

NÜFUS BÜYÜME PROJeksiYONU İLE BÜTÜNLEŞİK SİMÜLASYON TABANLI POLİKLİNİK KAPASİTE YÖNETİMİ

Muhammed ORDU^{1*}, Eren DEMİR², Chris TOFALLIS³

¹Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Osmaniye

ORCID No : <https://orcid.org/0000-0003-4764-9379>

²University of Hertfordshire, Hertfordshire Business School, Hertfordshire, Birleşik Krallık

ORCID No : <https://orcid.org/0000-0002-9087-7169>

³University of Hertfordshire, Hertfordshire Business School, Hertfordshire, Birleşik Krallık

ORCID No : <https://orcid.org/0000-0001-6150-0218>

Anahtar Kelimeler	Öz
Kapasite Yönetimi, Simülasyon, Travma ve Ortopedi Polikliniği, Klinik Kullanımı, Nüfus Büyüme Oranı	<i>Hastanelerdeki insan kaynakları ve bütçe gibi kısıtlı kaynaklar, artan poliklinik taleplerini karşılamak için yetersiz kalabilmekte ve bu durum hastanelerdeki sağlık çalışanları için yoğun iş yüküne neden olabilmektedir. Bu çalışmada, polikliniklerin daha iyi bir kapasite yönetimine sahip olması için İngiltere Ulusal İstatistik Ofisi ile entegre simülasyon tabanlı bir karar destek sisteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır. İngiltere'deki hastanelerde ise en yüksek hasta aktivitesine ve takipli tedavi sayısına sahip poliklinik türü, travma ve ortopedi poliklinikleridir. Çalışmada dikkate alınan hastanenin travma ve ortopedi polikliniğinin ise gelecekteki üç yıllık talebi, ilgili hastanenin hizmet verdiği yerleşim bölgesinin yıllar itibari ile büyüme projeksiyonları göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Bu tam teşekküllü İngiliz hastanesinde travma ve ortopedi polikliniğinin gelecek yıllarda sahip olabileceği klinik kullanım oranları ise simülasyon modeli ile hesaplanmıştır. Senaryo analizinde, klinik kullanım oranını etkileyen üç parametre (Talep, klinik zaman dilimi ve hasta takip sayısı) içeren deneysel bir analiz dikkate alınmıştır. En düşük, ortalama ve en yüksek olmak üzere üç farklı klinik kullanım oranları, öngörülen her bir yıl için toplam 8 deneyden oluşan senaryo analizi yoluyla travma ve ortopedi polikliniği için hesaplanmıştır. Bu çalışmada, ayrıca tedavi süreleri ve doktorların yıllık tam zamanlı çalışma süreleri de dikkate alınarak öngörülen her bir yıl için ihtiyaç duyulan doktor sayıları da belirlenmiştir. Geliştirilen bu karar destek sistemi, klinik kullanım oranlarının polikliniklerde daha iyi anlaşılması ve gelecekte ihtiyaç duyulacak personel, yeterli bütçe ve ekipman gibi kaynak ihtiyaçlarının önceden tespit edilmesi ve daha iyi kaynak planlamalarının yapılabilmesi için hastane yönetimine bir öngörü sunmaktadır.</i>

SIMULATION-BASED OUTPATIENT CLINIC CAPACITY MANAGEMENT INTEGRATED WITH POPULATION GROWTH PROJECTION

Keywords	Abstract		
Capacity Management, Simulation, Trauma and Orthopaedics Outpatient Clinic, Clinic Utilization, Population Growth Rate	<i>Limited resources (i.e. human resources and budget) in hospitals may be inadequate to meet increasing demand and this causes intense workload for healthcare providers in hospitals. In this study, it was aimed to develop a simulation-based decision support system integrated with the UK National Statistics Office in order to have a better capacity management of outpatient clinics. Trauma and orthopaedic clinics are the type of outpatient clinics that have the highest patient activity and number of follow-up treatments in hospitals in England. The future 3-year demand of the trauma and orthopaedics outpatient clinic of the hospital considered in the study was determined by taking into account the growth projections over the years of the catchment area where the hospital serves. The clinic utilization rates that the trauma and orthopaedics outpatient clinic in this British hospital could have in the future years were calculated using simulation model. An experimental analysis including 3 parameters (i.e. demand, clinic slot and number of follow-up) affecting the clinic utilization rate, was taken into account in the scenario analysis. Three different clinic utilization rates (i.e. lowest, average and highest) were calculated for the trauma and orthopaedics outpatient clinic through the scenario analysis which involves a total of 8 experiments for each projected year. In addition, number of consultants required for each projected year in this study were specified by considering treatment time and consultants' full time equivalent working time. Developed this study provides an insight into hospital management for better understanding of clinic utilization rates in outpatient clinics, for proactively determining required resources (i.e. staff, adequate budget and equipment) in future, and for better resource planning.</i>		
Araştırma Makalesi	Research Article		
Başvuru Tarihi	: 09.07.2020	Submission Date	: 09.07.2020
Kabul Tarihi	: 30.11.2020	Accepted Date	: 30.11.2020

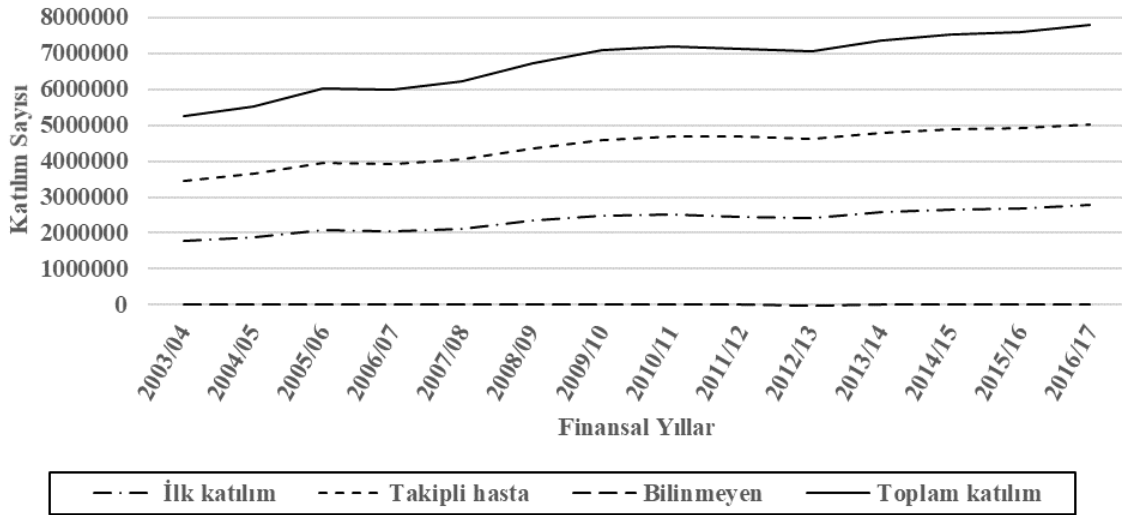
*Sorumlu yazar; e-posta : muhammedordu@osmaniye.edu.tr

1. Giriş

Son yıllarda, Birleşik Krallık'ta popülasyon sayısı artarken, genç nüfus oranına göre yaşlı nüfus oranı ise önemli ölçüde artmaktadır. 65 yaş ve üzeri insanlar, 2010'da nüfusun altıda birini oluştururken 2050'ye kadar nüfusun çeyreğine ulaşacağı öngörülmektedir (Cracknell, 2010). Popülasyon büyümesi ve yaşlı nüfusun artması ise hastane taleplerinde ciddi artışlara neden olmaktadır (Hong ve Ghani, 2006). Bu durum hastanelerin bütçe, insan kaynakları ve kapasite gibi sınırlı kaynaklar ile talebi karşılayabilmek için yoğun bir çaba sarf etmelerine neden olmaktadır. Bu noktada, yöneticiler hastane kaynaklarını etkin bir şekilde kullanmak zorunda kalmakta ve böylece, doktor ve hemşirelerin çalışma saatlerini en uygun şekilde çizelgelemek ve ayrıca, klinikleri ve hastane yataklarını verimli bir şekilde kullanmaları gerekmektedir.

İngiltere'deki travma ve ortopedi polikliniklerindeki ilk katılımlı hastaları, takipli hastalar ve toplam

hastalar Şekil 1'de gösterilmektedir. Buna göre, son 13 finansal yılda toplam hasta sayısında %48'lik bir artış gözlenmektedir (National Health Services England, 2018). Hastane yönetimlerinin bu artan talebi karşılamak için yeterli insan kaynağına (doktor ve hemşire) sahip olup olmadıklarına dikkat etmeleri gerekmektedir. İngiltere Ulusal Sağlık Hizmetleri (NHS), İngiltere ve Galler'de her 36 saatte yaklaşık bir milyon hasta (yıllık yaklaşık 243 milyon hasta) ile ilgilenen ortalama 1,3 milyon sağlık çalışanını istihdam etmektedir. Bu durum ise aşırı hasta talebi ve mali kısıtlardan dolayı hastane çalışanlarının fiziksel ve ruhsal sağlık açısından büyük zorluklarla mücadele etmekte olduğu anlamına gelmektedir (Royal College of Physicians, 2015). Ek olarak, hastane taleplerindeki artış NHS'i ciddi finansal baskılara maruz bırakmaktadır (Hamm, 2010).



Şekil 1. İngiltere'deki Travma ve Ortopedi Polikliniklerindeki Hasta Sayıları (National Health Services England, 2018)

Literatür incelendiğinde sağlık alanında uygulanan simülasyon çalışmaları, farklı amaçlar doğrultusunda birçok departmanda gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalardan bazıları, hastane departmanlarının performanslarının gelecekte ne olacağına odaklanmıştır. Örneğin, Ahmad, Gani, Kamil, Tahar ve Teo (2012) son 6 yıllık dönemde acil servise gelen hasta sayısında yaklaşık %30'luk bir artış yaşandığından dolayı her bir senaryoda her bir triyajlı bölgeye gelen hastaların

ayrı ayrı %30 oranında artacağını varsaymış ve bu varsayımların performans kriterleri üzerindeki etkilerini gözlemlemiş ve ek kapasite ihtiyaçlarını belirlemişlerdir. Diğer yandan, Zhu, Hen ve Teow (2012) yoğun bakım ünitesinde gereken en uygun yatak sayısını belirlemek için iki farklı talep artış oranı kullanmışlardır. Ordu, Demir ve Tofallis (2017) İngiltere'deki bir acil servisin gelecek talep ve kapasitesini araştırmak için bir simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Demir, Gunal ve Southern (2017) bir hastanenin genel cerrahi, kardiyoloji gibi 10

bölümünü kapsayan ve İngiltere Ulusal İstatistik Kurumu (Office for National Statistics - ONS) verileri ile bağlantılı hastane talebini girdi olarak kullanan bir simülasyon modeli inşa etmişlerdir. Harper, Navonil ve Feeney (2017) endoskopi ünitesi için ONS ile ilişkili bir simülasyon modeli geliştirerek 10 yıllık bir projeksiyon çizmişlerdir. Ordu, Demir ve Tofallis (2018) İngiltere'deki bir geriatri departmanına acilden gelen yatan hastalar için hasta talebindeki olası artışların yatak doluluk oranını nasıl etkilediğini araştırmış ve bu vaka çalışmalarını farklı yatak sayılarından oluşan bir dizi senaryolar ile analiz etmişlerdir.

