

SİMÜLASYON İLE BÜTÜNLEŞİK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME: BİR HASTANE ACİL DEPARTMANI İÇİN SENARYO SEÇİMİ UYGULAMASI

Muhammet GÜL¹, Erkan ÇELİK*, Ali Fuat GÜNERİ*, Alev Taşkın GÜMÜŞ*
Geliş: 15.08.2012 Kabul: 14.11.2012

ÖZET

Hastane acil departmanları (AD) belirsiz koşullar altında faaliyetlerini sürdürmek zorunda olan kurumlardır. Bir acil departmanın ihtiyaç duyduğu kaynak gereksinimlerinin belirlenmesi zor ve maliyeti yüksektir. Sundukları hizmetin önemi dikkate alındığında, acil departman sistem performansının belirlenmesi ve mevcut sistemin iyileştirilmesi, simülasyonu etkin bir araç olarak kullanmayı mümkün kılmıştır. Bu çalışmada ortalama hasta kalış uzunluğunu azaltan, hasta verimliliğini (birim zamanda hizmet gören hasta sayısı) artıran, kaynak kullanım oranlarını geliştiren ve tüm bunlara bağlı olarak personel seviyesini belirleyen senaryolar geliştirmek amaçlanmıştır. Elde edilen senaryolar çok kriterli karar verme teknikleri ile entegre edilerek en iyi senaryonun belirlenmesine çalışılmıştır. Bu çalışmada performans ölçütü ağırlıkları Bulanık AHP (Analitik Hiyerarşik Süreç) kullanılarak belirlenmiştir. Senaryoların sıralamaları ise VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) ve PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) yöntemleri ile elde edilmiştir ve elde edilen sonuçlar birbirleriyle kıyaslanmıştır.

Anahtar kelimler: Simülasyon, Çok Kriterli Karar verme, Hastane Acil Departmanları

SIMULATION WITH INTEGRATED MULTI CRITERIA DECISION MAKING: AN APPLICATION OF SCENARIO SELECTION FOR A HOSPITAL EMERGENCY DEPARTMENT

ABSTRACT

Hospital emergency departments (EDs) are institutes which have to carry on the activities under vagueness conditions. Determination of the resource requirements that an ED needs is difficult and high cost. When the importance of service is taken into consideration, determination of the ED system performance and improvement of the current system enables using of simulation as an efficient tool. In this study scenarios that reduce patient average length of stay (LOS), improve patient throughput (number of patients served in unit time) and enhance utilization of resources and evaluate the level of ED staff with respect to these constraints are aimed to developed. It is tried to evaluate the most appropriate scenario by the integration of MCDM methods and scenarios obtained. The weights of performance measures are determined using fuzzy AHP (Analytical Hierarchical Process). The rankings of the scenarios are determined with VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) and PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) methods and the results compared to each other.

Keywords: Simulation, Multi Criteria Decision Making, Hospital Emergency Departments

¹ Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yıldız, Beşiktaş, İstanbul
{mgul, erkelik, guneri, ataskin}@yildiz.edu.tr

1. GİRİŞ

Acil departmanlar hastalara 7/24 tıbbi hizmet sağlamada hayati bir rol üstlenmişlerdir. Acil departmanlar hasta yoğunluğunun, belirsizliğin ve karmaşıklığın çok olduğu birimlerdir. Bu sorunların çözümlenmesinde birçok iyileştirme metodu ve aracı vardır. Simülasyon da bunlar arasında önemli bir araç durumundadır. Acil departmanlarda yaşanan uzun hasta bekleme süreleri, kaynakların etkin kullanılmaması ve buna benzer birçok sorunun çözümünde simülasyon etkili bir teknik olarak kullanılmaktadır. Günümüzde bilgisayarlı simülasyon modellerinin sağlık hizmetlerinde kullanılması popülerlik kazanmaktadır. Simülasyon modelleri verilen durumlarla istenen çıktılara ulaşmak için diğer optimizasyon araçları ile entegre kullanılabilir. Birçok simülasyon modeli ve matematiksel model sağlık hizmeti veren sistemlerini analiz etmek için çalışılmıştır Yerravelli (2010).

Jerbi ve Kamoun (2009), Tunus'ta bir üniversite hastanesi acil departmanı mevcut durumunun simülasyon modelini kurmuş ve kalış uzunluğu, kuyruk bekleme süreleri, kaynak kullanımları ve kaynakların çizelgelenmesi gibi anahtar performans ölçütlerine göre farklı alternatifler önermişlerdir. Ölçütleri optimize eden en uygun çizelgeyi seçmek için bir hedef programlama modeli geliştirmişlerdir. Shim ve Kumar (2010), Simul8 simülasyon yazılımı ile kurdukları acil departman modelinde hasta bekleme sürelerini iyileştirmek için iki değişiklik (yeni bir ödeme istasyonu ve yeni bir kısa-kalış koğuşu ilave etme) önermiş ve etkilerini değerlendirmişlerdir. Eskandari vd. (2011) İran'da bir devlet hastanesi acil departmanının hasta akışını etkin şekilde incelemek için yeni bir çerçeve sunmuşlardır. Hasta bekleme sürelerini azaltmak için geliştirdikleri senaryoların seçim ve sıralamasını çok kriterli karar verme (ÇKKV) metodlarını kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Duguay ve Chetouane (2007), Kanada'da bir hastane acil departmanının kesikli-olay simülasyon çalışmasını gerçekleştirmişlerdir. Arena yazılımı kullanılarak geliştirilen modelde amaç olarak hasta kalış uzunluğunun azaltılması ve tüm hizmetin dağıtımı ile sistem veriminin iyileştirilmesini çalışmışlardır. İlave kaynak senaryolarına bağlı olarak bir dizi alternatif sunmuşlardır. Samaha vd. (2003), acil departmanından elde edilen bir haftalık ve 24 saatlik verilerle Arena yazılımını kullanarak hastaların sistemde ortalama kalış süresini azaltacak alternatifleri değerlendirmişlerdir. Komashie ve Mosuavi (2005), acil departman yöneticilerine aşırı bekleme neden olan sebepleri belirlemek için Arena benzetim yazılımı ile kurulan bir model geliştirmişlerdir.

Ayrıca önemli departman kaynaklarının etkisini değerlendirmek için anahtar performans göstergelerini de (KPIs) bir araç olarak kullanmışlardır. Olası sistem iyileştirmeleri için çeşitli eğer-öyleyse (what-if) senaryolarını test etmek için maliyet etkili bir metod kullanmışlardır. Sonuçlar hasta bekleme sürelerinde %20'den daha fazla iyileştirme olduğunu göstermiştir. Acil departmanının işleyişinin iyileştirilmesine yönelik Ruohonen vd. (2006) bir benzetim modeli kurmuşlardır. Finlandiya'da bir hastane acil departmanı modeli ile farklı süreç senaryolarını test etmiş, kaynakların tahsisini değerlendirmiş ve faaliyet tabanlı maliyet analizi yapmışlardır. Model, MedModel paket programı ile kurulmuş ve işlemler %25'in üzerinde geliştirilmiştir. Meng ve Spedding (2008), İngiltere'de bir acil

