. Doç. Dr. Hasan SÖYLER danışmanlığında Ali KOÇ'un tamamladığı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

çevirim zamanlarını minimuma indirmeyi hedeflemişlerdir.

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

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'inin ve ölçekten değişken getiri modeline göre %55'inin göreceli olarak verimsiz olduğunu saptamıştır.

Chin ve Fleisher (1998) yaptıkları çalışma ile Acil Serviste doktorların boşta kalma sürelerini azaltarak doktorları daha efektif hale getirmişlerdir. Bu da hem hastaların ortalama çevirim zamanlarını, hem de doktorların çalışma zamanlarını azaltmıştır.

Rosetti vd., (1999) 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 gözlemlemişlerdir.

Özdağoğlu vd., (2002) hastaların tanı ve önceliklere göre sınıflandırılmasının servis kalitesinin iyileştirilmesi ve yoğunluğun kontrol altına alınması amacıyla kullanılabileceğinden yola çıkarak Ege Bölgesi'ndeki bir araştırma ve uygulama hastanesine belirli bir dönemde başvuruda bulunan acil hasta verilerinin girdi olarak kullanıldığı bir simülasyon modeli geliştirmişlerdir.

Ruohonen (2007) yaptığı yüksek lisans çalışmasında mevcut sistemin simülasyon modeline önerilen çözümler uygulandıktan sonra hastaların bekleme sürelerinin %40 azaldığı tespit etmiştir.

Anderson vd., (2010) Amerika'da bir hastanenin acil servis departmanındaki hasta akışını Arena ile simüle eden bir çalışma yapmışlardır. Farklı kaynak

kullanımları altında üç iyileştirme senaryosu uygulayarak sistemin verimindeki artışı gözlemişlerdir.

Weng vd., (2011) yaptıkları çalışmada simülasyon ve veri zarflama analizi ile Tayvan'daki bir hastanenin acil servis için optimum etkinlik atamalarını bulmaya çalışmışlardır. 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 çalıştırdıktan 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.

Gül vd., (2012) yaptıkları çalışmada bir kamu hastanesi acil servisinde ortalama hasta kalış uzunluğunu azaltan, hasta verimliliğini artıran, kaynak kullanım oranlarını geliştiren ve tüm bunlara bağlı olarak personel seviyesini belirleyen senaryolar geliştirmişler ve senaryoları sıralamaları ise VIKOR ve PROMETHEE yöntemleri ile sıralamışlar, elde ettikleri sonuçları karşılaştırmışlardır.

Al-Refaie vd., (2013) yaptıkları çalışmada bir hastane acil servisin performansını simülasyon ve veri zarflama analizi ile geliştirmeye çalışmışlardır. Mevcut durum için oluşturulan simülasyon modeli çalıştırılıp sonuçlar elde edildikten sonra hemşire kullanımına bağlı olarak alternatif senaryolar belirlenmiştir. 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.

Jones (2013; 71) 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 karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın 2. bölümünde, Simülasyon ve Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemleri tanıtılmıştır. 3. bölümde, Elazığ Eğitim ve Araştırma Hastanesi Acil Servisinin işleyişi ile ilgili bir simülasyon modeli oluşturulmuştur. Simülasyon modeli oluşturulurken Elazığ Eğitim ve Araştırma Hastanesinin 2014 yılı Mart ayı acil servis verileri sistemde kaynakların (doktor, hemşire, yatak) kullanımı, darboğaz yerleri, hastaların sistemde bekleme süreleri gibi parametreler doğrultusunda farklı miktar ve dağılımda kaynak kullanılan alternatif senaryoların etkinliği Veri Zarflama Analizi (VZA) ile karşılaştırılmıştır.

Materyal ve Metod

Simülasyon

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).

Simülasyon, belirli kararların sonuçlarının tahmininde, 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 düşünceyi teşvik etmede, planların bütünlüğünü ve fizibilitesini test etmede kullanılır (www.uytes.com.tr/simulasyon/simulasyon.html).

Bir simülasyon modelleme süreci aşağıdaki adımlardan oluşur (Yavuz, 2008):

- 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 koşullara ait testlerin nasıl yapılacağını 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.

Simülasyon modelleri genel anlamda üç farklı biçimde sınıflandırılabilir (Law ve Kelton, 2007):

Statik-Dinamik Simülasyon Modelleri: Statik simülasyon modeli, belirli bir zamandaki bir sistemin tanımlanmasıdır ve zamanın önemli bir rol oynamadığı bir sistemde kullanılabilir. Diğer taraftan, dinamik simülasyon modeli zamanla değişen bir sistemde kullanılır, örneğin bir hastane acil servis sistemi.

Deterministik-Stokastik Simülasyon Modelleri: Eğer bir simülasyon modeli herhangi bir olasılık unsuru taşıyorsa, bu model deterministiktir. Ancak bazı modeller en azından birkaç rastsal girdi unsuru ile modellenmek zorundadır. Bunlar, stokastik simülasyonun oluşmasına sebep olurlar.

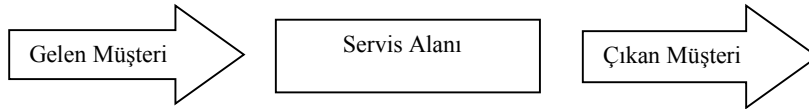
Sürekli-Kesikli Simülasyon Modelleri: Kesikli-olay simülasyonunda sistemin durumu belli bir zaman aralığında sonlu sayıda zaman noktasında değişir. Sürekli-olay simülasyonunda ise sistemin durumu tüm zaman sürecinde sürekli değişebilir.