Hastanelerin travma ve ortopedi bölümlerinde de simülasyon yöntemlerinin kullanıldığı bir dizi çalışmalar yapılmıştır. Örneğin, Bowers ve Mould (2004) bir ortopedi departmanının planlı ve randevulu yatan hasta servisine gelen hastaları çizelgelemiş ve ameliyathane kullanım oranını arttırmak için bir simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Başka bir çalışma da ise, Bowers ve Mould (2005) ameliyathane doluluk oranlarını hesaplamaya ve ayakta bakım ile ilgili beş senaryoyu değerlendirerek bir ortopedi polikliniğinin kapasitesindeki değişiklikleri incelemeye konsantre olmuşlardır. Rohleder, Lewkonja, Bischak, Duffy ve Hendijani (2011) bir ortopedi polikliniğinin kritik performans metriklerini analiz etmişler ve proseslerin modellenmesinde optimum personel sayısı ve hasta çizelgeleri gibi bir dizi parametreleri dikkate alarak, bekleme zamanlarının ve toplam hasta sürelerinin önemli derecede azaldığını belirlemişlerdir.

Literatürde, hastanelerin karşılaştıkları kapasite problemleri için simülasyon çalışmaları ile çözümler aranmıştır. Örneğin, Monks, Worthington, Allen, Pitt, Stein ve James (2016) akut ve toplum felç servislerinde kapasite problemlerine karşı çözüm üreten bir simülasyon modelinin geliştirilmesine odaklanmışlardır. Rashwan, Abo-Hamad ve Arisha (2015) İrlanda'da sağlık hizmeti veren bir kuruluşun yaşadığı yatak ile ilgili darboğazın çözülmesi için bir simülasyon modeli geliştirmişlerdir.

Hastanelerdeki performans yönetimi ve analizi için simülasyon yöntemleri bir karar destek aracı olarak kullanılmıştır. Örneğin, Kaushal, Zhao, Peng, Strome, Weldon, Zhnag ve Chochinov (2015) bir hastanenin acil servis departmanında hızlı takip stratejilerinin bekleme sürelerini nasıl etkileyeceğini incelemek için etmen temeli bir simülasyon modeli kurmuşlardır. Bhattacharjee ve Ray (2014) hastanelerin performans analizi için kullanılabilecek

genel bir hasta akış modeli geliştirmişlerdir. Babashov, Aivas, Begen, Cao, Rodriques, D'Souza, Lock ve Zaric (2017) radyoterapi planlama sürecindeki darboğazların tespit edilebilmesi ve bekleme sürelerinin azaltılmasını sağlayacak optimum sağlık çalışanı sayılarının belirlenebilmesi için bir simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Arafef, Barghash, Haddad, Musharbash, Nashawati, Al-Bashir ve Assaf (2018) hasta taburcu zamanlarının azaltılması için altı sigma yöntemi ile simülasyon yöntemini birleştirmiş ve farklı senaryoları test etmişlerdir.

Simülasyon yöntemi, hastane yönetimlerinde karşılaşılan ve performansı etkileyen çizelgeleme problemlerinin çözümü için optimizasyon yöntemi ile entegre edilmiştir. Örneğin, Saadouli, Jerbi, Dammak, Masmoudi ve Bouaziz (2015) ortopedi cerrahi departmanında ameliyathane odalarının çizelgelenmesi için simülasyon ve karma tamsayılı programlama yöntemlerini entegre etmişlerdir. Cappanare, Visintin ve Banditori (2014) bir karma tamsayılı programlama modeli geliştirerek farklı çizelgeleme politikalarını karşılaştırmış ve bunu simülasyon modeli ile entegre etmişlerdir. Simülasyon modelinin sağladığı stokastik ortamda optimizasyon yöntemiyle oluşturulan programları değişkenlik özelliklerine sahip parametreler (cerrahi süre ve kalma süresi) ile test etmişlerdir. Diğer yandan, Mallor ve Azcarate (2014) simülasyon ve optimizasyon yöntemlerini bir yoğun bakım ünitesinin yatak doluluk oranları üzerinde bir çalışma yapmak için entegre etmişlerdir.

Türkiye örneği için düşündüğümüzde, sağlık sistemlerinin simülasyon ile modellenmesini konu alan çalışmalar bu alandaki akademik literatüre göre oldukça sınırlıdır. Çalışmaların çoğu acil servislerin performanslarının iyileştirilmesi üzerine odaklanmıştır. Örneğin, Yalçın (2009) geliştirdiği simülasyon tabanlı karar destek sistemi ile hastaların acil serviste kalış sürelerinin azaltılabileceğini belirlemişlerdir. Diğer yandan, Özdağoğlu, Yalçınkaya ve Özdağoğlu (2009) acil hastalarının tanı ve önceliklerine göre sınıflandırılmasının acil servis sistemlerinin performans düzeylerinde oluşabilecek etkilerini incelemişlerdir. Gül, Çelik, Güneri ve Gümüş (2012) ise acil servislerde hasta kalış uzunluğu ve hasta verimliliği gibi performans ölçütlerini dikkate aldıkları simülasyon çalışmasında en iyi senaryoyu, kriter ağırlıklarını tespit ettikleri bulanık AHP ile entegre VIKOR ve PROMETHEE yöntemlerini kullanarak belirlemişlerdir. Gül, Güneri ve Günel (2020) olası bir deprem felaketinde yaralı sayılarını

tahmin etmek için yapay sinir ağlarını kullanmışlar ve acil servislerde yaşanabilecek artışların etkisini ise simülasyon yaklaşımı ile analiz etmişlerdir. Hastanelerin farklı servislerinin modellendiği bazı çalışmalarda mevcuttur. Örneğin, Aksaraylı, Kıdak ve Güneş (2009) bir eğitim ve araştırma hastanesinin üroloji kliniğindeki yatan hasta servisinde kullanılan yatakların daha etkin kullanımını sağlayabilmek için hasta bekleme sürelerine olumsuz etki eden faktörleri simülasyon yöntemi ile belirlemişlerdir. Bir diğer çalışmada ise, Sezen, Kaya ve Günel (2012) bir üniversite hastanesinin kulak-burun-boğaz polikliniği modelleyerek bekleme sürelerini minimize etmek için ek teknisyen kaynağına ihtiyaç duyulduğunu belirlemişlerdir.

Hastane departmanları uzun yıllardan beri farklı çalışma alanlarının ilgi odağı olmaktadır. Yöneylem araştırması teknikleri de bu süreçte yaygın olarak kullanılmaktadır. Yukarıda açıklanan literatür kaynaklarının da gösterdiği gibi simülasyon yöntemi çözümler, talep-kapasite dengeleme, performans analizi gibi farklı amaçlar doğrultusunda bir çözüm yöntemi olarak kullanılmıştır. Literatürdeki çalışmalar genellikle güncel zaman dilimine yönelik mevcut durum ve yeni durumun çıktılar üzerinden karşılaştırılması ile hastane sistemlerini analiz etmişlerdir. Fakat, hastanelerin gelecek yıllara yönelik talep-kapasite açısından modellenmesi amacıyla yapılmış birkaç çalışma bulunmaktadır, örneğin Ahmad ve diğ. (2012), Zhu ve diğ. (2012), Demir ve diğ. (2017), Harper ve diğ. (2017), Ordu ve diğ. (2018) ve Ordu, Demir ve Tofallis (2020). Bu çalışmalarda, gelecek yıllarda yaşanabilecek olası talep artışlarının kapasite parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiş ve ihtiyaç duyulabilecek kaynak miktarları belirlenmişlerdir. Ordu ve diğ. (2020) yapmış oldukları güncel çalışmalarında dört farklı tahmin yöntemi ile acil servisin bir sonraki yılda ihtiyaç duyacağı talep miktarını tespit etmişlerdir. Elde edilen bu tahminler ise geliştirilen simülasyon modelinde girdi olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada ise, karşılaştırmalı tahmin yöntemi kullanmak yerine hastanenin mevcut talebini İngiltere'nin Ulusal İstatistik Kurumunun öngördüğü bölge nüfus büyüme verileri ile entegre ederek gelecek yıllarda beklenen poliklinik taleplerini elde etmek amaçlanmaktadır. Ayrıca, poliklinik için geliştirilmiş bu simülasyon yöntemi yüksek düzeyde ve diğer poliklinikler için ortak girdi parametreleri dikkate alınarak geliştirilmiştir. Böylelikle, ilgili model bir başka polikliniğe veya başka bir hastanedeki herhangi bir polikliniğe uygulanabilir şekilde tasarlanmıştır. Bu çalışmanın literatüre katkısı ise, projeksiyonel (gelecek yıllara yönelik) talep-

kapasite dengeleme problemi altında klinik kullanımı ve yönetiminin daha iyi anlaşılması için tüm hastanelerin herhangi bir polikliniğine kolayca uyarlanabilen simülasyon temelli bir karar destek aracı geliştirmektir. Pratik uygulamadaki faydası ise hastane yöneticilerinin ilgili polikliniğin gelecek üç yıl içerisinde ihtiyaç duyacağı kaynakları önceden tespit etmesini sağlayacaktır.

Bu çalışmada, tam teşekküllü bir İngiliz hastanesinin travma ve ortopedi polikliniğinin gelecekteki talebi, hastanenin hizmet verdiği bölgenin İngiltere Ulusal İstatistik Ofisi (Office for National Statistics - ONS) tarafından tahmin edilen büyüme projeksiyonları ile entegre edilmiştir. Talep artış oranları bölgenin popülasyonunun artış hızı ile paralel bir şekilde artacağı varsayılarak gelecek üç yıl için hasta talepleri belirlenmiştir. Senaryo analizi için klinik kullanım oranını etkileyen üç parametre (talep, toplam klinik zamanı ve takip sayısı) içeren deneysel bir tasarım dikkate alınmıştır. Klinik kullanım oranları, öngörülen her bir yıl (toplamda üç yıl) için toplam 8 deney içeren senaryo analizi yoluyla hesaplanmıştır. Böylece, travma ve ortopedi polikliniği için en düşük, ortalama ve en yüksek klinik kullanım oranları, geliştirilen simülasyon modeli ile belirlenmiştir.