departmanının kesikli-olay benzetimini yapmışlardır. Alternatif senaryoları denedikleri analizlerde hasta bekleme sürelerinde azalmalar elde etmişlerdir. Yeh ve Lin (2007) çalışmalarında, ilave personel alınmadan hemşire çizelgelerinin değerlendirilmesi için benzetim ve genetik algoritma (GA) kullanarak hastane acil departmanı içerisinde hizmet kalitesinin artırılabilceğini göstermişlerdir. Ahmed ve Alkhamis (2008) çalışmalarında, Kuveyt'teki bir acil departman biriminin işleyişine yönelik karar destek sistemi (KDS) tasarımında optimizasyon ile benzetimi birleştirmişlerdir. Çalışmada yazarlar, hasta verimini maksimize etmek için gerekli doktor, laboratuvar teknisyeni ve hemşirelerin optimum sayısını belirlemek ve bütçe kısıtlarına bağlı olarak sistemdeki hasta zamanını azaltmak için optimizasyonla birleştirilmiş sistem benzetimi kullanan bir metodoloji sunmuşlardır. Diefenbach ve Kozan (2011), bir devlet hastanesi acil departmanı hasta akışını analiz ederek optimize etmişlerdir. Wang vd. (2009) iki farklı simülasyon yazılımı (IDS Scheer ARIS™ ve Rockwell Arena™) ile Fransa'da bir hastane acil departmanının simülasyon modelini kurarak süreç darboğazları ile kaynak tahsis veya yönlendirmelerini belirlemişlerdir. Bunun yanında bu iki yazılımın avantaj ve eksikliklerini de karşılaştırmalı olarak değerlendirmişlerdir. Elsharo vd. (2010) acil departmandan hastane ayakta tedavi birimine kabul edilen hastalar için bir bekleme alanının etkinliğini çalışmışlardır. Elde ettikleri deneysel sonuçlar ile bekleme alanının 6 yatak ve 12 saat işlem zamanı ile optimal çalıştığını belirlemişlerdir. Evans vd. (1996) kurdukları acil departman modelinde 13 farklı hasta türünün süreç akışlarını simüle etmişlerdir. Ayrıca doktor, hemşire ve teknisyenler için farklı fizibil çizelgeler elde etmişlerdir. Süreçte kullanılan ana performans ölçütü hastaların acil departmanda ortalama kalış uzunluğudur. Khadem vd. (2008) yaptıkları çalışmada bir devlet hastanesi acil departmanının revize edilmiş bir yerleşimini değerlendirmişlerdir. Mevcut ve revize yerleşimlerin her ikisi de MedModel benzetim yazılımı ile modellenmiştir. Temel amaçlar, hasta bekleme zamanını minimize ederek hasta memnuniyetini artırmak ve kapasiteyi genişletmektir. Revize yerleşimin sağladığı sonuçlara göre hasta bekleme süreleri %75 azaltılmış ve departman kapasitesi aylık %10 artırılmıştır.

Literatürde acil departmanların temel varlık ve kaynaklarını oluşturan hastalar, doktorlar, hemşireler, hasta kabul (resepsiyon) personelleri, yataklar ya da kabinler, teknisyenler, hasta tanı ve tedavisinde kullanılan ekipmanlar yazarlar tarafından belirli amaç ve hedefler doğrultusunda kullanılmışlardır (Tablo 1).

Hastane acil departmanları içinde hasta memnuniyetsizliğinin ana nedenlerinin başında uzun bekleme süreleri gelmektedir. Hastaların gerek hizmet görmek için kaynakları beklerken geçirdikleri süre gerekse işlem (hizmet alma) sırasında maruz kaldıkları uzun süreli bekleme memnuniyetsizlikler oluşturmaktadır.

Literatürdeki çalışmalar içinde yazarların sistem performansını belirlemede ve ona yönelik iyileştirmeler yapmada ölçüt olarak belirledikleri hedefler arasında "ortalama hasta kalış uzunluğunu (LOS) azaltmak, hasta verimliliğini (birim zamanda hizmet gören hasta) artırmak, departmandaki kaynakların (doktor, hemşire,

teknisyen, kayıt görevlisi vb.) kullanım etkinliğini artırmak ve bu kriterlerdeki gelişimlere paralel maliyetleri kontrol edebilmek” gelmektedir.

Tablo 1. Literatürdeki çalışmalarda çok kullanılan amaçlar/hedefler

Alanlarla ilgili amaçlar	Mevcut yatak ve odaların sayısını değiştirme Bekleme alanlarının sayılarını değiştirme Farklı lokasyon ve birimler için yatak sayısını değiştirme Alternatif personel çizelgeleme
Personel ile ilgili amaçlar	Mevcut personel sayısını değiştirme Triaj hemşiresi/Triaj doktoru, resepsiyon memuru, teknisyen ilave etme Yoğun talep zamanlarına ilave personel Ortalama maliyeti minimum yapacak optimum personel tahsisi
Ekipman ile ilgili amaçlar	Acil departmanda laboratuvar ve X-ray tesisi kurmak Sedye sayısını artırmak
İdari ve çevresel amaçlar	Hızlı yol (fast-track) ilave etme Triaj protokollerini değiştirme Doktor olmadan hemşireye test ve tetkik yapma izni verme Kuyruk disiplinini değiştirmek Hasta talebini değiştirme

Bu çalışmada, LOS’u azaltan, hasta verimi ile kaynakların etkin kullanımını artıran ve tüm bu amaçların hangi personel seviyesi ile oluştuğunu belirleyen bir takım senaryoların geliştirilmesi amaçlanmıştır. Senaryoların değerlendirilmesi ve sıralanması için çok kriterli karar verme tekniklerinden yararlanılmıştır. Kriter ağırlıkları Acil departman yönetiminin değerlendirmeleri sonucunda bulanık AHP yöntemi ile belirlendikten sonra senaryoların sıralaması VIKOR ve PROMETHEE yöntemleri ile belirlenmiştir. Nihai değerlendirme ve mukayese yapılarak en iyi senaryo bulunup kullanıcıların uygulamasına sunulmuştur.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde acil departman sisteminin işleyişi ve kurulan simülasyon modelinin aşamaları belirtilmiştir. Üçüncü ve dördüncü bölümlerde sırasıyla çok kriterli karar verme metotları ve bu metotlar kullanılarak acil departmanı performans ölçütü kriterlerinin ve senaryo sıralamalarının belirlenmesi süreci anlatılmıştır. Son bölüm ise elde edilen nihai sonuçları ve önerileri içermektedir.