Belirtilen bu modellerin genel sınıflaması Şekil 1' de verilmiştir:

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 1. Simülasyon Model Sınıflaması

Bu çalışmada kesikli (ayrık) olay simülasyonu kullanılmıştır. Şekil 1'de görüldüğü gibi, ayrık olay simülasyonu, stokastik (bazı durum değişkenleri rastgeledir), dinamik (zaman değişimi önemlidir) ve kesikli bir simülasyon modeli çeşididir. Kesikli olay simülasyonu bir kuyruk sistemi modelinde Şekil 2' deki gibi gösterilebilir:



Şekil 2. Tek Servisli Kuyruk Sistemi

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

$$\text{Ortalama Kuyruksa Bekleme Zam.} = \frac{\text{Toplam Kuyruksa Bekleme Zamanı}}{\text{Servis Verilen Toplam Kişi Sayısı}} \quad (1)$$

$$\text{Servis Doluluk Yüzdesi} = \frac{\text{Toplam Meşgul Zaman}}{\text{Toplam Geçen Süre}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Sistemde Ortalama Bekleme Zamanı} = \frac{\text{Toplam Kuyruksa Bekleme Zamanı} + \text{Toplam Servis Zamanı}}{\text{Servis Verilen Toplam Kişi Sayısı}} \quad (3)$$

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

Simülasyon modellemenin en önemli adımlarından biri, veri toplama ile elde edilen verileri uygun istatistiksel testler kullanarak bir dağılıma uydurmaktır. Genel anlamda bir veri seti için dağılım belirlenmeye çalışılırken birçok istatistikten

yararlanılır. Bunlar; nokta istatistikleri (ortalama, median ve varyans), değişim Katsayısı ve Lexis Oranı, Çarpıklık ve Basıklık Katsayısı, Histogramlar ve Quantile (Çeyrek) Özetleri şeklindedir. Bu 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 ve Moment Metodudur. 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 ve Anderson Darling testidir.

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

Veri Zarflama Analizi (VZA)

Veri zarflama analizi (VZA), en az girdiyle en çok çıktıyı üreten, yani en iyi gözlemleri ve bu gözlemlerin doğrusal birleşimlerini etkinlik sınırı olarak kabul eden ve diğer gözlemleri bu sınıra göre değerlendiren bir matematiksel programlama tekniğidir (Çakar, 2002). Matematiksel programlama mümkün alternatifler içerisinde en iyisini seçmeyi amaçlarken, VZA işleyen sistemlerin göreceli etkinliklerini hesaplamaktadır (Banker, Charnes ve Cooper, 1984). VZA Farrell'in (1957) üretken verimliliğin ölçümü ile ilgili çalışması VZA ile ilgili ilk çalışmadır. VZA ile ilgili matematiksel

tanımlar bundan 20 yıl sonra ortaya konmuştur (Charnes, Cooper ve Rhodes, 1978).

Bu teknik, karar verme birimlerinin çıktıları oluşturmak için mevcut kaynakları nasıl etkin bir şekilde kullanacağını belirlenmesini sağlar. VZA, parametrik olmayan bir etkinlik ölçüm tekniğidir. Veri zarflama analizi, işletmelerin veya diğer karar birimlerinin, girdi ve çıktıların artırımı ya da 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.

Veri zarflama analizinde uygulama adımları şöyledir (Kılınç,2009):

- 1) Karar Verme Birimlerinin (KVB) seçilmesi
- 2) Girdi ve Çıktı Kümelerinin seçilmesi
- 3) Verilerin Güvenirliliğinin Test edilmesi
- 4) Göreli 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

Veri zarflama analizi genel anlamda, girdiye yönelik veya çıktıya yönelik olarak oluşturulabilir. Oluşturulan tüm modeller doğrusal programlama mantığıyla çözümlür.

Yöntem, bir örgütler kümesi veya karar alma birimleri kümesi içinde, girdi ve çıktılarına 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 (Buzkıran,2012):

$$\text{Etkinlik} = \frac{\text{Ağırlıklandırılmış Çıktı Toplamı}}{\text{Ağırlıklandırılmış Girdi Toplamı}} \quad (\text{VZA'ya göre etkinlik}) \quad (4)$$

$$\max \frac{\sum_{r=1}^s U_r Y_{rp}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{ip}} \quad (5)$$

$$\text{Kısıtlayıcılar} = \frac{\sum_{r=1}^s U_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{ij}} \leq 1 \quad (6)$$

$$\text{Pozitif Kısıtlayıcı} = U_r, V_i \geq 0 \quad (7)$$

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_{ij} = karar birimlerinin çıktı miktarları

V_{ij} = karar birimlerinin girdi ağırlıkları

X_{ij} = karar birimlerinin girdi miktarlarını gösterir.

Veri zarflama analizinin kavramsal modeli, Formül (5)'de verilen kesirli programlama modelidir. Kesirli programlama şeklindeki Formül (5), etkinlik hesaplamasında kullanılan ve daha pratik bir yöntem olan doğrusal programlama formuna dönüştürülebilir.

Literatürde ağırlıklar "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 (5)'de verilen kesirli programlama biçimi, formül (8)'deki şekilde doğrusal programlama formuna dönüştürülebilir (Göktolga, Artut, 2011).

$$\text{Max} \sum_{r=1}^s U_r Y_{rp} \quad (8)$$

$$\text{Kısıtlayıcı} = \text{Max} \sum_{i=1}^m V_i X_{ip} = 1 \quad (9)$$

$$\text{Kısıtlayıcı} = \text{Max} \sum_{r=1}^s U_r Y_{rp} - \text{Max} \sum_{i=1}^m V_i X_{ip} \leq 0 \quad (10)$$

$$\text{Pozitif Kısıtlayıcı} = U_r, V_i \geq 0 \quad (11)$$

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).

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: "ölçeğe göre sabit getiri" varsayımı altında etkinliği incelemekte, toplam etkinlik hakkında genel bir değerlendirme yapmaktadır. Kaynakları belirleyerek, yetersiz olanları tahmin etmektedir. Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından benzer mal veya hizmet üreten sistemlerin görece etkinliklerinin ölçülmesi amacı ile geliştirilmiştir.