Çalışmanın geri kalan bölümleri şu şekilde organize edilmiştir: 2. bölüm travma ve ortopedi polikliniği için geliştirilen kavramsal ve simülasyon modellerini, girdi ve çıktı parametrelerini, geçerlilik ve doğruluk testlerini, model parametreleri ve deneysel senaryo analizlerini açıklamaktadır. 3. bölüm çalışmanın sonuçlarını tartışmaktadır. 4. bölüm ise çalışmanın sonucunu sunmaktadır.

2. Materyal ve Metod

Bu çalışma, Hertfordshire Üniversitesi Delegasyonlu Otorite Etik Kurulları tarafından 21.11.2016 tarihinde 'BUS / PGR / UH / 02715' protokol numarası ile kabul edilmiş ve onaylanmıştır.

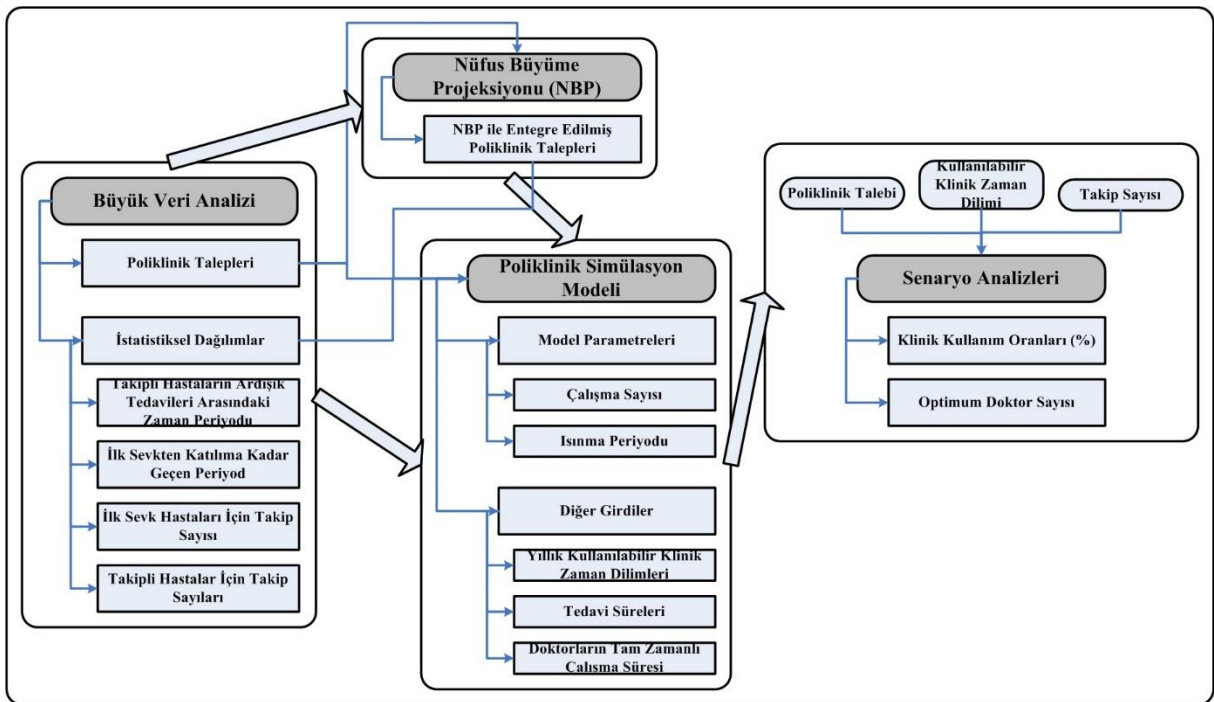
Bu çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

2.1 Nüfus Büyüme Projeksiyonu ile Bütünleşik Simülasyon Tabanlı Karar Destek Sistemi

Bu çalışmada önerilen karar destek sisteminin (KDS) temel yapısı Şekil 2'de gösterilmektedir. KDS'nin yapısını oluşturan bileşenler; büyük veri analizi, nüfus büyüme projeksiyonu, simülasyon modeli ve senaryo analizleridir. Büyük veri analizi aşamasında,

İngiltere Hastane Vaka İstatistikleri (Hospital Episode Statistics - HES) kullanılarak polikliniğin mevcut talebi belirlenmiş ve tarihsel verilerden yararlanılarak sistemin stokastik yönünü oluşturan istatistiksel dağılımların belirlenebilmesi için gerekli veriler elde edilmiştir. Nüfus büyüme projeksiyonu aşamasında İngiltere Ulusal İstatistik Ofisi'nden alınan veriler ışığında polikliniğin mevcut talebi dikkate alınarak gelecek üç yıllık poliklinik talepleri belirlenmiştir. Üçüncü aşamada ise, HES veri seti

kullanılarak her bir yaş grubu için tüm istatistiksel dağılımlar belirlenmiştir. Model parametreleri ve diğer girdi parametreleri ile birlikte karar destek sisteminin en önemli bileşeni olan simülasyon modeli bilgisayar ortamında kurulmuştur. Son aşama çalışmada belirlenen senaryoların analiz edilmesidir. Simülasyon modelleme süreci ise detaylı bir şekilde bu bölümde anlatılmaktadır.



Şekil 2. Önerilen Yaklaşımın Temel Yapısı

Simülasyon herhangi bir sistemin karakteristik özelliklerinin bir bilgisayar ortamında oluşturulmasına izin veren ve birçok deneylerin yürütülmesine olanak sağlayan bir yaklaşımdır (Pidd, 2004). Diğer bir tarifle, simülasyon, sistemlerin kullanışlı yazılımlar aracılığı ile bilgisayarlarda taklit edilmesidir (Kelton, Sadowski ve Sadowski, 2001). Simülasyon, kullanıcılarına birçok avantaj sunmaktadır. Örneğin, sistemlerdeki operasyonların daha iyi anlaşılmasını sağlar, sisteme müdahale etmeden senaryo analizleri yapılabilir, sistemler analiz edilerek darboğazlar belirlenebilir (Banks, Carson II, Nelson ve Nicol, 2005). Simülasyon, imalattan sağlık hizmetlerine, ulaşımdan lojistiğe, tedarik zincirinden savunma

güçlerine kadar birçok endüstride uygulanmaktadır (Pidd, 2004; Banks ve diğ., 2005).

Literatürde, kullanılan üç farklı simülasyon yöntemi mevcuttur: ayrık olaylı simülasyon (AOS), sistem dinamiği (SD) ve etmen temelli simülasyon (ETS). Gunal (2012), bu simülasyon yöntemlerini karşılaştırmış ve bu yöntemler arasında bazı önemli farklılıklar olduğunu ifade etmiştir. Örneğin, AOS için aktivite önemli iken SD için oranlar ve diferansiyel denklemler önemlidir. ETS ise ajan ve çevreler tarafından kanalize edilmektedir. Bir diğer farklılık ise AOS stokastik modeller iken SD ve ETS ise genel olarak deterministik modellerdir.

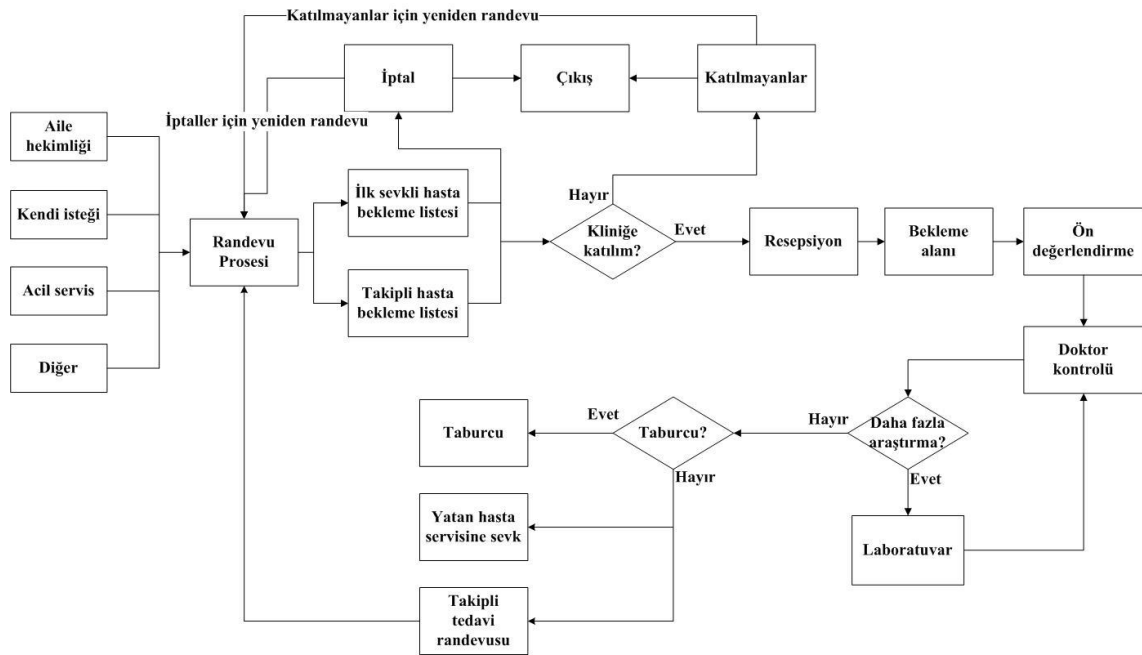
Bu çalışmada, poliklinik hasta tedavi ve izleme süreci stokastik bir yapıya sahiptir ve ayrıca, hastaneye gelen hasta ve hasta işlemleri ayrıktır ve ayrı zaman

aralıklarına sahiptir. Dahası, Gunal (2012), AOS'nin kuyruk süreçlerini modellemede başarılı bir teknik olduğunu belirtmektedir. Ayrıca, ETS'nin simülasyon tarihinde yeni bir simülasyon yaklaşımı olduğunu diğer yandan AOS'nin literatürde yaygın olarak kullanıldığını ve daha üstün bir yöntem olduğunu ifade etmektedir. Bu nedenlerin ışığında, çalışmamız da AOS yöntemi uygulanmış ve Simul8 yazılımı (Simul8, 2018) kullanılmıştır.