2. ACİL DEPARTMAN SERVİS SİSTEMİ SİMÜLASYONU

2.1. Sistem Çevresi

Acil departmanları, insanların farklı türden birçok rahatsızlıktan dolayı başvurdukları ve ilk müdahaleyi almak istedikleri birimlerdir. Bu birimlerde

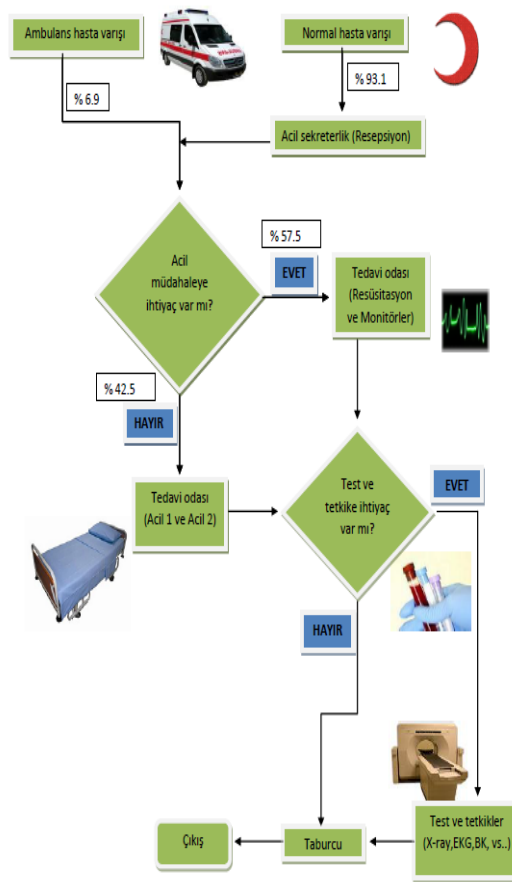
hastalara 24 saat boyunca şikâyetlerine göre çözüm sunulmaktadır. Günümüz şartlarında hizmet sektörünün hızla ilerlemesi bu sistemlerde sunulan hizmetler için geliştirilen araç ve yöntemlerin artmasına olanak sağlamaktadır. Hizmet sektöründe üzerinde çok çalışılan ve önem verilen bölümlerin başında da hastaneler gelmektedir. Yoğun hasta sayısı ve profiline karşı, kısıtlı personel ve ekipmanları ile en iyi hizmeti verebilmek için yoğun planlama faaliyetleri yürütmek zorunda kalan hastanelerin, özellikle planlama ve optimizasyon yöntemlerine ve bu yöntemlerin uygulayıcılarına olan ihtiyacı oldukça artış göstermektedir (Özdağoğlu vd., 2009). Ülkemizde son yıllarda hastanelerdeki acil departmanlarının kullanımında yoğunluklar yaşanmaktadır. Bunun sebebi de acil birimlerde hızlı ve ucuz tedavi imkânının olması gösterilmektedir.

Fırat Üniversitesi Hastanesi Acil Departmanı günde 24 saat ve üç vardiya halinde çalışmaktadır. Vardiyalar 24:00-08:00, 08:00-16:00 ve 16:00-24:00 olarak düzenlenmiştir. Departman, günlük yaklaşık 90-130 arası hastaya hizmet vermekte olup bu sayı yılın belli periyotlarında değişiklikler gösterebilmektedir. Departmanda kaynak olarak tanımlayabildiğimiz grup içerisinde doktorlar ve hemşireler başta olmak üzere hasta kabul ve giriş işlemlerini düzenleyen resepsiyon görevlileri ile modele dahil edilmediği halde departmanda hizmet veren temizlikçiler ve güvenlik görevlileri bulunmaktadır. Ayrıca hastalara hemşireler tarafından uygulanan tetkikler için tahsis edilen tıbbi cihazlar vardır. Bunun dışında hastalara doktor tarafından konulan teşhislere bağlı olarak uygulanan testler için bulunan tomografi, x-ray, EKG vb. cihazları tüm hastane ortak kullanılmaktadır. Acil departmanına süreç akışı Şekil 1'deki gibi olmaktadır. Süreç bir hastanın acil departmanının kapısından içeriye girmesi ile başlar ve hastanın acilden taburcu olması, başka bir hastaneye sevk edilmesi ya da hastane içinde başka bir birime yatılı hasta olarak gönderilmesi ile sona erer. Hastaneye varışlar iki türlü olmaktadır. Bunlar; normal hasta diye adlandırılan yürüyerek, tekerlekli sandalye ile gelerek ya da bir yakını tarafından refakat edilerek getirilen hastalar ve ambulans hasta diye adlandırılan ambulans vasıtası ile getirilen hastalardır. Normal hasta, giriş kapısından geçince acil sekreterliğin yer aldığı hasta kayıt merkezine alınır.

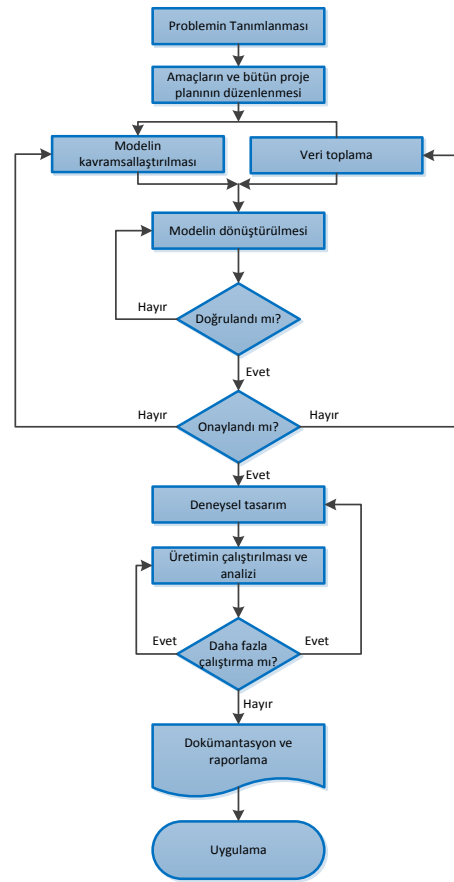
Ambulans hastalar bu aşamayı direkt geçerek ilk gözlem için doktorun muayene alanına alınırlar. Bu hastaların kayıtları daha sonra yakınları tarafından yapılmaktadır. Kayıt sonrasında normal hastalar, ambulans hastaları gibi ilk muayene alanına alınırlar. Burada hastanın ilk muayenesi acil sekreterlik tarafından atanan bir doktor ve müsait durumdaki bir hemşire tarafından gerçekleştirilir. Bundan sonra hastanın durumuna göre yataklara atamalar yapılır.

Ciddi durumdaki hastalar resüsitasyon ve acil müdahale odası ile ilk muayene alanının etrafındaki monitörlü yataklara alınır. Daha az ciddi durumunda olan ve genellikle ilaç tedavisi ya da çok az bir tedavi ile taburcu edilebilecek hastalar ise Acil-1 ve Acil-2 denilen alanlardaki yataklara alınır. Burada gerekli tetkik ve testler hemşireler tarafından uygulanır ve tedavileri son bulma durumuna bağlı olarak taburcu edilir ya da başka bir birime gönderilir.

Departman içerisinde 10 asistan doktor, 12 hemşire, 5 hasta kabul ve kayıt görevlisi çalışmaktadır. Sistemde hastalar için monitörlü gözlem yataklarının olduğu alan, sağlık durumu ciddiyetini koruyan hastaların yaşam desteği aldığı Resüsitasyon, ayakta tedavi edilebilecek hafif hastaların alındığı Acil-1 ve Acil-2 alanları ile Acil Müdahale Odası diye adlandırılan alanlar bulunmaktadır.