BCC modeli: CCR'den farklı olarak "ölçeğe göre değişken getiri" varsayımı altında etkinliği incelemekte, 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. Banker, Charnes ve Cooper (1984) tarafından geliştirilmiştir.

Bulgular

Çalışmada, bir kamu hastanesi acil servisinin işleyişi incelenerek çalışma sistematığı 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.

Örnekleme/Çalışma Grubu

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

1. 2014 yılı Mart ayına ait hasta gelişleri ile ilgili bilgiler (ayakta ve ambulansla 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.

Veri Toplama Araçları

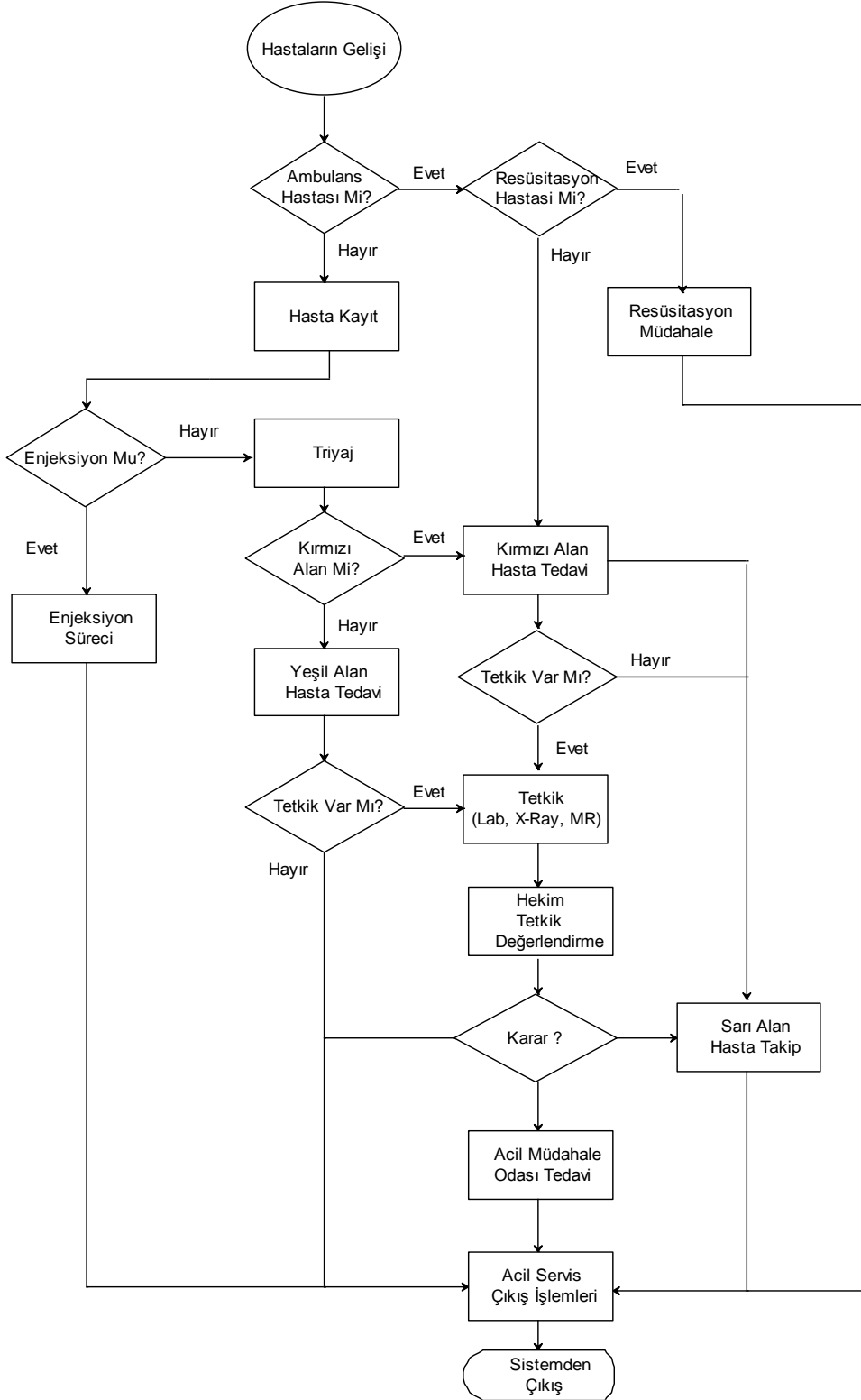
Elazığ Eğitim ve Araştırma Hastanesi Acil Servisi toplam (tıbbi hizmet alanı+bekleme alanı) 800 m² kapalı alan üzerine kurulmuştur ve ayda ortalama 20000 hastaya hizmet vermektedir. Acil Servis iki vardiyaya şeklinde çalışmaktadır. Vardiya 07:00-19:00 ve 19:00-07:00 şeklinde düzenlenmiştir. Acil Serviste bir vardiyada 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 ve 1 Görüntüleme personeli çalışmaktadır.

Acil Servis süreci bir hastanın acil departmanının kapısından içeriye girmesi ile başlayıp 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. Ayaktan giriş yapan hastalar direkt olarak hasta kayıta giderken, ambulans getirilen hastalar ise resüsitasyon odası veya kırmızı alana alınmaktadır. Acil servis ile ilgili süreç akışı Şekil 3'de verilmiştir:

Acil servisteki toplam 33 yataktan 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. Acil servis 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 bölümlerinden oluşmaktadır.