2.1.1 Kavramsal Model

Bir simülasyon modeli kurulmadan önce sistemin bileşenleri analiz edilir ve birbirleri arasındaki ilişkiler haritalandırılır (Pidd, 2004). İlk aşama olarak, hastanenin ilgili poliklinikteki mevcut uygulamaları araştırıldı. İkinci aşamada ise, hastanedeki doktor, hemşire, klinik ve finans müdürü ile toplantı yapıldı. Bu süreçte uzmanların görüşleri ile İngiltere'deki tüm polikliniklere uygulanabilecek düzeyde polikliniğin genel bir kavramsal modeli oluşturuldu. Şekil 3, İngiltere'deki tipik bir polikliniğin kavramsal modelini akış şemalarıyla göstermektedir. Buna göre, hastaların

polikliniğe sevk edildiği kaynaklar dört gruba ayrılmıştır: Aile hekimliği aracılığı ile, kendi isteği ile, acil servis aracılığı ile ve diğerleri. Hastaların randevuları, hastanelerin rezervasyon işlemlerine göre planlanmaktadır. Hastalar polikliniğe yönlendirildikten sonra klinik katılımı için hastalara randevu günü verilir. Randevu günü bir hasta polikliniğe geldiğinde, resepsiyonda kayıt yaptırır ve ön değerlendirme için bekler. Bu noktada, bazı hastalar randevularını önceden iptal edebilir veya önceden bildirimde bulunmaksızın kliniğe gitmeyebilir (bu hastaların bir kısmı daha sonraki bir tarih için tekrar randevu alabilir). Gerekirse, değerlendirme öncesinde bir teşhis prosedürü gerçekleştirilebilir ve bazı durumlarda bir tedavi prosedürü de bir danışman tarafından yürütülebilir. Konsültasyondan sonra hastalar ya taburcu edilirler ya da daha ileri tedavi gerekiyorsa yatan hasta servisine ya da bir takip tedavisi için polikliniğe sevk edilebilirler. Takip tedavisi için yönlendirilen hastalar bir sonraki randevu gününe kadar bekler ve randevu günü geldiğinde tekrar polikliniğe gider ve sisteme tekrar dâhil olur.



Şekil 3. İngiltere'deki Tipik Bir Polikliniğin Yüksek Düzeydeki Kavramsal Haritası

2.1.2. Girdi Parametreleri ve Veri Analizi

İngiltere'deki tam teşekküllü bir hastanenin travma ve ortopedi polikliniğinde projeksiyonel olarak klinik kullanımının daha iyi anlaşılması için bir

simülasyon modeli geliştirilmiştir. Bu simülasyon çalışmasında, kullanılan tüm girdi parametreleri ve değerleri ise Tablo 1'de gösterilmektedir. Yaş grubu, istatistiksel dağılımlar ve takip sayısı gibi gerekli girdi verilerinin elde edilmesi için 2010/11 -

2012/13 finansal yıllarını kapsayan ve İngiltere hastane vaka istatistiklerine ait büyük bir veri seti analiz edilmiştir. Tablo 2’de de görüldüğü gibi, üç yıllık periyod için veri setinde 130 parametrik değişken ile 131348 adet travma ve ortopedi polikliniği hasta kaydı bulunmaktadır. Tablo 3 ise ilgili poliklinikteki hastaların cinsiyet ve yaş grubu

gibi demografik özelliklerini göstermektedir. Çalışma da kullanılan girdi verilerinden bir tanesi ise hasta türüne bağlı olan klinikteki tedavi süreleridir (ilk katılım için ortalama 45 dakika, takipli hasta için ortalama 20 dakikadır).

Tablo 1

Çalışmada kullanılan girdiler. HES: Hospital Episode Statistics (İngiltere Hastane Vaka İstatistikleri)

Parametreler	Değerler	Referans
Poliklinik talebi	1. Mevcut Yıl için tarihsel veriler 2. Gelecek 3 yıl için büyüme projeksiyonu ile entegre klinik talepleri	HES -
Yaş grupları		
1. Yaş grubu 1 (0 – 15)	Multinomial dağılım	Tablo 3
2. Yaş grubu 2 (16 – 35)	Multinomial dağılım	Tablo 3
3. Yaş grubu 3 (36 – 50)	Multinomial dağılım	Tablo 3
4. Yaş grubu 4 (51 – 65)	Multinomial dağılım	Tablo 3
5. Yaş grubu 5 (65+)	Multinomial dağılım	Tablo 3
Cinsiyet		
1. Erkek	Binomial dağılım	Tablo 3
2. Kadın	Binomial dağılım	Tablo 3
İstatistiksel dağılımlar		
1. İlk sevkten katılıma kadar geçen periyod	Teorik dağılım	Tablo 4
2. Takipli hastaların ardışık tedaviler arasındaki zaman periyodu	Teorik dağılım	Tablo 4
3. İlk Sevk Hastaları İçin Takip Sayısı	Binomial dağılım	Tablo 5
4. Takipli Hastalar İçin Takip Sayıları	Multinomial dağılım	Tablo 6
Toplam kullanılabilir klinik zaman dilimi	36700	Hastane
Klinik süreleri		
1. İlk sevkli hasta	Ortalama 45 dakika	Hastane
2. Takipli hasta	Ortalama 20 dakika	Hastane
Hastanenin hizmet ettiği bölgenin büyüme oranı		Office for National Statistics (2017)
1. Yıl	%0,84	
2. Yıl	%1,30	
3. Yıl	%0,90	
Tam zamanlı çalışan bir doktorun yıllık çalışma süresi	1950 saat	NHS Improvement (2017)

Tablo 2

Hastanenin Travma ve Ortopedi Polikliniğinde 2010/11 – 2012/13 Finansal Yıllarındaki Toplam Hasta Kaydı

Hasta türü	Yaş grubu	Katılım	Katılmayanlar	İptal	Toplam
İlk katılım	Yaş grubu 1 (0 – 15)	6070	472	1401	7943
	Yaş grubu 2 (16 – 35)	5435	864	1161	7460
	Yaş grubu 3 (36 – 50)	5910	602	1590	8102
	Yaş grubu 4 (51 – 65)	6567	339	1730	8636
	Yaş grubu 5 (65+)	7385	326	1965	9676
Toplam		31367	2603	7847	41817
Takipli hasta	Yaş grubu 1 (0 – 15)	7174	1132	2169	10475
	Yaş grubu 2 (16 – 35)	8126	1855	2120	12101
	Yaş grubu 3 (36 – 50)	12019	1741	3419	17179
	Yaş grubu 4 (51 – 65)	15823	1336	4602	21761
	Yaş grubu 5 (65+)	20263	1439	6313	28015
Toplam		63405	7503	18623	89531
Genel toplam		94772	10106	26470	131348

Tablo 3

Travma ve Ortopedi Polikliniğindeki Hastaların Demografik Özellikleri

Demografik özellikler		İlk katılım hastaları	Takipli hastalar
Cinsiyet	Erkek	%48,81	%44,84
	Kadın	%51,19	%55,16
Yaş grupları	Yaş grubu 1 (0 – 15)	%18,72	%11,70
	Yaş grubu 2 (16 – 35)	%17,58	%13,52
	Yaş grubu 3 (36 – 50)	%19,10	%19,19
	Yaş grubu 4 (51 – 65)	%20,37	%24,30
	Yaş grubu 5 (65+)	%24,23	%31,29

Simülasyon modelinde girdi olarak kullanılan istatistiksel dağılımları elde etmek için kullanılan veriler veri setinden çıkarılmıştır. Denklem (1) her bir hastanın polikliniğe gelmek için sevk tarihinden katılım tarihine kadar geçen süreyi hesaplamaktadır.

$$B_i = A_i - R_i \quad (1)$$

B_i , ilk sevkli i . hastanın poliklinik katılımı için geçen süre, A_i , ilk sevkli i . hastanın polikliniğe geldiği zamanı ve R_i ise ilk sevkli i . hastanın polikliniğe sevk edildiği zamanı temsil etmektedir. Ayrıca, aynı

hastalık şikâyetinden dolayı takipli tedaviye sahip olan her bir hastanın takip süresini hesaplamak için Denklem (2)'deki eşitlik kullanılmıştır. Her bir takipli hastanın ardışık tedavi süreleri arasında geçen zaman dikkate alınmıştır.

$$T_{ij} = F_{ij} - F_{ij-1} \quad (2)$$

T_{ij} , takipli i . hastanın j . katılımı için geçen süre, F_{ij} , takipli i . hastanın j . katılım tarihi ve F_{ij-1} , takipli i . hastanın ($j-1$). katılım zamanını temsil etmektedir.

Tablo 4

İlk Sevkten Katılıma Kadar Geçen Periyod ve Takipli Hastaların Ardışık Tedavileri Arasındaki Zaman Periyodunun Her Bir Yaş Grubu İçin Teorik Dağılımları, Parametre Tahminleri ve Uyumluluk Test Değerleri

Yaş grupları	İstatistiksel dağılımlar ve parametre tahminleri	Uyumluluk Testleri	
		Kolmogorov Smirnov	Anderson Darling
İlk sevkten katılıma kadar geçen periyod (B_i)			
Yaş grubu 1	Pearson 6 ($\alpha_1 = 8,6101, \alpha_2 = 2,0464, \beta = 3402,5$)	0,09312	94,605
Yaş grubu 2	Pearson 6 ($\alpha_1 = 18,427, \alpha_2 = 1,6674, \beta = 1259,6$)	0,07774	45,959
Yaş grubu 3	Pearson 6 ($\alpha_1 = 5,0898, \alpha_2 = 2,0551, \beta = 9035,4$)	0,07726	60,961
Yaş grubu 4	Pearson 6 ($\alpha_1 = 39,082, \alpha_2 = 1,3592, \beta = 681,07$)	0,11653	170,710
Yaş grubu 5	Pearson 6 ($\alpha_1 = 4,5672, \alpha_2 = 2,1219, \beta = 11573$)	0,06504	53,453
Takipli hastaların ardışık tedaviler arasındaki zaman periyodu (T_{ij})			
Yaş grubu 1	Pearson 6 ($\alpha_1 = 1,7955, \alpha_2 = 1,7829, \beta = 41336,0$)	0,09848	1639,40
Yaş grubu 2	Geometrik ($\rho = 0,119250$)	0,09610	218,04
Yaş grubu 3	Geometrik ($\rho = 0,099215$)	0,05600	215,26
Yaş grubu 4	Geometrik ($\rho = 0,083851$)	0,07993	360,88
Yaş grubu 5	Geometrik ($\rho = 0,065205$)	0,11929	952,91