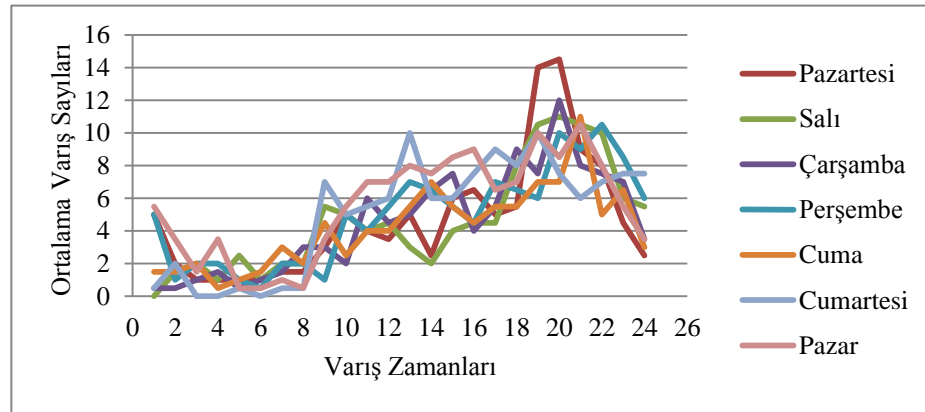
Şekil 1. Acil departmanı süreç akış diyagramı



Şekil 2. Simülasyon çalışmasında izlenecek adımlar

2.1. Sistem Simülasyonu

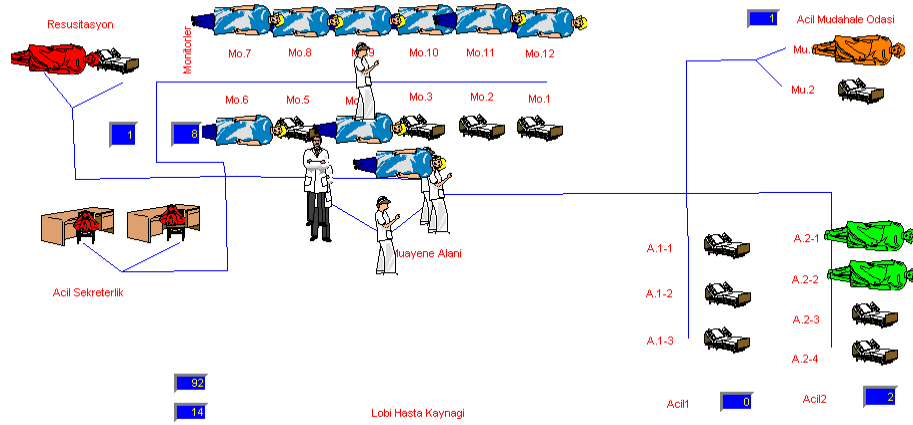
Sistemin simülasyon modeli kurulurken model kurucuya rehberlik edecek bir dizi adım izlenmiştir. Şekil 2'deki süreçte olduğu gibi amaçlar ve tüm proje planı ortaya konduktan sonra kavramsal modelin oluşturulması ve veri analizi aşamasına geçilmiştir. Model için veri toplanırken süreç formları, acil departman personel görüşü ve otomasyon sisteminden yararlanılmıştır. Departmana günün saatlerine göre hasta varışı Şekil 3'deki gibi olmaktadır. Varış süreci, $\lambda(t)$ oranı ile homojen olmayan bir Poisson sürecini takip etmektedir. Varışlar ortalama 12,41 dk sıklıkla olmaktadır ve Poisson(4,8333) dağılıma uygundur. Servis zamanı dağılımlarının Monitörler, Acil-1, Acil-2, Acil müdahale odası ve Resüsitasyon için sırasıyla Weibull(1.285,51.345), Expo(0.0202), Expo(0.02001), Expo(0.03733) ve Expo(0.02924) uyduğu yapılan istatistiksel uygunluk testleri ile ortaya konmuştur.



Şekil 3. Günün saatlerine göre haftalık hasta varışları

Daha sonra tüm acil departman süreci bir kesikli-olay benzetim sistemi olarak ServiceModel simülasyon yazılımı ile modellenmiştir (Şekil 4). Sisteme ait alanlar, varlıklar, kaynaklar, işleme, vardiyalar ayrı ayrı belirlenerek programa girilmiştir.

Simülasyon modelleme için önemli bir aşama olan doğrulama ve geçerlilik bir sonraki aşamayı oluşturmaktadır. Doğrulama, benzetim modeli için hazırlanan bilgisayar programı ile ilgilidir. Bilgisayar programının gerçek dünya sisteminin bir gösterimi olarak hakkıyla çalışıp çalışmadığını kontrol eder. Modelin geçerliliği, genellikle model kalibrasyonu içinde, gerçek sistem davranışı için ilerlemeli süreç kıyaslama modeli ve modeli geliştirmek için kazanılan bakış açılarını geliştirmiştir.

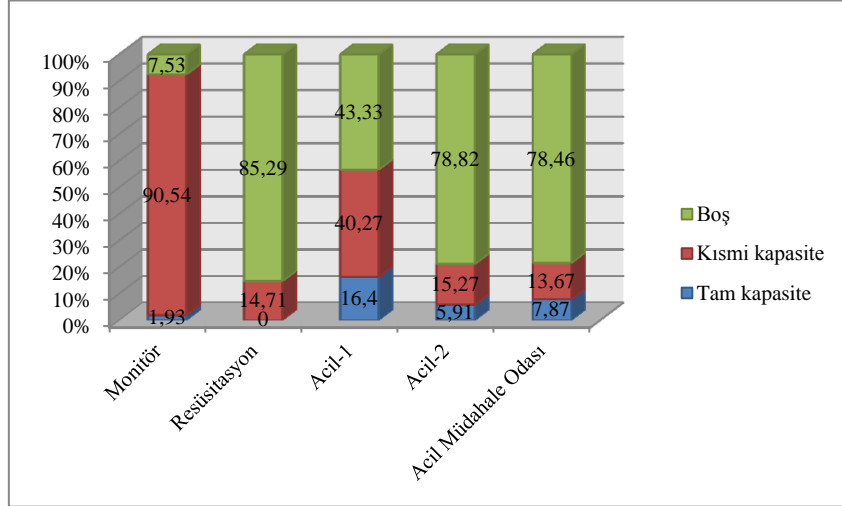


Şekil 4. ServiceModel ile kurulan acil departman modeli animasyonu

Modelin doğruluğu ve geçerliliği için çeşitli yaklaşımlar kullanılmıştır. Bunlar: (1) verilerin doğruluğu, (2) bilgisayardaki modelin geçerliliği ve görsel açıdan düzgün çalışması ve (3) işlem ve çıktıların doğruluğudur. Neticede model bir hazırlık periyodu için çalıştırılmış ve bazı anahtar performans ölçütü değerleri gerçek sistem değerleri ile karşılaştırılmıştır. Örneğin, çıktı değerlerinden biri olan *hastanın işlemde geçirdiği süre* istatistiksel olarak gerçek sistemden alınan veri karşısında geçerliliği sağladığı (hastanın işlemde geçirdiği süre için simülasyon modeli çıktısı 84.89 dk gerçek sistem verisi 82.99 dk) görülmüştür. Diğer model çıktıları da benzer şekilde gerçek sistem verileri ile karşılaştırılmış ve birbirine yakın değerler elde edilmiştir.

Acil departmanı tüm yıl için sabit personel çizelgesini (8-16 vardiyası için 3 doktor, 4 hemşire ve 2 kayıt görevlisi; 16-24 vardiyası için 5 doktor, 5 hemşire ve 2 kayıt görevlisi; 24-8 vardiyası için 2 doktor, 3 hemşire ve 1 kayıt görevlisi) sürdürmektedir. Bu şekilde mevcut kaynak atamaları ve çizelgesi ile sistem çalıştırıldığında ortalama hasta kalış uzunluğu bir hasta için 113.25 dk olarak elde edilmiştir.