Simülasyon modeli için gerekli veriler Hastane Bilgi Yönetim Sistemi (HBYS), personel ile yüz yüze görüşme ve bilgi formları yolu ile elde edilmiştir. Veriler 2014 Mart ayına ait verilerdir. Hastane Bilgi Yönetim Sistemi



Şekil 3. Acil Servis Süreç Akış Şeması

(HBYS)'nden elde edilen hasta gelişleri verileri Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. 2014 Mart Ayı Hasta Sayıları

HASTA TİPİ	Ayaktan Gelen	Ambulansla Gelen	Enjeksiyon Hastası	Restüsitasyon Hastası	Konsültasyon Hastası
SAYI	19606	514	323	7	619

Günün farklı saatlerinde farklı sayıda hasta gelişleri olmaktadır. Ayaktan hasta geliş verilerini bir dağılıma uydurmak sağlıklı sonuçlar vermeyebilir. Bu nedenle simülasyon modelinde 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 2’de verilmiştir:

Tablo 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. Veri setinin belirli bir değerin ($n > 99$) üstünde olmasından dolayı Ki-Kare test istatistiğinin sonuçları referans alınmış **Weibull** dağılımı ve en uygun dağılım olarak bulunmuştur. Dağılımın parametreleri $\alpha = 0.87985$ $\beta = 60.947$ şeklindedir.

Simülasyon modelinde, prosesler için gerekli olan işlem süreleri ile ilgili verilerin toplanma yöntemi işlemden işleme farklılık arz etmektedir. hasta kayıt, triyaj, konsültasyon gibi HBYS ve bilgi formlarından elde edilen veriler için, ambulansla hasta gelişleri için yapılan istatistiksel analizler kullanılarak uygun dağılımlar bulunmuştur. HBYS ve bilgi formlarında kaydı tutulmayan işlemler için (sarı alan tedavi süresi, kırmızı alan tedavi süresi vb.) ise deneyimli personeller ile yüz yüze görüşülerek işlemlerin maksimum, minimum ve en çok karşılaşılan değerleri bulunmuştur. Bu tarz işlemler için üçgensel dağılım kullanılmıştır.

Tablo 3’de tüm işlemler için bulunan dağılımlar ve karar durumunda oluşan olasılık yüzdeleri gösterilmiştir.

Tablo 2. 2014 Mart Ayı Ayaktan Hasta Analizi

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

İşlem Adı/Karar Adı	Dağılım ve Parametre	Zaman Birimi	Yüzde
Hasta Gelişleri	WEIBULL (0.8795, 60.947)	Dakika	
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	WEIBULL (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
Müşahede için Sarı Alanda Hemşireyi Bekleme	TRIA(45 , 120 , 300)	Saniye	
Müşahede için Kırmızı Alanda Hemşireyi Bekleme	TRIA(45 , 120 , 300)	Saniye	
Müşahede için Sarı Alanda Hemşire Kontrol	TRIA(120 , 180 , 300)	Saniye	
Müşahede için Kırmızı Alanda Hemşire Kontrol	TRIA(120 , 180 , 300)	Saniye	
Müşahede için Sarı Alanda Tedavinin Bitmesini Bekleme (Ayaktan Hasta)	TRIA(20,45,90)	Dakika	
Müşahede için Sarı Alanda Tedavinin Bitmesini Bekleme (Ambulans Hastası)	TRIA(30,120,300)	Dakika	
Müşahede için Kırmızı Alanda Tedavinin Bitmesini Bekleme (Ayaktan Hasta)	TRIA(20,45,90)	Dakika	
Müşahede için Kırmızı Alanda Tedavinin Bitmesini Bekleme (Ambulans Hastası)	TRIA(30,120,300)	Dakika	
Müşahede için Sarı Alanda Son Kontrol	TRIA(120 , 180 , 300)	Saniye	
Müşahede 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 Kayıt 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 Müşahedeye Gitme (Route)	TRIA(9 , 20 , 60)	Saniye	

İşlem

Mevcut Sistem için Simülasyon Modelinin Oluşturulması:

Acil servis simülasyon modeli kurulurken aşağıdaki varsayımlar göz önüne alınmıştır:

- 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, normal hastaların bekleme salonunda ağır hastaların ise sedyelerde beklediği varsayılmıştır.
- Acil servise giriş yapan hastaların muayene olmadan sistemden ayrılmadığı varsayılmıştır.
- Son olarak hastaların Şekil 3’de verilen akış şemasına uyduğu varsayılmıştır. Örneğin gerçek sistemde bazen hastaların kırmızı alana gitmesi gerekirken direkt olarak acil müdahaleye gidebilmektedir. Bu tarz durumlar dikkate alınmamıştır.

Çalışmada model için 1 gün (24 saat) simülasyon süresi, 10 replikasyon belirlenmiştir. Simülasyon süresinin ve replikasyon sayısının az tutulmasının nedeni, kullanılan simülasyon yazılımının kısıtlandırılmış 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.

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’de tanımlandığı gibidir.

Kaynak	Sayı
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

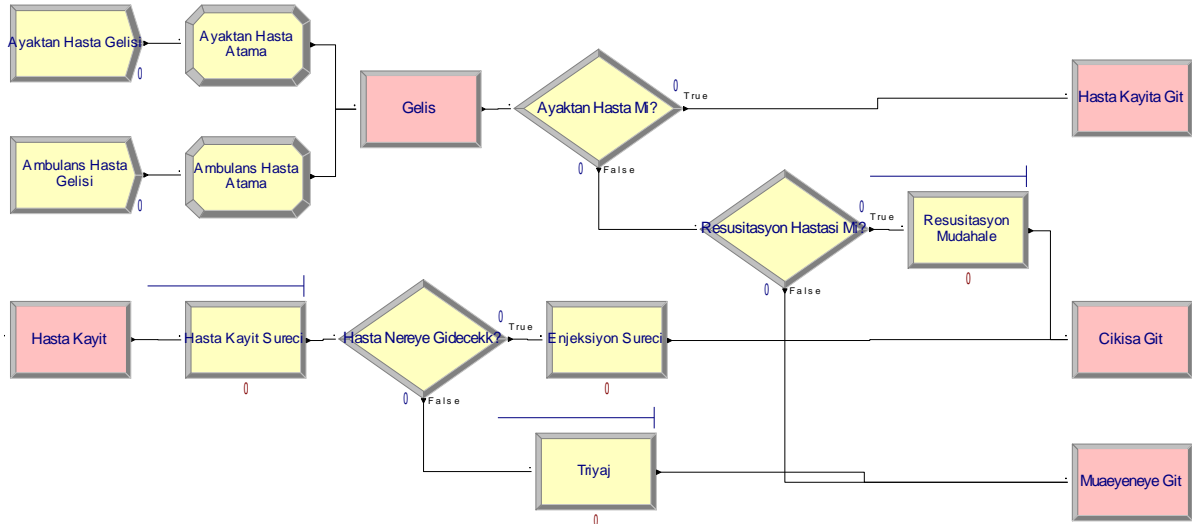
Arena modeli 3 ana bölümden oluşmaktadır. Bunlar;