İstatistiksel dağılımlar hastane yönetiminin isteği üzerine yaş gruplarına bağlı olarak belirlenmiştir. Beş yaş grubu dikkate alınmıştır: 1) 0 - 15, 2) 16 - 35, 3) 36 - 50, 4) 51 - 65 ve 5) 65+. Gerçek veriler ile en uyumlu dağılımları hesaplamak için EasyFit yazılımı (Mathwave Technologies, 2018) kullanılmıştır. En uyumlu dağılımlar, en düşük uyumluluk test değeri dikkate alınarak seçilmiştir. EasyFit yazılımı Kolmogorov Smirnov ve Anderson Darling uyumluluk testlerini kullanmaktadır (Mathwave Technologies, 2018). Tablo 4 her yaş grubu için ilk sevkten katılıma kadar geçen periyod ve takipli hastaların ardışık tedaviler arasındaki zaman periyodu dağılımlarını göstermektedir. Örneğin, yaş grubu 1'e ait olan bir hasta sevk tarihinden polikliniğe katılım tarihine kadar Pearson 6 dağılımının parametre tahmin değerlerine ($\alpha_1 = 8,6101, \alpha_2 = 2,0464, \beta = 3402,5$) göre belirlenen süre kadar bekler. Eğer bu hasta takip tedavisine

ihtiyaç duyuyor ise, bir sonraki tedavi için Pearson 6 dağılımının parametre tahmin değerlerine ($\alpha_1 = 1,7955, \alpha_2 = 1,7829, \beta = 41336,0$) göre belirlenen süre kadar bekledikten sonra polikliniğe gelmektedir.

Ayrıca, bir hastanın aynı hastalık şikâyeti üzerine bir yılda kaç defa polikliniğe geldiğini belirlemek için veri analizi yapıldı ve elde edilen veriler kullanılarak yıllık takip sayısı için istatistiksel dağılımlar hesaplandı. Tablo 5 her bir yaş grubuna ait polikliniğe ilk gelen hastalar için takip tedavisine gelip gelmeyeceğini belirleyen sıklık fonksiyon dağılımlarını göstermektedir. Örneğin, ilgili hastalık şikâyeti için polikliniğe ilk defa gelen yaş grubu 1'e ait hastaların %63,83'ü aynı şikâyet ile ilgili takip tedavisine ihtiyaç duymamakta iken hastaların geri kalan %36,17'si takip tedavisine ihtiyaç duymaktadır.

Tablo 5

İlk Sevk Hastaları İçin Takip Sayısı ve Oranı (%). (0: Takip tedavisine ihtiyaç duymamaktadır, 1: Takip tedavisine ihtiyaç duymaktadır)

Takip sayısı	Yaş grubu 1	Yaş grubu 2	Yaş grubu 3	Yaş grubu 4	Yaş grubu 5
0	63,83	60,34	61,31	63,04	67,57
1	36,17	39,66	38,69	36,96	32,43

Tablo 6 ise takipli hastalara ilk takip tedavisinden çıktıktan sonra bir yıl içinde aynı hastalık şikâyeti üzerine polikliniğe kaç defa geleceğini göstermektedir. Örneğin, yaş grubu 1'deki hastaların

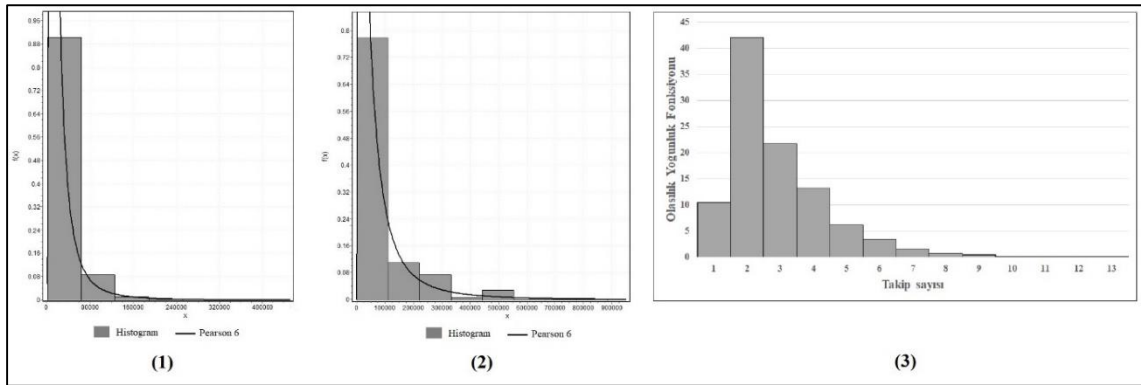
%42,01'i ilk takip tedavisinden sonra bir defa daha polikliniğe gelme ihtiyacı duymuştur. Böylece, bu hastalar bir yıl içinde 3 defa (1 ilk katılım + 2 takip tedavisi) polikliniğe gelmiştir.

Tablo 6

Takipli Hastalar İçin Takip Sayıları ve Oranları (%)

Takip sayısı	Yaş grubu 1	Yaş grubu 2	Yaş grubu 3	Yaş grubu 4	Yaş grubu 5
0	10,52	11,64	11,48	12,83	13,42
1	42,01	41,52	38,01	39,22	41,90
2	21,69	22,13	23,16	22,11	21,55
3	13,19	12,03	13,28	12,13	11,13
4	6,17	5,88	6,76	6,47	6,02
5	3,45	3,33	3,32	3,37	2,93
6	1,58	1,70	1,74	1,87	1,26
7	0,70	0,81	1,00	0,83	0,84
8	0,47	0,52	0,46	0,52	0,43
9	0,03	0,21	0,32	0,22	0,17
10	0,13	0,10	0,22	0,16	0,15
11	0,05	0,04	0,13	0,09	0,06
12	-	0,04	0,04	0,08	0,04
13	-	-	0,03	0,05	0,06
14	-	0,02	-	0,01	-
15	0,03	-	0,01	-	0,02
16	-	0,02	0,01	-	0,02
19	-	-	-	0,01	0,01
21	-	-	0,01	-	-
22	-	-	-	-	-
23	-	-	-	0,01	-

Şekil 4'te yaş grubu 1 için geliştirilmiş istatistiksel dağılımlar için fonksiyon grafikleri verilmiştir.

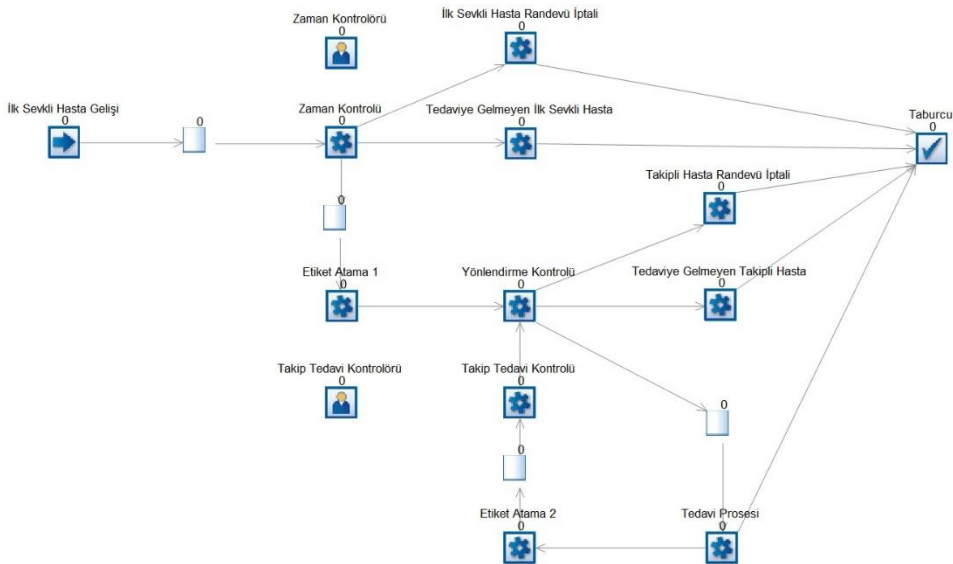


Şekil 4. Yaş Grubu 1 İçin Dağılım Fonksiyon Grafikleri (1: İlk sevkten katılıma kadar geçen periyod (B_i), 2: Takipli hastaların ardışık tedaviler arasındaki zaman periyodu (T_{ij}) ve 3: Gözlemlenen takip sayıları)

2.1.3 Simülasyon Modeli

Bu çalışmada geliştirilen simülasyon modeli Şekil 5'te gösterilmektedir. Modelde, hastalar ilk sevkli hasta gelişi ile sisteme giriş yapmaktadırlar. Hastalar, yaş gruplarına bağlı olarak belirlenen teorik dağılımlara göre ilk sevkli hasta randevuları için beklemektedirler. Bu noktada, bazı hastalar randevularını iptal ettirirken bazı hastalar iptal ettirmeksizin randevularına gelmemektedirler. Yönlendirme kontrolü aktivitesinde ilk sevkli hastalar ilgili kliniğe yönlendirilmektedirler. Tedavi sürecinden sonra hastalara tarihsel veriye göre geliştirilmiş istatistiksel dağılımlara göre takip tedavi sayıları belirlenmektedir. Örneğin, hasta takip

tedavisine ihtiyaç duymuyorsa ilk klinik tedavisinden sonra taburcu olmaktadır. Aksi takdirde, takip randevusuna ihtiyaç duyuyorsa hastaya yaş grubuna bağlı olarak takip sayısı atanmaktadır. Hastalar daha sonra tedavileri için evde beklerler. Belirlenen takip tedavisi kliniğe geldikçe bir azalır. Hasta belirlenen bu takip sayısı sıfır olana kadar bu döngüsel süreci tekrarlar. Simülasyon modelimizdeki etiketler kullanılarak hastanın randevusunu iptal etmesi veya iptal ettirmeksizin gelmemesi durumunda belirgin hastalar için yeniden rezerve edilmiş bir klinik randevusu gerçekleştirilir.



Şekil 5. Poliklinik Kapasite Yönetimi için Geliştirilen Simülasyon Modeli

2.1.4 Geçerlilik ve Doğruluk Analizi

Geliştirilmiş simülasyon modeli hastanedeki poliklinik yöneticisi ve doktorlar tarafından yapılan toplantılarda doğrulanmıştır. Ayrıca, simülasyon modelinin performans ölçüt metriği üzerinden hem istatistiksel test ile hem de grafiksel olarak doğruluk

analizi yapılmıştır. İlk olarak, çift yönlü t testi uygulanmış olup Tablo 7'de de görüldüğü gibi %95 güven aralığında t test değerinin t tablo değerinden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Böylece simülasyon modelimiz doğrulanmıştır.