Mevcut sisteme ait performans göstergelerinden birisi de şüphesiz lokasyonların kullanım etkinliğidir. Şekil 5, hastaların buldukları lokasyonları tam kapasite ve kısmi kullanımları ile atıl (boş) bırakma oranlarını göstermektedir. Şekle göre en az boş kalan lokasyon % 7.53 ile monitör bölümü olurken en fazla boş bekleyen lokasyon birimi % 85.29 ile resüsitasyon birimi olmuştur. Resüsitasyon birimi çok ciddi travmalar sonucu yaralanmış (genellikle ölüme yol açabilecek trafik kazaları gibi) hastalara hizmet verdiği için bu şekilde boş (atıl) olması beklenen bir durum olmuştur.



Şekil 5. Lokasyonların kullanım durumları

3. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

3.1. Bulanık-AHP

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yaygın olarak kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden bir tanesidir. Fakat klasik AHP yöntemi, belirsizlik ve kararsızlık durumlarını ele almada yetersiz olmasından dolayı eleştirilmektedir. Ayrıca AHP yöntemi, uzman kişinin bilgilerini ele alsa da, insani düşünme tarzını yansıtamamaktadır. Bu eksikliklerin üstesinden gelebilmek için bulanık-AHP yöntemi önerilmiştir. Sözel ifadelerin sayısallaştırılması ve farklı düşüncelerin ortak bir paydada birleştirilmesinin zorluğu bulanık-AHP yöntemi ile giderilebilir. Böylece karar verme sürecindeki belirsizliğin daha kolay üstesinden gelinir (Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2010).

Farklı yazarlar tarafından önerilmiş birçok bulanık AHP yöntemi vardır. Bu çalışmada kriter ağırlıklarının belirlenmesi için Buckley (1985)'in bulanık AHP yöntemi kullanılmıştır. Buckley'in bulanık AHP yöntemi için kullanılan adımlar aşağıdaki gibidir:

1. Adım: Hiyerarşik yapıdaki tüm kriterler arasındaki ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. İki kriterin her biri için hangisinin daha önemli olduğu sorularak ikili karşılaştırma matrislerine karşılık gelen dilsel ifadeler atanır.

$$\tilde{M} = \begin{pmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & 1 & \cdots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \cdots & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ 1/\tilde{a}_{21} & 1 & \cdots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/\tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

(1)

$$\tilde{a}_{ij} = \begin{cases} \tilde{1}, \tilde{3}, \tilde{5}, \tilde{7}, \tilde{9} & \text{i.kriter j.kriter karşısında görelî öneme sahiptir} \\ 1 & i = j \\ \tilde{1}^{-1}, \tilde{3}^{-1}, \tilde{5}^{-1}, \tilde{7}^{-1}, \tilde{9}^{-1} & \text{i.kriter j.kriter karşısında daha az öneme sahiptir} \end{cases}$$

(2)

2. Adım: Bulanık geometrik ortalamayı tanımlamak için aşağıdaki gibi geometrik ortalama tekniği kullanılır:

$$\tilde{r}_i = \left(\tilde{a}_{i1} \otimes \tilde{a}_{i2} \otimes \cdots \otimes \tilde{a}_{in} \right)^{1/n}$$

(3)

3. Adım: Aşağıdaki formül kullanılarak her bir kriterin bulanık ağırlığı hesaplanır.

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_2 \oplus \cdots \oplus \tilde{r}_n)^{-1}$$

(4)

Burada, \tilde{w}_i i. kriterin bulanık ağırlığıdır. Ve $\tilde{w}_i = (lw_i, mw_i, uw_i)$ şeklinde ifade edilir.

Burada lw_i, mw_i, uw_i i. kriterin bulanık ağırlığının alt, orta ve üst değerlerini ifade eder.

4. Adım: Aşağıdaki denklem ile her bir kriterin en iyi bulanık olmayan performans değerini (the best non-fuzzy performance –BNP) bulmak için COA (centre of area) metodu kullanılır.

$$\tilde{w}_i = [(uw_i - lw_i) + (mw_i - lw_i)] / 3 + lw_i$$

(5)

Her bir alternatif için elde edilen BNP değerine göre her bir alternatifin sırası elde edilir.

3.2. VIKOR Yöntemi

VIKOR belirtilen ağırlıklar altında uzlaşık çözüme ulaşmayı sağlayan bir yöntemdir (Opricovic ve Tzeng, 2004; Görener, 2011). Birbiri ile çelişen kriterler altında alternatiflerin sıralamasını belirleyerek en uygununun seçilmesini içerir. VIKOR yöntemi, ideal çözüme yakınlığa dayanan çok kriterli sıralama indeksini ele alır. Birbiri ile çelişen kriterler içeren problemler için uzlaşık çözüm, karar vericilere karara ulaşmada yardımcı olur (Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2008). VIKOR yönteminde süreç şu şekilde özetlenebilir:

1. Adım: Kriterler için en iyi ve en kötü değerler belirlenir. Fayda kriteri için aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$f_j^* = \max_i f_{ij}, \quad f_j^- = \min_i f_{ij}$$

(6)

2. Adım: Alternatifler için S_i ve R_i değerleri hesaplanır. w_j kriterin ağırlığını belirtmektedir.

$$S_i = \sum_{j=1}^n \frac{w_j (f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i^-)} \quad R_i = \max_i \left(\frac{w_j (f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i^-)} \right)$$

(7)

3. Adım: Her alternatifin Q_i değeri hesaplanır. v değeri, maksimum grup faydasını sağlayan strateji için ağırlığı ifade ederken, $(1-v)$ değeri karşıt görüştekilerin minimum pişmanlığının ağırlığını ifade etmektedir. Genellikle $v = 0,5$ kullanılır.

$$Q_i = \frac{v(S_i - S^*)}{S^- - S^*} + \frac{(1-v)(R_i - R^*)}{R^- - R^*}$$

(8)

$$S^* = \min S_i; \quad S^- = \max S_i; \quad R^* = \min R_i; \quad R^- = \max R_i$$

değerlerini ifade etmektedir.

4. Adım: Elde edilen S_i, R_i ve Q_i değerleri sıralanır. En küçük Q_i değerine sahip alternatif ya da değerlendirme birimi, alternatifler grubu içerisindeki en iyi seçenek olarak ifade edilir.

5. Adım: Elde edilen sonucun geçerli olması için iki koşul sağlanmalıdır. Ancak bu şekilde, minimum Q_i değerine sahip alternatif, en iyi olarak nitelendirilebilir.

Koşul 1 (C1) - Kabul edilebilir avantaj: En iyi ve en iyiye en yakın seçenek arasında belirgin bir fark olduğunun kanıtlanmasını içeren koşuldur.

$$Q(P_2) - Q(P_1) \geq D(Q) \quad D(Q) = \frac{1}{i-1}$$

(9)

Koşul 2 (C2) - Kabul edilebilir istikrar: Elde edilen uzlaşık çözümün istikrarlı olduğunun kanıtlanması açısından şu koşulun sağlanması gerekir: En iyi Q_i değerine sahip P_1 alternatifi, S ve R değerlerinden en az bir tanesinde en iyi skoru elde etmiş olmalıdır.