- Giriş, Hasta Kayıt, Yönlendirme, Resüsitasyon ve Enjeksiyon
- Muayene, Tetkik ve Müşahade
- Çıkış ve Raporlama şeklindedir.

Giriş, Hasta Kayıt, Yönlendirme, Resüsitasyon ve Enjeksiyon Bölümü:

Bu bölümde öncelikle hasta gelişleri tanımlanmıştır. Hasta gelişleri, ayaktan ve ambulansla gelişler olmak üzere iki şekilde gerçekleşmektedir. Hastalar “Geliş” istasyonuna alınmakta ve “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 Muayeneye (Kırmızı alana) yönlendirilmektedir. Hasta kayıta gelen hastaların ise kaydı yapıldıktan sonra, enjeksiyon hastası yada muayene hastası olduğu sorgulanmaktadır. Enjeksiyon hastaları enjeksiyon yaptırdıktan sonra çıkış istasyonuna yönlendirilirken, Muayene hastaları ise “Triyaj” prosesine girip Muayene istasyonuna yönlendirilmektedir.

Giriş, Hasta Kayıt, Yönlendirme, Resüsitasyon ve Enjeksiyon Kısımına ait Arena modeli Şekil 4’de verilmiştir:



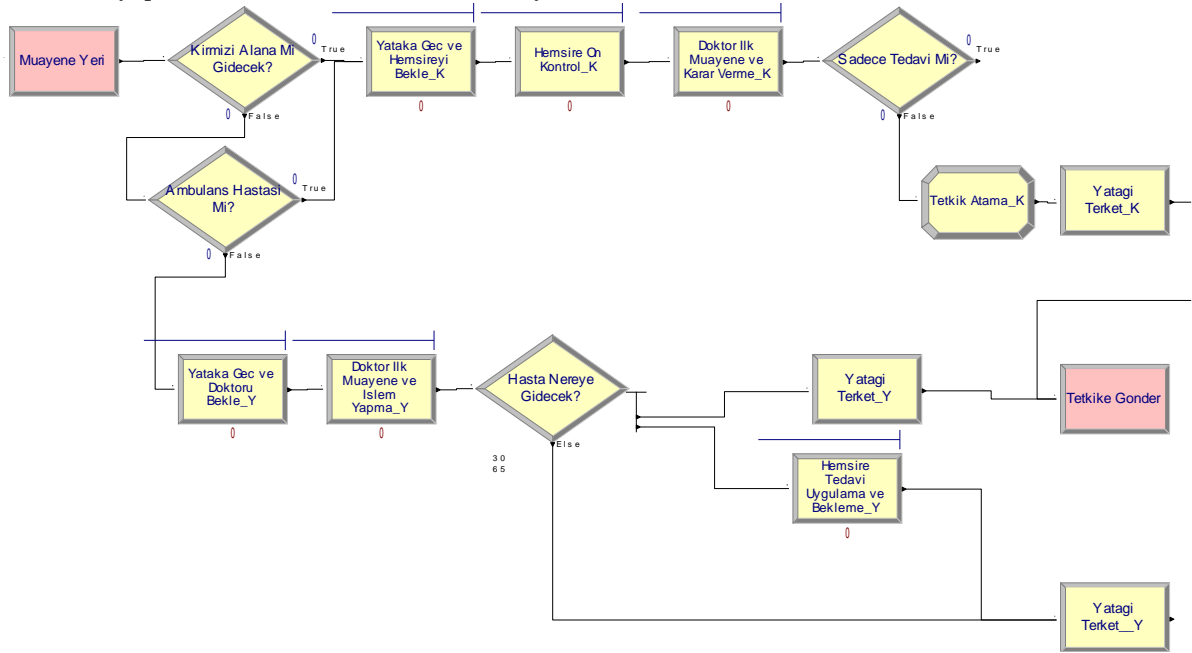
Şekil 4. Arena Modeli (Giriş, Hasta Kayıt, Yönlendirme, Resüsitasyon ve Enjeksiyon Kısmı)

Muayene, Tetkik ve Müşahede:

İlk alt bölüm olan **muayene** kısmına gelen hastaların kırmızı alan yada yeşil alan hastası olduğu belirlendikten sonra kırmızı alana gelen hastalar önce yatağa geçmekte, hemşire ön kontrol (vitalleri belirleme) yapmakta ve son olarak doktor muayene

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. Muayene kısmına ait Arena modeli Şekil 5'de gösterildiği gibidir:

Tetkik bölümünde hastalar için 3 durum söz



Şekil 5. Arena Modeli Muayene Kısmı

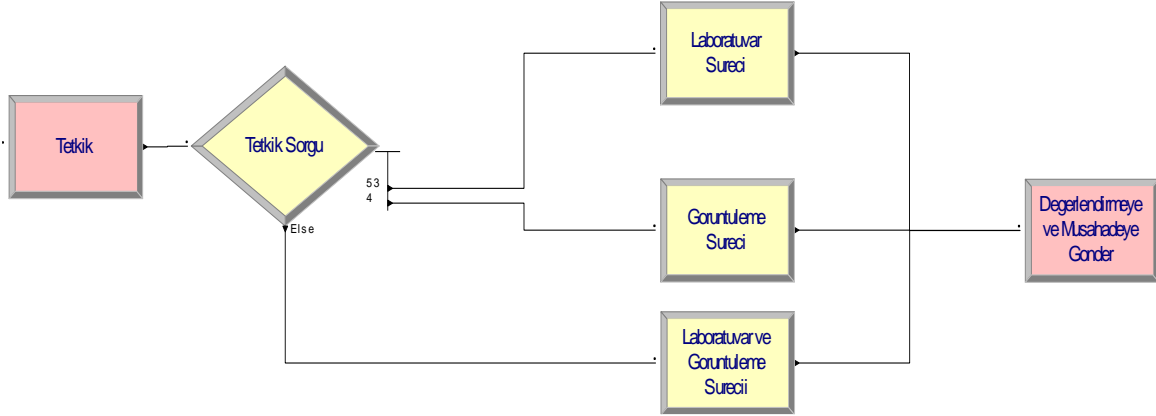
yapmaktadır. Muayeneden sonra tetkik istenip istenmeyeceği sorgulanmaktadır. Tetkik istenen hastalar yatağı terk edip Tetkik istasyonuna yönlendirilmektedir. Tetkik istenmeyenlere ise hemşire tarafından tedavi uygulanıp "Müşahede" istasyonunda sorguya tabi tutulmaktadır. Yeşil alana gelen hastalar önce yatağa geçmekte, sonra doktor tarafından

konusudur:

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

Hastalar gecikme modülünde geciktirildikten sonra "Değerlendirme ve Müşahede" kısmına gönderilmektedir. Tetkik kısmına ait Arena modeli Şekil 6'da gösterildiği gibidir:

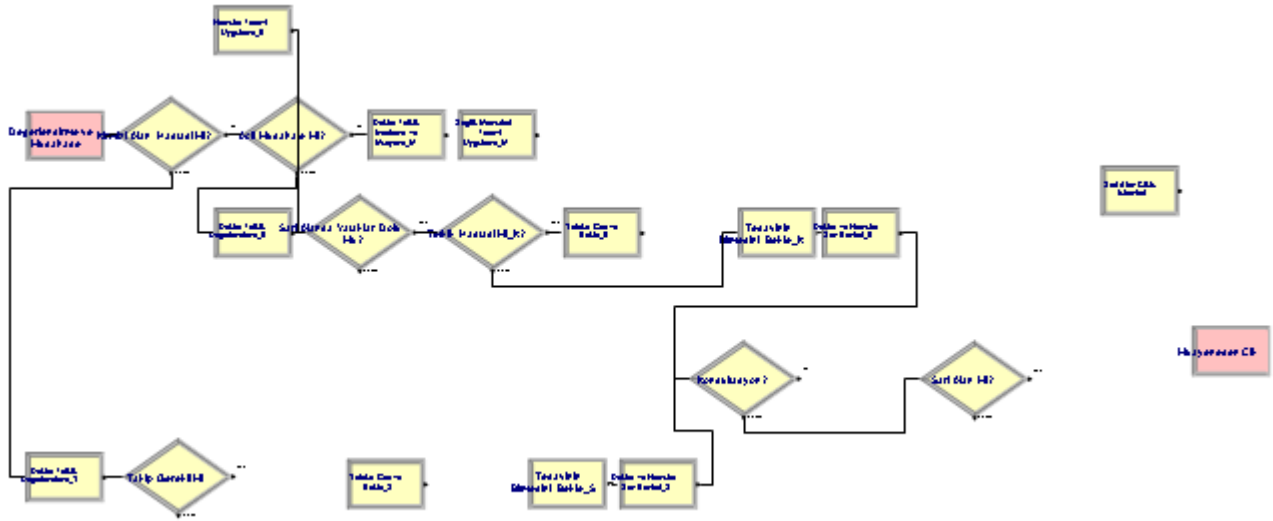
alanda ya da kırmızı alanda müşahede altına alınmaktadır. Yeşil alan hastaları da doktor tetkik değerlendirmeden sonra takibin gerekli olup olmadığı sorgusuna tabi tutulmaktadır. Takibi yapılacak olan



Şekil 6. Arena Modeli Tetkik Kısmı

Değerlendirme ve Müşahade kısmında önce hastaların kırmızı alan ya da yeşil alan hastası olma durumları sorgulanmakta, daha sonra kırmızı alan hastaları "Acil Müdahale (Cerrahi/Pansuman)" hastası olup olmadığı

yeşil alan hastaları sarı alanda takip edilmekte, diğerleri ise çıkış işlemlerini yapıp sistemden çıkmaktadır. Sarı alan ve kırmızı alanda müşahede işlemleri benzer süreçleri içermektedir. Önce hastalar yatağa geçmekte, hemşire tarafında kontrol edilmekte (serum takma, tansiyon ölçme vb.) daha sonra hasta tedavinin



Şekil 7. Değerlendirme ve Müşahade

sorgulanmaktadır. Acil müdahale hastaları, acil müdahale kısmında Uzman hekim ve sağlık memurları tarafından gerçekleştirilen muayene ve tedavi uygulamalarının olduğu süreçlerden geçip, müşahede altında tutulacak olanlar sarı alana yönlendirilmekte, diğerleri ise çıkış işlemlerini yapıp sistemden çıkmaktadır. Kırmızı alan hastalarının doktor tarafından tetkik sonuçları incelendikten sonra sarı alanda yatakların boş olup olmadığı sorgusuyla ya sarı

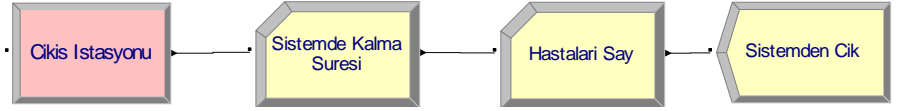
bitmesini beklemekte son olarak doktor ve hemşire kontrolüyle hasta "konsultasyon" sorgusuna alınmaktadır. Konsultasyon yapılacak hastalar için uzman hekim çağrılmaktadır. Son olarak hastalar her iki kısımda da yatakları terk edip, sarı alanda sarı alan hemşiresi tarafından, kırmızı alanda da diğer çıkış personeli tarafından çıkış işlemleri yapıp çıkış ve raporlama kısmına hasta yönlendirilmektedir.