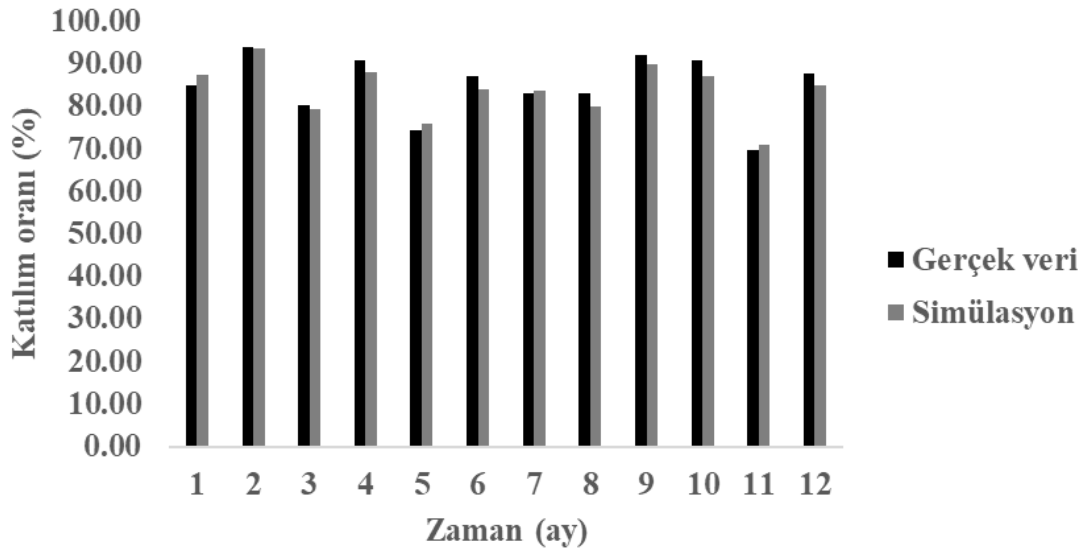
Tablo 7

Simülasyon Modelinin Doğruluk Testi

Parametre	t Test değeri	t Tablo değeri	Ortalama aylık klinik kullanım oranı	%95 Güven aralığı
Klinik kullanım oranı	1,82	2,20	%81,57	(%78,09, %85,05)

Diğer yandan, travma ve ortopedi polikliniğinin aylık klinik kullanım oranı için bir sütun grafiği geliştirilmiştir. Şekil 6'da görüldüğü gibi, simülasyon modeli gerçek verilere benzer sonuçlar üretmiş olup

doğruluğu onaylanmıştır.



Şekil 6. Simülasyon Modelinin Doğruluğunu Gösteren Sütun Grafiği

2.1.5 Model Tekrar Sayısı ve Isınma Periyodu

Simülasyon modelinin tekrar sayısını belirlemek için sabit numune büyüklüğü prosedürü (Law ve Kelton, 2000) tercih edilmiş ve ısınma süresini belirlemek için ise Welch yöntemi (Law ve Kelton, 2000) kullanılmıştır. Sonuç olarak, 10 tekrar sayısı ve 2 aylık ısınma süresi hesaplanmıştır. Böylece, model 14 aylık bir simülasyon çalışma periyodu ile

çalıştırılmış ve ilk iki aydan sonra performans metrik değerleri hesaplanmaya başlanmıştır.

2.1.6 Çıktı Parametresi

Klinik kullanım oranı (%), bir travma ve ortopedi kliniği için performans ölçüt metriği olarak hesaplanmıştır. Böylece, polikliniğin mevcut kaynaklarıyla mevcut klinik zaman diliminin yüzde

kaçının kullanılacağı test edilmiştir. Denklem (3)'te verilen eşitlik, klinik kullanım oranlarının hesaplanması için simülasyon modelinde kullanılmıştır. Hastaneden alınan veriye göre, bu çalışmada göz önüne alınan yıllık kullanılabilir klinik zaman dilimi 36700'dir. 3. Bölümde de anlatıldığı gibi hastanedeki tüm doktorlar tam zamanlı olarak

çalışmamaktadır. Bu değer, doktorların hastane ile yapılan sözleşmelerinden doğan toplam yıllık çalışma süreleri ile ilgilenebilecekleri toplam hasta sayısını ifade etmektedir.

$$\text{Klinik kullanım oranı (\%)} = 100x \left(\frac{\text{Toplam ilk sevkli hasta sayısı} + \text{Toplam takip tedavili hasta sayısı}}{\text{Toplam yıllık kullanılabilir klinik zaman dilimi}} \right) \quad (3)$$

2.2 Deneysel Senaryo Analizi

Deneysel senaryo analizinde poliklinik kullanım oranlarını etkileyen üç parametre göz önüne alınmıştır: talep, kullanılabilir klinik zaman dilimi ve takip sayısı. Klinik kullanım oranı, talep veya takip sayısı arttıkça artmaktadır. Diğer yandan, kullanılabilir klinik zaman dilimi arttığında klinik kullanım oranı azalmaktadır. Bu bağlamda, Tablo 8'de görüldüğü üzere bu parametrelerdeki hastane yönetimi tarafından istenen olası değişikliklere bağlı olarak 8 deney geliştirildi.

Talep: Mevcut talep (yıllık olağan artışın dışında %0 artış) ve talep artışı (yıllık olağan artışa ek %10'luk beklenmedik artış). Beklenilmeyen veya tahmin

edilemeyen bazı nedenlerden dolayı (örneğin, en yakın hastanenin travma ve ortopedi polikliniğinin kapanması gibi) talebin artabileceği dikkate alınmaktadır.

Kullanılabilir klinik zaman dilimi: Klinik zaman diliminin %10 ve %20 oranında artışı. Daha fazla hastanın tedaviye kabul edilmesi için dikkate alınmıştır. Bu senaryo aynı zamanda daha fazla doktor istihdamına neden olabilmektedir.

Takip sayısı: Mevcut takip sayısı ve 1 azaltılmış takip sayısı. Takip sayısının 1 azaltılarak ilgili hastaların bu tedavilerinin aile hekimliğinde veya toplum sağlık merkezlerinde yapılması planlanmaktadır.

Tablo 8
Senaryo Analizi

Senaryolar	Parametreler		
	Talep	Klinik zaman dilimi	Takip sayısı
Temel model	%0 ↔	%0 ↔	%0 ↔
Senaryo 1	%0 ↔	%10 ↑	%0 ↔
Senaryo 2	%0 ↔	%10 ↑	1↓
Senaryo 3	%0 ↔	%20 ↑	%0 ↔
Senaryo 4	%0 ↔	%20 ↑	1↓
Senaryo 5	%10 ↑	%10 ↑	%0 ↔
Senaryo 6	%10 ↑	%10 ↑	1↓
Senaryo 7	%10 ↑	%20 ↑	%0 ↔
Senaryo 8	%10 ↑	%20 ↑	1↓

Gelecek üç yıl boyunca klinik kullanım oranını tahmin etmek için travma ve ortopedi polikliniği bilgisayar ortamında modellendi. Bu nedenle, hastanenin hizmet verdiği bölgenin büyüme projeksiyonları göz önünde bulundurularak, ilgili polikliniğin gelecekteki 3 yıllık talebi ele alınmıştır. Bölgenin nüfus açısından büyüme projeksiyonu, İngiltere Ulusal İstatistik Ofisi (Office for National

Statistics - ONS) tarafından sağlanan verilere dayanmaktadır. ONS'ye göre bölgenin büyüme projeksiyonları 2013, 2014 ve 2015 yıllarında sırasıyla %0,84, %1,30 ve %0,90'dır (Office for National Statistics, 2017). Bu çerçevede, Tablo 9'da belirtildiği üzere polikliniğin projeksiyonel talebi, bu oranlar kullanarak kümülatif olarak artırıldı.

Tablo 9
DeneySEL Analizde Öngörülen Yıllar

Öngörülen yıllar	Açıklamalar
Temel model	Mevcut yıl
Yıl 1	Temel model + %0,84'lük talep artışı
Yıl 2	Yıl 1 + %1,43'lük talep artışı
Yıl 3	Yıl 2 + %0,90'lık talep artışı

3. Bulgular ve Tartışmalar

İngiltere'deki tam teşekküllü bir hastanenin travma ve ortopedi polikliniğinde projeksiyonel klinik kullanım oranını daha iyi anlamak için bir simülasyon modeli geliştirilmiştir. Bu bağlamda, öngörülen her yıl için toplam 8 deney gerçekleştirilmiştir. Deneyler, polikliniğin klinik kullanım oranını etkileyen parametrelerin birleşiminden oluşmaktadır. Tüm parametreler iki seviyede incelenmiştir (yani, %0 ve %10 ile talep artışı, %10 ve %20 ile klinik zaman dilimi artışı, mevcut (0) ve (-1) takip sayısı).

Ortalama klinik kullanım oranları için çalışmanın sonuçları Tablo 10'da sunulmuş, en düşük ve en yüksek klinik kullanım oranları ise Ek 1 ve 2'de verilmiştir. Temel modelde, klinik kullanım oranı mevcut kaynaklar ile 3. yıl sonunda yaklaşık %11 oranında artmaktadır. Senaryo 1-4 beklenmeyen talep artışlarını içermeyen, diğer senaryolar %10'luk beklenmedik talep artışı içermektedir.