Eğer her iki koşul da sağlanamazsa eşitsizlik şu şekilde belirtilir.

$$Q(P_M) - Q(P_1) < D(Q)$$

(10)

En iyi alternatif minimum Q_i değerine sahip alternatif olarak belirlenir.

3.3. PROMETHEE Yöntemi

PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) yöntemi çok ölçütlü bir öncelik belirleme yöntemidir (Brans vd., 1984; Brans ve Vincke, 1985; Brans vd., 1986).

PROMETHEE ile alternatif değerlendirmesinde ek olarak dikkate alınan kriterlerin önem düzeyleri ve alternatiflerin her bir kritere göre kıyaslanması için tercih fonksiyonları bilgileri gereklidir (Tuzkaya vd., 2010). PROMETHEE yönteminin adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Brans vd., 1986; Dağdeviren, 2008; Tuzkaya vd., 2010).

1. Adım: Veri matrisi oluşturulur.

2. Adım: Kriterler için tercih fonksiyonları $p_j(d)$ tanımlanır.

3. Adım: Kriterlerin ağırlıkları içeren vektör tanımlanır. Aynı zamanda kriterlerin ağırlıklarının normalize edilmesi gerekmektedir.

4. Adım: Ortak tercih fonksiyonlarından hareketle her alternatif çifti için tercih indeksleri belirlenir.

$$\pi : \begin{cases} A \times A \rightarrow [0,1] \\ \pi(a_i, b_i) = \sum_{k=1}^K w_k \cdot p_k(f_k(a_i) - f_k(b_i)). \end{cases} \quad (11)$$

5. Adım: Alternatifler için pozitif (Φ^+) ve negatif (Φ^-) üstünlükler belirlenir.

$$\Phi^+(a_i) = \sum_{\substack{t=1 \\ t \neq i}}^n \pi(a_i, b_t) \quad (12)$$

$$\Phi^-(a_i) = \sum_{\substack{t=1 \\ t \neq i}}^n \pi(b_t, a_i) \quad (13)$$

6. Adım: PROMETHEE I ile kısmi öncelikler belirlenir. Kısmi öncelikler alternatif kümesinde yer alan alternatiflerin birbirlerine göre tercih edilme durumlarını, birbirinden farksız olma durumlarını ve birbirleriyle karşılaştırılmayacak olma durumlarını ifade etmektedir.

- Aşağıda verilen durumlardan herhangi biri sağlanıyorsa a alternatifi b alternatifine tercih edilir.

$a_i P b_i$ eğer : $\Phi^+(a_i) > \Phi^+(b_i)$ ve $\Phi^-(b_i) < \Phi^-(a_i)$ ve ya

$\Phi^+(a_i) > \Phi^+(b_i)$ ve $\Phi^-(b_i) = \Phi^-(a_i)$ ve ya

$\Phi^+(a_i) = \Phi^+(b_i)$ ve $\Phi^-(b_i) < \Phi^-(a_i)$.

(14)

- Aşağıda verilen durum sağlanıyor ise a alternatifi b alternatifinden farksızdır.

$a_i I b_i$ eğer : $\Phi^+(a_i) = \Phi^+(b_i)$ ve $\Phi^-(b_i) = \Phi^-(a_i)$

(15)

- Aşağıda verilen durumlardan herhangi biri sağlanıyor ise a alternatifi b alternatifi ile karşılaştırılmaz.

$a_i R b_i$ eğer: $\Phi^+(a_i) > \Phi^+(b_i)$ ve $\Phi^-(b_i) < \Phi^-(a_i)$ ve ya

$$\Phi^+(a_i) < \Phi^+(b_i) \text{ ve } \Phi^-(b_i) < \Phi^-(a_i)$$

(16)

7. Adım: PROMETHEE II ile tam öncelikler belirlenir.

$$\Phi^{net}(a_i) = \Phi^+(a_i) - \Phi^-(a_i)$$

(17)

4. ACİL DEPARTMAN İÇİN SENARYO SEÇİMİ

4.1. Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Acil departman karar vericileri (yönetici, doktorlar, hemşireler ve kayıt görevlileri) performans ölçütlerini (kriterler) belirlemek ve kriter hiyerarşisini oluşturmak için bir araya gelmişlerdir. Uzmanlar arasında sağlanan genel bir fikir birliğinden sonra 3 grup performans ölçütü belirlenmiştir. İlk grup her bir farklı hasta tedavi lokasyonundaki bekleme süreleri üzerinde yoğunlaşmaktadır. İkinci grup insan kaynaklarının kullanım oranından oluşmaktadır. Üçüncü grup ise birim zamanda hizmet gören hasta sayısı ile ilgilidir. Bulanık AHP ile hesaplanan performans ölçütü kriterlerinin ve alt kriterlerinin ağırlıkları Tablo 2’de gösterilmiştir. Aynı zamanda her bir gruba ait tutarlılık indeksi hesaplanmış ve tüm grup tutarlılık indeksi değerlerinin 0,1 değerinden küçük olduğu ve tutarlı buldukları görülmüştür.

Tablo 2. Kriter ve alt kriterlere ait performans ölçütü ağırlıklar ve tutarlılık indeksi değerleri

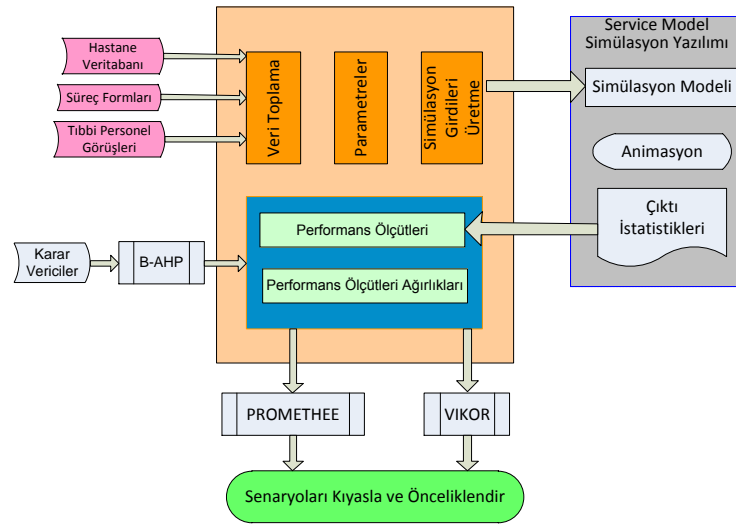
Ana Kriterler	BNP $w_{(i)}$	Kriter ağırlığı	Normalize Önem Seviyesi	Tutarlılık indeksi
Hasta kalış uzunluğu (LOS)	BNP w_1	0,90	0,53	
Kullanım oranı	BNP w_2	0,48	0,28	0,0014
Verimlilik	BNP w_3	0,33	0,19	(<0,10)
Hasta Kalış Uzunluğu (LOS) Alt Kriterleri	BNP $w_{(i)}$	Kriter ağırlığı	Normalize Önem Seviyesi	Tutarlılık indeksi
Acil1	BNP w_1	0,06	0,06	
Acil2	BNP w_2	0,06	0,06	
Monitör	BNP w_3	0,20	0,20	0,0455
Acil Müdahale	BNP w_4	0,20	0,20	(<0,10)
Resüsitasyon	BNP w_5	0,48	0,48	
Kullanım Oranı Alt Kriterleri	BNP $w_{(i)}$	Kriter ağırlığı	Normalize Önem Seviyesi	Tutarlılık indeksi
Doktor	BNP w_1	0,90	0,67	
Hemşire	BNP w_2	0,33	0,25	0,0610
Resepsiyon Görevlisi	BNP w_3	0,11	0,08	(<0,10)

BNP $w(i)$: En iyi bulanık olmayan performans değeri

4.2. Önerilen Metodoloji

Bu çalışmadaki amacımız ortalama hasta kalış uzunluğunu azaltan, hasta verimliliğini (birim zamanda hizmet gören hasta sayısı) artıran, kaynak kullanım oranlarını geliştiren ve tüm bunlara bağlı olarak personel seviyesini belirleyen senaryolar geliştirmek idi. Bu amaçları gerçekleştirmek için önerilen metodoloji Şekil 6'da gösterilmiştir.