Değerlendirme ve Müşahede modeli Şekil 7'de verilmiştir:

belirlenmiştir. Kaynak kullanımı bilgileri Şekil 9'da gösterildiği gibidir:

Çıkış İstasyonu ve Raporlama:

Bu bölümde hasta sayıları ve sistemde geçirdikleri süreler hesaplanmakta ve hastalar sistemden çıkarılmaktadır. (Şekil 8)



Şekil 8. Çıkış İstasyonu ve Raporlama

Model için Çıktı Analizinin Yapılması

Simülasyon modellemede modelin gerçek sistem ile uyumunu kontrol için en önemli adımlardan ikisi onaylama (validation) ve doğrulama (verification)'dir. Onaylama için 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. Ayrıca model acil servis çalışanları ile paylaşılarak sistemin işleyişi çalışanlarca da onaylanmıştır.

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

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. Hekim, yatak ve sarı alan hemşirelerinin kullanımının yüksek olduğu fakat diğer hemşirelerin kullanımının düşük kaldığı

Scheduled Utilization	Scheduled Utilization
Acil Doktor 1	Yatak K6
Acil Doktor 2	Yatak K7
Acil Doktor 3	Yatak S1
Çıkış Personeli	Yatak S10
Hasta Kayıt Personeli	Yatak S11
Hemşire 1	Yatak S12
Hemşire 2	Yatak S13
Hemşire 3	Yatak S2
Hemşire 4	Yatak S3
Hemşire 5	Yatak S4
Hemşire 6	Yatak S5
Sağlık Memuru	Yatak S6
Sarı Alan Hemşiresi	Yatak S7
Triyaj Personeli	Yatak S8
Uzman Doktor	Yatak S9
Yatak K1	Yatak Y1
Yatak K2	Yatak Y2
Yatak K3	Yatak Y3
Yatak K4	Yatak Y4
Yatak K5	Yatak Y5

Şekil 9. Kaynak Kullanımı

Kuyruklarda ortalama bekleme süreleri incelendiğinde, en çok beklemenin sarı alanda meydana geldiği görülmüştür. Bunun en büyük nedeni sarı alan hemşire sayısının yetersiz olmasıdır. Elde edilen kuyrukta bekleme süreleri ile ilgili bilgiler Şekil 10' da gösterildiği gibidir.

Queue	Queue
Waiting Time	Waiting Time
Diger Çikis Islemleri.Queue	Hemshire On Kontrol_K.Queue
Doktor İlk Muayene ve Islem Yapma_Y.Queue	Hemshire Tedavi Uygulama ve Bekleme_Y.Queue
Doktor İlk Muayene ve Karar Verme_K.Queue	Hemshire Tedavi Uygulama_K.Queue
Doktor Tetkik Degerlendirme_K.Queue	Saglik Memurlari Tedavi Uygulama_M.Queue
Doktor Tetkik Degerlendirme_Y.Queue	Sari Alan Çikis Islemleri.Queue
Doktor Tetkik Inceleme ve Muayene_M.Queue	Triyaj.Queue
Doktor ve Hemshire Son Kontrol_K.Queue	Yataka Gec ve Bekle_K.Queue
Doktor ve Hemshire Son Kontrol_S.Queue	Yataka Gec ve Bekle_S.Queue
Hasta Kayit Sureci.Queue	Yataka Gec ve Doktoru Bekle_Y.Queue
Hemshire Kontrol_K.Queue	Yataka Gec ve Hemshireyi Bekle_K.Queue
Hemshire Kontrol_S.Queue	

Şekil 10. Bekleme Süreleri

Veri Zarflama Analizi için Girdi ve Çıktıların Belirlenmesi

Veri zarflama analizinde doktor, hemşire ve yataklar girdiler olarak, doktor kullanım yüzdesi, hemşire kullanım yüzdesi, yatak kullanım yüzdesi, ortalama sistemde geçen süre ve hizmet verilen hasta sayısı ise çıktılar olarak belirlenmiştir. Karar birimi olarak kullanılacak olan senaryoların sayısı da 10'dur. Mevcut Durum dahil VZA modelinde kullanılacak olan karar verme birimi (kvb) sayısı 11 dir.

Alternatif İyileştirme Senaryoları ve Simülasyon Sonuçları

Veri zarflama analizinde karar verme birimi olarak kullanılacak olan senaryolar oluşturulurken öncelikle 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 senaryolar aşağıdaki gibidir;

- **Senaryo 1:** Bu senaryoda sarı alan hemşire sayısı gece ve gündüz 2 kişi alınmış, diğer kaynakların sayı ve kullanımları sabit tutulmuştur.
- **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 yatağı kırmızı 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, resüsitasyon 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 etkinlikleri bulunmuştur. Her iki modelde girdi yönelimi seçilmiştir. Girdi olarak kullanılan doktor, hemşire ve yatak sayılarının minimumda tutularak

Tablo 6. Veri Zarflama Analizi Hesaplama Sonuçları

Karar Verme Birimleri	Mevcut	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8	S 9	S 10	Etkin KVB Say.	Orta-lama	Etkinlik Yüzde
CCR Teknik Etkinlik	1	1	1	1	0.962	0.992	0.981	0.994	0.987	1	1	6	0.992	54.5%
BCC Teknik Etkinlik	1	1	1	1	0.964	1	1	1	1	1	1	10	0.997	91%
Ölçek Etkinliği	1	1	1	1	0.998	0.992	0.981	0.994	0.987	1	1	6	0.996	54.5%