Tablo 10
Öngörülen Her Bir Yıl İçin Ortalama Klinik Kullanım Oranları (%)

Senaryolar (Talep, Klinik zaman dilimi, Takip sayısı)	Mevcut yıl	Yıl 1	Yıl 2	Yıl 3
Temel model	81,81 (78,16, 85,45)	84,74 (80,96, 88,51)	87,92 (83,99, 91,84)	91,01 (86,95, 95,06)
Senaryo 1 (%0, %10, 0)	74,38 (71,06, 77,69)	77,03 (73,59, 80,46)	79,93 (76,36, 83,49)	82,74 (79,04, 86,43)
Senaryo 2 (%0, %10, -1)	49,29 (47,09, 51,48)	51,11 (48,83, 53,38)	52,97 (50,60, 55,33)	54,74 (52,29, 57,18)
Senaryo 3 (%0, %20, 0)	68,18 (65,13, 71,22)	70,61 (67,46, 73,75)	73,27 (70,00, 76,53)	75,84 (72,45, 79,22)
Senaryo 4 (%0, %20, -1)	45,18 (43,16, 47,19)	46,85 (44,76, 48,93)	48,56 (46,39, 50,72)	50,18 (47,94, 52,41)
Senaryo 5 (%10, %10, 0)	81,95 (78,29, 85,60)	87,72 (83,80, 91,63)	88,08 (84,15, 92,00)	91,21 (87,14, 95,27)
Senaryo 6 (%10, %10, -1)	54,35 (51,92, 56,77)	58,13 (55,53, 60,72)	58,36 (55,75, 60,96)	60,27 (57,58, 62,95)
Senaryo 7 (%10, %20, 0)	75,12 (71,76, 78,47)	80,41 (76,82, 83,99)	80,74 (77,13, 84,34)	83,60 (79,87, 87,32)
Senaryo 8 (%10, %20, -1)	49,82 (47,60, 52,04)	53,29 (50,91, 55,66)	53,49 (51,10, 55,87)	55,24 (52,77, 57,70)

Beklenmedik %10'luk talep artışında, klinik zaman dilimleri %10 arttırılırsa, klinik kullanım 3. yıldaki temel modelle aynı seviyede olacaktır. Bu ise, daha

fazla doktor ve klinik odalarının tahsisi anlamına gelmektedir. Poliklinik yöneticileri, %85 gibi bir hedef seviye dikkate alır ise ek önlemler alması

gerekecektir. Örneğin, Temel modele nazaran %10'luk kullanılabilir klinik zaman dilimi Senaryo 1'deki gibi bir değişiklik ile klinik kullanımı %83'e kadar düşürülecektir.

1 azaltılmış takip sayısı, klinik kullanım oranının azaltılmasında önemli bir senaryodur. Örneğin, Senaryo 1 ve 2 arasındaki fark, 1 azaltılmış takip sayısıdır. Klinik kullanım oranı, 3. Yılda %82,74'ten %54,74'e düşmektedir. Buna ek olarak, bu doktorların iş yükünü hafifletecek ve İngiltere Ulusal Sağlık Hizmetinde (NHS) mali yükün azalmasına neden olacaktır.

İngiltere Ulusal Sağlık Hizmetleri'nde sağlık çalışanları haftalık 37,5 saat üzerinden hesaplanan tam zamanlı eşdeğer (Full time equivalent) çalışma oranı ile sözleşme yapmaktadırlar. Bu bağlamda, her bir sağlık çalışanı yıllık 1950 saat çalışarak tam zamanlı ücret kazanmaktadırlar (NHS Improvement, 2017). Denklem (4)'teki eşitlik simülasyon modeline entegre edilerek doktorlar tarafından ilk sevkli hasta ve takip tedavili hastalara ayrılan tedavi süreleri ve doktorların yıllık tam zamanlı çalışma süreleri dikkate alınarak bu çalışmada öngörülen her bir yıl için ihtiyaç duyulan doktor sayıları belirlenmiştir.

$$\text{İhtiyaç duyulan tam zamanlı doktor sayısı} = \frac{TS_i \times \sum S_i + TS_t \times \sum S_t}{D} \quad (4)$$

TS_i : İlk sevkli hastaların ortalama tedavi sürelerini, S_i : İlk Sevkli hasta sayısını, TS_t : Takip tedavili hasta sayısını, S_t : Takip tedavili hasta sayısını ve D : Tam zamanlı çalışan bir doktorun yıllık çalışma süresini temsil etmektedir.

Buna göre, Temel modelde mevcut yıl ve sonraki iki yıl boyunca 8 tam zamanlı doktor yeterli iken 3. yılda tam zamanlı çalışacak bir doktor daha istihdam edilmesi gerekmektedir. Takip sayısının 1 azaltıldığı senaryolarda ihtiyaç duyulan doktor sayısı da önemli ölçüde azalmaktadır. Örneğin, mevcut yıl için bakıldığında, Senaryo 1'den Senaryo 2'ye doktor sayısı 8'den 6'ya düşmektedir. Tablo 11'deki bu değerler daha önce de ifade edildiği gibi doktorların ilgili poliklinikte tam zamanlı olarak çalışması

durumunda hesaplanmıştır. Fakat, İngiltere'de doktorlar sözleşmelerini tam zamanlı (1,0 FTE) olarak yapmak yerine daha düşük bir FTE oranında da yapmayı tercih edebilmektedir veya hastane yönetimi farklı bir FTE oranı ile doktor istihdam edebilmektedir. Dolayısıyla çalışan bütün doktorlar farklı FTE oranında çalışıyor ise Tablo 11'de gösterilen doktor sayılarından daha fazla istihdam üretmesi gerekecektir. Diğer yandan, İngiltere'de doktorlar çalışma saatlerinin belirli bir kısmını poliklinikte kalan kısmını ise yatan hasta servisinde çalışarak tamamlamaktadırlar. Bu kapsamda hastanedeki yatan hasta servisi de dikkate alındığında Tablo 11'de gösterilen doktor sayısından daha fazla ihtiyaç ortaya çıkacaktır.

Tablo 11
Öngörülen Her Bir Yıl İçin İhtiyaç Duyulacak Tam Zamanlı Çalışan Doktor Sayısı

Senaryolar (Talep, Klinik zaman dilimi, Takip sayısı)	Mevcut yıl	Yıl 1	Yıl 2	Yıl 3
Temel model	8	8	8	9
Senaryo 1 (%0, %10, 0)	8	8	8	9
Senaryo 2 (%0, %10, -1)	6	6	7	7
Senaryo 3 (%0, %20, 0)	8	8	8	9
Senaryo 4 (%0, %20, -1)	6	6	7	7
Senaryo 5 (%10, %10, 0)	9	9	9	9
Senaryo 6 (%10, %10, -1)	7	7	7	7
Senaryo 7 (%10, %20, 0)	9	9	9	9
Senaryo 8 (%10, %20, -1)	7	7	7	7

4. Sonuç

Hastane taleplerinin son yıllarda ciddi oranda artış göstermesi hastanelerin bütçe, insan kaynakları ve kapasite gibi sınırlı kaynaklar ile talebi karşılayabilmek için yoğun bir çaba sarf etmelerine neden olmaktadır. Bu çalışmada, tam teşekküllü bir İngiliz hastanesinin travma ve ortopedi polikliniğinin gelecekteki talebi, hastanenin hizmet verdiği bölgenin İngiltere Ulusal İstatistik Ofisi (Office for National Statistics - ONS) tarafından tahmin edilen büyüme projeksiyonları ile entegre edilmiştir. Talep artış oranları bölgenin popülasyonunun artış hızı ile paralel bir şekilde artacağı varsayılarak gelecek üç yıl için hasta talepleri belirlenmiştir. Senaryo analizi için klinik kullanım oranını etkileyen üç parametre (talep, toplam klinik zamanı ve takip sayısı) içeren deneysel bir tasarım dikkate alınmıştır. Klinik kullanım oranları, öngörülen her bir yıl (toplamda üç yıl) için toplam 8 deney içeren senaryo analizi yoluyla hesaplanmıştır. Böylece, travma ve ortopedi polikliniği için en düşük, ortalama ve en yüksek klinik kullanım oranları, geliştirilen simülasyon modeli ile belirlenmiştir. Ayrıca, tedavi süreleri ve doktorların yıllık tam zamanlı çalışma süreleri dikkate alınarak bu çalışmada öngörülen her bir yıl için ihtiyaç duyulan doktor sayıları belirlenmiştir. Bu çalışma klinik kullanım oranlarının polikliniklerde daha iyi anlaşılması ve projeksiyonel olarak personel, yeterli bütçe ve ekipman gibi kaynak ihtiyaçlarının önceden tespit edilmesi ve daha iyi kaynak planlamalarının yapılabilmesi için hastane yönetimine bir öngörü sunmaktadır. Bu alanda yapılabilecek gelecek çalışmalar ise, poliklinik ile etkileşimde bulunan acil servis departmanının ve yatan hasta servisinin simülasyon modellerinin geliştirilmesi üzerinde durularak hastane yönetimine fayda sağlayacak daha fazla ve farklı çıktılar üretmeyi amaçlayabilir. Ayrıca, görüntüleme tesis ve ekipmanları (MR, CT, Radyoloji) gibi polikliniği etkileyebilecek faktörlerde dikkate alınarak daha operasyonel modeller geliştirilip ilgili senaryolar aracılığı ile bu faktörlerin kapasite üzerindeki etkileri de araştırılmalıdır. Bir diğer dikkat edilecek husus ise birden fazla çıktı değişkeni ve bunlar arasındaki etkileşimin ihtiyaç duyulan doktor sayısı üzerindeki etkisini incelemek olacaktır.

Araştırmacıların Katkısı

Bu çalışmada; Muhammed ORDU, veri çıkarımı, veri analizi, çalışmanın tasarımı, karar destek sisteminin geliştirilmesi, kavramsallaştırma,

yöntem, kodların yazımı, makalenin yazımı, incelenmesi ve düzeltilmesi; Eren DEMİR, yöntem, çalışmanın yazımı, incelenmesi ve düzeltilmesi; Chris TOFALLIS, yöntem, çalışmanın yazımı, incelenmesi ve düzeltilmesi konularında katkı sağlamışlardır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışma, Hertfordshire Üniversitesi Delegasyonlu Otorite Etik Kurulları tarafından 21.11.2016 tarihinde 'BUS / PGR / UH / 02715' protokol numarası ile kabul edilmiş ve onaylanmıştır.

Kaynaklar

- Ahmad, N., Ghani, N.A., Kamil, A.A., Tahar, R.M. & Teo, A.H. (2012). Evaluating emergency department resource capacity using simulation. *Modern Applied Science*, 6, 9-19. Doi : <http://doi.org/10.5539/mas.v6n11p9>
- Aksaraylı, M., Kidak, L.B. & Güneş, M. (2009). Sağlık işletmelerinde Yatak Kullanım etkinliğinin benzetim Yoluyla optimizasyonu: Bir eğitim ve araştırma hastanesi uygulaması. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(1), 1-22.
- Arefeh, M., Barghash, M.A., Haddad, N., Musharbash, N., Nashawati, D., Al-Bashir, A. & Assaf F. (2018). Using Six Sigma DMAIC Methodology and Discrete Event Simulation to Reduce Patient Discharge Time in King Hussein Cancer Center. *Journal of Healthcare Engineering*, 2018. Doi : <https://doi.org/10.1155/2018/3832151>
- Babashov, V., Aivas, L., Begem, M.A., Cao, J.Q., Rodrigues, G., D'Souza, D., Lock, M. & Zaric G.S. (2017). Reducing Patient Waiting Times for Radiation Therapy and Improving the Treatment Planning Process: A discrete-event Simulation Model (Radiation Treatment Planning). *Clinical Oncology*, (29), 385-391. Doi : <https://doi.org/10.1016/j.clon.2017.01.039>
- Banks J., Carson II J.S., Nelson B.L. & Nicol D.M. (2005). *Discrete-Event System Simulation*. New Jersey, ABD: Pearson.

- Bhattacharjee, P. & Ray P. (2014). Patient flow modelling and performance analysis of healthcare delivery processes in hospitals: A review and reflections. *Computers & Industrial Engineering*, (78), 299-312. Doi : <https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.04.016>
- Bowers, J. & Mould, G. (2004). Managing uncertainty in orthopaedic trauma theatres. *European Journal of Operation Research*, 154 (3), 599-608. Doi : [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00816-0](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00816-0)
- Bowers, J. & Mould, G. (2005). Ambulatory and orthopaedic capacity planning. *Health Care Management Science*, 8 (1), 41-47. Doi : <https://doi.org/10.1007/s10729-005-5215-4>
- Cappanera, P., Visintin, F. & Banditori, C. (2014). Comparing resource balancing criteria in master surgical scheduling: A combined optimisation-simulation approach. *International Journal of Production Economics*, (158), 179-196. Doi : <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.08.002>
- Cracknell R. (2010). The ageing population, Key issues for the new parliament 2010, 44. Doi : <https://www.parliament.uk/documents/commons/lib/research/key-issues/Key-Issues-The-ageing-population2007.pdf>
- Demir, E., Gunal, M. & Southern, D. (2017). Demand and capacity modelling for acute services using discrete event simulation. *Health Systems*, 6, 33-40. Doi : <https://doi.org/10.1057/hs.2016.1>
- Gunal, M. (2012). A guide for building hospital simulation models. *Health Systems*, 1(1), 17-25. Doi : <https://doi.org/10.1057/hs.2012.8>
- Gül, M., Çelik, E., Güneri, A.F. & Gümüş, A.T. (2012). Simülasyon ile bütünlük çok kriterli karar verme: bir hastane acil departmanı için senaryo seçimi uygulaması. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(22), 1-18.
- Gül, M., Güneri, A.F. & Günal, M. (2020). Emergency department network under disaster conditions: The case of possible major Istanbul earthquake. *Journal of the Operational Research Society*, 71(5), 733-747. Doi : <https://doi.org/10.1080/01605682.2019.1582588>
- Hamm C. (2010). The coalition government's plans for the NHS in England. *British Medical Journal*, (341), 3790. Doi : <https://doi.org/10.1136/bmj.c3790>
- Harper, A., Navonil, M. & Feeney M. (2017). A hybrid approach using forecasting and discrete-event simulation for endoscopy services. *Proceedings of the 2017 Winter Simulation Conference*, 1583-1594, Las Vegas-USA. Doi : <https://doi.org/10.1109/WSC.2017.8247899>
- Hong, N.C. & Ghani, N.A. (2006). A Model for Predicting Average Ambulance Service Travel Times in Penang Island. *Proceedings of the 2nd IMT-GT Regional Conference on Mathematics, Statistics and Applications*, Penang Island-Malaysia. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/228462516_A_Model_for_Predicting_Average_Ambulance_Service_Travel_Times_in_Penang_Island
- Kaushal, A., Zhao, Y., Peng, Q., Strome, T., Weldon, E., Zhnag, M. & Chochinov A. (2015). Evaluation of fast track strategies using agent-based simulation modeling to reduce waiting time in a hospital emergency department. *Socio-Economic Planning Sciences*, (50), 18-31. Doi : <https://doi.org/10.1016/j.seps.2015.02.002>
- Kelton D., Sadowski R.P. & Sadowski D.A. (2001). *Simulation with Arena*. New York, ABD: McGraw Hill.
- Law, A.M. & Kelton, W.D. (2000). *Simulation Modeling and Analysis*. McGraw - Hill.
- Mallor, F. & Azcarate, C. (2014). Combining optimization with simulation to obtain credible models for intensive care units. *Annals of Operations Research*, (221), 255-271. Doi : <https://doi.org/10.1007/s10479-011-1035-8>
- Mathwave Technologies, (2018). How to select the best fitting distribution using the goodness of fit tests. Retrieved from <http://www.mathwave.com/articles/distribution-fitting-goodness-of-fit.html>. Accessed on Mart 26, 2018.
- Yalçın, M. (2009). *Acil Servis Hizmetlerinin Simülasyonu: Karşıyaka Devlet Hastanesi Uygulaması* (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Monks, T., Worthington, D., Allen, M., Pitt, M., Stein, K. & James, M.A. (2016). A modelling tool for capacity planning in acute and community stroke services. *BMC Health Service Research*, 16 (530). Doi : <https://doi.org/10.1186/s12913-016-1789-4>

- National Health Services England, (2018). Quarterly hospital activity. Retrieved from <https://www.england.nhs.uk/statistics/statistic-al-work-areas/hospital-activity/quarterly-hospital-activity/>. Accessed on Temmuz 2, 2018.
- NHS Improvement, (2017). Equality for all: Delivering safe care – seven days a week. Retrieved from <https://www.england.nhs.uk/improvement-hub/wp-content/uploads/sites/44/2017/11/Equality-for-all-Delivering-safe-care-seven-days-a-week.pdf>.
- Office for National Statistics, (2017). Statistical bulletin: Population estimates for the UK, England and Wales, Scotland and Northern Ireland: mid-2016. Retrieved from <https://www.ons.gov.uk/peoplepopulationandcommunity/populationandmigration/populationestimates/bulletins/annualmidyearpopulationestimates/mid2016#toc>.
- Ordu, M., Demir, E. & Tofallis, C. (2017). A Discrete Event Simulation Modelling to Capture Demand and Capacity in an Accident and Emergency Department. *19th International Conference on Industrial Engineering and Operations Research*, 1434, Zurich-Switzerland. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/326370336_A_Discrete_Event_Simulation_Modelling_to_Capture_Demand_and_Capacity_in_an_Accident_and_Emergency_Department
- Ordu, M., Demir, E. & Tofallis, C. (2018). A Discrete Event Simulation Model to Manage Bed Usage for Non-Elective Admissions in a Geriatric Medicine Speciality. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 12 (3), 239–244. Retrieved from <https://panel.waset.org/Publication/10008800>
- Ordu, M., Demir, E. & Tofallis, C. (2020). A decision support system for demand and capacity modelling of an accident and emergency department. *Health Systems*, 9 (1), 31-56. Doi : <http://dx.doi.org/10.1080/20476965.2018.1561161>
- 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*, 8(16), 61-73.
- Pidd, M. (2004). *Computer Simulation in Management Science*. Chichester, England: John Wiley & Sons.
- Rashwan, W., Abo-Hamad, W. & Arisha, A. (2015). A system dynamics view of the acute bed blockage problem in the Irish healthcare system. *European Journal of Operational Research*, (247), 276–293. Doi : <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.05.043>
- Rohleder, T.R., Lewkonia, P., Bischak, D.P., Duffy P. & Hendijani R. (2011). Using simulation modelling to improve patient flow at an outpatient orthopaedic clinic. *Health Care Management Science*, (14), 135-145. Doi : <https://doi.org/10.1007/s10729-010-9145-4>
- Royal College of Physicians, (2015). Work and wellbeing in the NHS: why staff health matters to patient care. Retrieved from <https://www.rcpsych.ac.uk/pdf/RCP-%20WorkWellbeingNHS.pdf>.
- Saadouli, H., Jerbi, B., Dammak, A., Masmoudi, L. & Bouaziz, A. (2015). A stochastic optimization and simulation approach for scheduling operating rooms and recovery beds in an orthopedic surgery department. *Computers & Industrial Engineering*, (80), 72–79. Doi : <https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.11.021>
- Sezen, H.K, Kaya, Ş. & Günal, M. (2012). Hastane kliniğinde kaynak dengeleme amaçlı bir benzetim modeli uygulaması. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 31(1), 179-191.
- Simul8, (2018). Retrieved from <https://www.simul8.com/>
- Zhu, Z., Hen, B.H. & Teow, K.L. (2012). Estimating ICU bed capacity using discrete event simulation. *International Journal of Health Care Quality Assurance*, 25, 134-144. Doi : <https://doi.org/10.1108/09526861211198290>

Ek 1

Öngörülen Her Bir Yıl İçin En Düşük Klinik Kullanım Oranları (%)

Senaryolar (Talep, Klinik zaman dilimi, Takip sayısı)	Mevcut yıl	Yıl 1	Yıl 2	Yıl 3
Temel model	81,27	84,21	87,54	90,45
Senaryo 1 (%0, %10, 0)	73,88	76,55	79,59	82,22
Senaryo 2 (%0, %10, -1)	48,88	50,85	52,65	54,43
Senaryo 3 (%0, %20, 0)	67,73	70,17	72,95	75,37
Senaryo 4 (%0, %20, -1)	44,80	46,61	48,26	49,89
Senaryo 5 (%10, %10, 0)	81,44	87,02	87,34	90,52
Senaryo 6 (%10, %10, -1)	53,97	57,85	58,04	59,79
Senaryo 7 (%10, %20, 0)	74,65	79,77	80,07	82,98
Senaryo 8 (%10, %20, -1)	49,47	53,03	53,21	54,81

Ek 2

Öngörülen Her Bir Yıl İçin En Yüksek Klinik Kullanım Oranları (%)

Senaryolar (Talep, Klinik zaman dilimi, Takip sayısı)	Mevcut yıl	Yıl 1	Yıl 2	Yıl 3
Temel model	82,55	85,43	88,97	91,97
Senaryo 1 (%0, %10, 0)	75,05	77,66	80,88	83,61
Senaryo 2 (%0, %10, -1)	49,48	51,35	53,29	55,02
Senaryo 3 (%0, %20, 0)	68,79	71,19	74,14	76,64
Senaryo 4 (%0, %20, -1)	45,38	47,08	48,85	50,44
Senaryo 5 (%10, %10, 0)	82,80	88,55	88,84	91,88
Senaryo 6 (%10, %10, -1)	54,66	58,44	58,67	60,70
Senaryo 7 (%10, %20, 0)	75,90	81,17	81,44	84,22
Senaryo 8 (%10, %20, -1)	50,10	53,57	53,78	55,64