Önerilen metodoloji üç ana aşamadan oluşmaktadır. Bunlar veri toplama, gerçek sistemi modelleme ve simülasyon modelinin doğruluk ve geçerliliğini sağlama ve son olarak en iyi senaryoyu ÇKKV yöntemlerinden VIKOR ve PROMETHEE ile seçmektir.



Şekil 6. Önerilen metodoloji

4.3. Karar Matrisi ve Senaryoların Belirlenmesi

Mevcut sistemin simülasyon modelinin kurulmasından sonra özellikle sistemde bir hastanın geçirdiği ortalama sürenin azaltılmasına yönelik farklı sayıda personel konfigürasyonlarının incelendiği 10 farklı senaryo hastane acil departman karar vericileri tarafından ortaya konmuştur (Tablo 3). Mevcut sistem 5 resepsiyon görevlisi-10 doktor-12 hemşire konfigürasyonu ile Senaryo-1 olarak dikkate alınmıştır. Burada dikkat çekilmesi gereken nokta Senaryo-10'un yoğun olan saatlere bir ara vardiya ilavesini içermesidir. Diğer her bir senaryoya ait kaynak

seviyesi tabloda verilmektedir. Bu kaynakların vardiyalara dağıtımı sürecinde yoğun olan saatlere daha çok kaynağın atanması kararı dikkate alınmıştır.

Tablo 3. Alternatif senaryo ve kriterler için karar matrisi değerleri

Senaryo	Kaynaklar				Performans Kriterleri								
	X ₁	X ₂	X ₃	LOS (dk)	Verim (hasta/ay)	Hasta başına lokasyonlarda geçirilen ortalama süre				Kaynak Kullanımı (%)			
						Mon	Acil-1	Acil-2	Müd	Res	Resep.	Doktor	Hemşire
1	5	10	12	113,25	3280	104,24	46,48	49,59	50,49	71,19	22,8	12,01	59,28
2	5	10	11	94,77	3480	103,55	45,76	47,92	49,31	69,98	22,19	12,11	50,25
3	5	10	13	94,76	3180	103,57	45,79	47,89	49,46	70,19	21,99	12,17	52,76
4	5	9	12	101,18	3493	104,24	46,4	48,27	50,42	70,51	22,4	13,54	44,23
5	5	9	11	119,1	3478	105,97	47,64	49,55	52,67	71,45	22,19	13,46	50,25
6	5	9	13	91,45	3477	101,71	45,48	47,55	48,81	69,14	22,8	13,45	48,1
7	5	11	12	119,55	3468	105,35	47,3	49,45	50,69	70,29	22,8	10,91	59,28
8	5	11	11	107,74	3482	104,86	47,01	49,28	52,06	70,79	22,19	11,01	50,25
9	5	11	13	99,78	3477	102,85	46,05	48,04	49,41	70,54	22,04	10,99	54,63
10	5	11	13	90,98	3481	101,67	45,35	48,95	47,52	69,15	22,4	11,1	64,18

X₁:Resepsiyon görevlisi sayısı, X₂:Doktor sayısı, X₃:Hemşire sayısı, Mon:Monitörlü hasta yatakları, Müd:Acil müdahale odası, Res:Resüsitasyon alanı, LOS (Length of Stay): Sistemde ortalama hasta kalış uzunluğu [dk]

4.4. VIKOR ve PROMETHEE ile Senaryoları Sıralama

Tablo 3'deki karar matrisi kullanılarak Bölüm 3.2'deki VIKOR yöntemine ait süreç adımları ile Bölüm 3.3'deki PROMETHEE yöntemine ait süreç adımları uygulanmış ve Tablo 4 ve Tablo 5'deki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 4. VIKOR yöntemine göre alternatif senaryolar için S,R ve Q değerleri ve sıralama sonuçları

Senaryolar	S	R	Q	Sıralama	Q	Sıralama(v=0,5)	Q	Sıralama(v=0,8)
S1	0,6534	0,2258	0,8831	9	0,9247	9	0,9663	10
S2	0,3628	0,1020	0,2782	2	0,3502	2	0,4223	3
S3	0,5640	0,1900	0,7064	8	0,7538	7	0,8013	7
S4	0,3808	0,1509	0,4822	3	0,4899	4	0,4976	4
S5	0,6099	0,2544	0,9831	10	0,9578	10	0,9326	9
S6	0,1019	0,0564	0,0000	1	0,0000	1	0,0000	1
S7	0,5593	0,1876	0,6950	6	0,7435	6	0,7920	6
S8	0,6567	0,1817	0,7063	7	0,8164	8	0,9266	8
S9	0,4857	0,1819	0,6454	5	0,6627	5	0,6801	5
S10	0,2153	0,1740	0,5162	4	0,3993	3	0,2824	2

Tablo 5. PROMETHEE yöntemine göre alternatif senaryoların üstünlük değerleri ve sıralamaları

Senaryolar	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Φ^+	0,29	0,65	0,50	0,62	0,30	0,74	0,30	0,34	0,41	0,78
Φ^-	0,69	0,33	0,50	0,37	0,68	0,24	0,69	0,64	0,57	0,22
Φ^{net}	-0,40	0,32	0,00	0,25	-0,39	0,50	-0,38	-0,30	-0,16	0,56
Sıralama	10	3	5	4	9	2	8	7	6	1

VIKOR ve PROMETHEE yöntemleri ile yapılan sıralama sonucunda Senaryo-6, Senaryo-10 ve Senaryo-2 en iyi senaryolar olarak belirlenmiştir. Senaryo 6'da toplam 3 vardiyada 5 resepsiyon görevlisi, 9 doktor ve 13 hemşire çalışmaktadır. Senaryo 10'da ise 3 vardiyaya ek olarak bir ara vardiya ve toplam 11 doktor çalışmaktadır. Senaryo 6'da ve Senaryo 10'da LOS sırasıyla %19,7 ve % 19,2 azalırken Senaryo 2'de %16 azalmaktadır. Her üç senaryo için tüm lokasyonlardaki bekleme sürelerinde azalmalar meydana gelmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada bir üniversite hastanesi AD simülasyon modeli kurulmuştur. AD süreçlerinin iyileştirilmesi için ortalama hasta kalış uzunluğu, kaynak kullanım oranları ve hasta verimliliği performans kriterlerine ait 10 farklı senaryo üretilmiştir. Performans kriterlerinin ağırlıkları bulanık-AHP yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Ortalama hasta kalış uzunluğunu azaltan, hasta verimliliğini (birim zamanda hizmet gören hasta sayısı) artıran, kaynak kullanım oranlarını geliştiren ve tüm bunlara bağlı olarak personel seviyesini belirleyen senaryolar arasından en iyi senaryoyu belirlemek için ÇKKV yöntemlerinden VIKOR ve PROMETHEE uygulanmıştır. İki yöntemle elde edilen sıralama sonuçları birbirleriyle kıyaslanmıştır. Mevcut çalışmada simülasyon çıktılarından alınan ortalama değerler ile senaryo seçimi gerçekleştirilmiştir. İleriye dönük çalışmalarda farklı kaynak seviyelerinde elde edilen senaryolar için farklı ÇKKV metotları ile sıralamalar değerlendirilebilir. Acil departmanlar için yapılan bu çalışma polikliniklere uygulanabileceği gibi, hasta sirkülasyonu daha çok olan hastanelere genişletilerek uygulanabilir. Ayrıca, benzer kriterleri baz alan farklı sektörler için de uygulama çalışmaları geliştirilebilir.

KAYNAKÇA

1. Ahmed, M.A., ve Alkhamis, T.M., (2009), "Simulation Optimization For An Emergency Department Healthcare Unit In Kuwait", European Journal Of Operational Research, 198, 936-942.
2. Brans, J.P., Mareschal, B., Vincke, Ph., (1984), "PROMETHEE: A New Family Of Outranking Methods In Multi Criteria Analysis", Brans, J.P., (Ed.), Operational Research _84, (477-490), North-Holland, New York.
3. Brans, J.P., Ve Vincke, P., (1985), "A Preference Ranking Organization Method. Management Science", 31, 647-656.

4. Brans, J.P., Vincke, P., Mareschal, B., (1986), "How To Select And How To Rank Projects: The PROMETHEE Method", *European Journal Of Operational Research*, 24, 228–238.
5. Buckley, J.J., (1985), "Fuzzy Hierarchical Analysis", *Fuzzy Sets And Systems*, 17, 233-247.
6. Chen, L.Y., Ve Wang T., (2009), "Optimizing Partners' Choice In IS/IT Outsourcing Process: The Strategic Decision Of Fuzzy VIKOR", *International Journal Of Production Economics*, 120, 233-242.
7. Dağdeviren, M., (2008), "Decision Making In Equipment Selection: An Integrated Approach With AHP And PROMETHEE", *Journal Of Intelligent Manufacturing*, 19, 397–406
8. Diefenbach, M. Ve Kozan, E. (2011). Effects Of Bed Configurations At A Hospital Emergency Department, *Journal Of Simulation*, 5:44-57.
9. Duguay, C. Ve Chetouane, F. (2010). Modeling And Improving Emergency Department Systems Using Discrete Event Simulation. *Simulation*, 83(4):311-320.
10. Elsharo, M., Yoon, S.W., Wang, S., Khasawneh, M.T. (2010). Discrete Event Simulation Analysis To Allocate Optimal Number Of Beds And Operating Hours Of ED Inpatient Holding Area, *Proceedings Of The 2010 Industrial Engineering Research Conference*, Pp. (Yok)
11. Ertuğrul, İ. Ve Karakaşoğlu, N. (2008). Banka Şube Performanslarının VIKOR Yöntemi İle Değerlendirilmesi, *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 20(1):19-28.
12. Ertuğrul, İ. Ve Karakaşoğlu, N. (2010). Electre Ve Bulanık AHP Yöntemleri İle Bir İşletme İçin Bilgisayar Seçimi, *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(2):23-41.
13. Eskandari, H., Riyahifard, M., Khosravi, S., Geiger, C.D. (2011). Improving The Emergency Department Performance Using Simulation And MCDM Methods. *Proceedings Of The 2011 Winter Simulation Conference*, 1211-1222.
14. Evans, G.W., Gor, T.B., Unger, E. (1996). A Simulation Model For Evaluating Personnel Schedules In A Hospital Emergency Department, *Proceedings Of The 1996 Winter Simulation Conference*, 1205-1209.
15. Jerbi, B., Ve KAMOUN, H. (2009). Using Simulation And Goal Programming To Reschedule Emergency Department Doctors' Shifts: Case Of A Tunisian Hospital. *Journal Of Simulation*, 3:211-219.
16. Khadem, M., Bashir, H.A., Al-Lawati, Y., Al-Azri, F. (2008). Evaluating The Layout Of The Emergency Department Of A Public Hospital Using Computer Simulation Modeling: A Case Study, *International Conference On Industrial Engineering And Engineering Management*, 1709 – 1713.
17. Komashie, A. Ve Mosuavi, A. (2005). Modeling Emergency Department Using Discrete Event Simulation Techniques. *Proceedings Of The 2005 Winter Simulation Conference*, 2681-2685.

18. Meng, L.Y. Ve Spedding, T. (2008). Modeling Patient Arrivals When Simulating An Accident And Emergency Unit. Proceedings Of The 2008 Winter Simulation Conference, 1509-1515.
19. Opricovic, S., Ve Tzeng, G.H., (2004), “Compromise Solution By MCDM Methods: A Comparative Analysis Of VIKOR And TOPSIS, European Journal Of Operational Research, 156(2), 445-455.
20. Özdağoğlu, A., Yalçınkaya, Ö., ÖZDAĞOĞLU, G. (2009). Ege Bölgesi'ndeki Bir Araştırma Ve Uygulama Hastanesinin Acil Hasta Verilerinin Simüle Edilerek Analizi, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 16:61-73
21. Ruohonen, T., Neittaanmäki, P., Teittinen, J. (2006). Simulation Model For Improving The Operation Of The Emergency Department Of Special Health Care, Proceedings Of The 2006 Winter Simulation Conference, 453-458.
22. Samaha, S., Armel, W.S., Starks, D.W. (2003). The Use Of Simulation To Reduce The Length Of Stay In An Emergency Department. Proceedings Of The 2003 Winter Simulation Conference, 1907-1911.
23. Shim, S.J. Ve Kumar, A. (2010). Simulation For Emergency Care Process Reengineering In Hospitals. Business Process Management Journal, 16(5):795-805.
24. Tuzkaya, G., Gulsun, B., Kahraman, C., Ve Ozgen, D., (2010), “An Integrated Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Methodology For Material Handling Equipment Selection Problem And An Application”, Expert Systems With Applications, 37, 2853–2863.
25. Wang, T., Guinet, A., Belaidi, A., Besombes, B. (2009). Modeling And Simulation Of Emergency Services With ARIS And Arena. Case Study: The Emergency Department Of Saint Joseph And Saint Luc Hospital, Production Planning & Control, 20(6):484-495.
26. Yeh, J. Ve Lin, W. (2007). Using Simulation Technique And Genetic Algorithm To Improve The Quality Care Of A Hospital Emergency Department. Expert Systems With Applications, 32:1073-1083.
27. Yerravelli, S. (2010). Computer Simulation Modeling And Nurse Scheduling For The Emergency Department At Kishwaukee Community Hospital, Master Thesis At Department Of Industrial And Systems Engineering, Northern Illinois University, De Kalb, Illinois.