- çıkarılmıştır. Kırmızı alan ve sarı alan yatak sayısı da 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.
- 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 Tablo 4.8 de verilmiştir:
- CCR modeline göre mevcut durum ile senaryo 1,2,3,9 ve 10 etkin iken, BCC modeline göre ise tek etkin

Tablo 5. Senaryolar için Simülasyon Girdi ve Çıktı Sonuçları

Karar Verme Birimleri	Girdiler					Çıktılar		
	Acil Doktor Sayısı	Hemşire Sayısı	Yatak Sayısı	Ortalama Sistemde Kalma Süresi (dk)	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

Senaryo modellerinin çalıştırılması ile elde edilen girdi ve çıktı değerleri Tablo 5’de verilmiştir:

Veri Zarflama Analizi (VZA) Uygulaması ve Sonuçların Değerlendirilmesi

Bu çalışmada ölçeğe göre sabit getiri modeli olan CCR modeli ile değişken getirili model olan BCC modeli sonuçları bulunarak herbir karar biriminin ölçek

olmayan tek karar verme birimi senaryo 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

Tablo 7. 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

modeline göre hemde değişken getirili BCC modeline göre etkin olmayan Senaryo 4 ile ilgili potansiyel iyileştirme hedef değerleri Tablo 7’de verilmiştir:

4. Tartışma

Çalışmada 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.

Simülasyon modellemede kullanılacak olan dağılımları belirlemek için gerekli olan süre verilerinin yılın tamamını kapsaması daha sağlıklı olacaktır. Çünkü acil servisler her mevsimde farklı sayıda hasta kabul etmektedir. Bu da 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 kullanılan simülasyon programının sınırlaması nedeniyle 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 ayakta ve ambulans hasta gelişleri tıbbi tanılara göre çeşitlendirilebilir) gibi kriterler doğrultusunda oluşturulabilir.

Kaynakça

- Al-Refaie, A., Fouad, R.H., Li, M.H. ve Shurrab, M. (2013), Applying Simulation and DEA to Improve Performance of Emergency Department in Jordanian Hospital. *Simulation Modelling Practice and Theory J.*, Vol.39, No.1343. DOI: [10.1016/j.simpat.2013.11.010](https://doi.org/10.1016/j.simpat.2013.11.010)
- Anderson, C., Butcher, C. ve Moureno, A. (2010), *Emergency Department Patient Flow Simulation at Health Alliance*. Worcester Polytechnic Institute. Worcester MA, USA. ISBN 13: 978-0-12-370523-5
- Bakırcı, F. (2006), *Üretimde Etkinlik ve Verimlilik Ölçümü Veri Zarflama Analizi*, Ankara: Atlas Yayınları. ISBN:9756574526
- Banker, R., Charnes, A. ve Cooper, W., (1984). Some Models For Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30,1078-1092.
- Buzkırın, B.Ö. (2012), *Veri Zarflama Analizi ile Türkiye’de Organ Nakli Merkezlerinin Performans Kıyaslaması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Antalya.
- Charnes, A., Cooper, W., ve Rhodes, E., 1978. Measuring The Efficiency Of Decision Making Units. *European Journal Of Operational Research*, 2, 429-444.
- Chin, L. ve Fleisher, G. (1998), Planning Model of Resource Utilization an Academic Pediatric Emergency Department. *Pediatric Emergency Care*, 14, No.1, 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.
- Farrell, M.J. (1957), Measurement of Productive Efficiency, *Journal of the Royal Statistical Society*, 3, 253-281.
- Göktolga, Z.G., Artutu, A. (2011), Sivas İlinde Liselerin Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 12(2),63-78.
- 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*, 11 (22),1-18.
- Jones, M.C. (2013), *Using Discrete Event Simulation To Improve The Patient Care Process In the Emergency Department of A Rural Kentuck Hospital*, Unpublished Master Thesis. University of Louisville, Kentucky USA.
- Keçer, G. (2010), *Veri Zarflama Analizi Teori ve Uygulamaları*, Ankara: Siyasal Kitapevi Yayınları. ISBN: 9786055582276.
- Kirtland, A., J. Lockwood, K. Poisker, L. Stamp, and Wolfe, P. (1995), Simulating and Emergency Department is as Much Fun as, *Proceedings of the 1995 Winter Simulation Conference*, 1039-1042. DOI: [10.1145/224401.224769](https://doi.org/10.1145/224401.224769).
- Kılınç, F.E. (2009), *Türk Sigortacılık Sektörünün Veri Zarflama Analizi Yöntemi ile Etkinliğinin Araştırılması*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans 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, 1112-1120. DOI: [10.1145/76738.76880](https://doi.org/10.1145/76738.76880).

Law, A.M.,Kelton, W.D. (2007), *Simulation Modeling and Analysis*, New York: McGraw-Hill.

Özdağoğlu, A., Yalçınkaya, Ö., Özdağoğlu, G. (2009), Ege Bölgesindeki Bir Araştırma ve Uygulama Hastanesinin Acil Hasta Verilerinin Simüle Edilerek Analizi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8 (16), 61-73.

Rosetti, M.D., G.F. Trzcinski, and Syverud, S.A. (1999), Emergency Department Simulation and Determination of Optimal Attending Physician Staffing Schedules. *Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference*, 1532-1540. DOI: [10.1145/324898.325315](https://doi.org/10.1145/324898.325315)

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. *Annals of Emergency Medicine*, 18 (2), 134-140. DOI: [10.1177/0037549707083111](https://doi.org/10.1177/0037549707083111).

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*, 9(18),91-110, DOI: [10.11122/ijmeb.2013.9.18.148](https://doi.org/10.11122/ijmeb.2013.9.18.148).

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. *Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference*, pp. 1295-1305. DOI: [10.1109/WSC.2011.6147850](https://doi.org/10.1109/WSC.2011.6147850)

Yavuz, S. (2008), *Sistem Simülasyonu Ders Notları*. Yıldız Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul.