

Kayıt Sistemi Süreç İyileştirmesinde Simülasyon Tekniğinin Kullanımı ve Bir Uygulaması

Meryem PULAT^{1*} , Dilayla BAYYURT² , İpek DEVECİ KOCAKOÇ³ 

Öz

Simülasyon, gerçek sistemin davranışının bilgisayar ortamında taklit edilmesidir. Simülasyon, çalışan bir sistemi değiştirmeden ya da durdurmadan o sistem üzerinde ne türden değişiklikler yapabileceğimizi görmemize olanak sağlar. Aynı zamanda, alternatif senaryolar geliştirerek, gelecek durumda sistem üzerinde yapılabilecek iyileştirmeye dönük değişikliklerin sistem üzerindeki etkilerini görebilmemiz yine simülasyon sayesinde mümkündür. Ayrıca yeni bir sistem tasarlamak istediğimizde, sistemin performansı ve maliyeti göz önüne alınarak sistemin kurulup kurulmaması kararını verebilmemiz için simülasyon önemli bir yöntemdir. Yapılan çalışmada, simülasyon yardımıyla bir eğitim kurumundaki kayıt sürecinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü 2017/2018 eğitim yılı güz döneminde lisansüstü eğitim sisteminde üç gün boyunca toplanan verilerle yapılmıştır. Kayıt altına alınan veriler öncelikle MS Excel'e aktarılarak düzenlenmiştir. Elde edilen verilerle kayıt sistemi sürecinin daha iyi bir hale getirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Arena programı kullanılarak öncelikle mevcut durumun simülasyon modeli geliştirilmiştir. Daha sonra, mevcut durumda yaşanan sorunların ortadan kaldırılmasını amaçlayan senaryolar tasarlanmış ve sistemin gelecek durum simülasyon modeli geliştirilmiştir. Elde edilen sonuçlarla farklı senaryolar önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Simülasyon, Kuyruk Sistemleri, Senaryo Analizi.

The Use and An Application of Simulation Technique in Process Improvement in Registration System

Abstract

Simulation is the imitation of the behavior of the real system in a computer environment. Simulation allows us to see what kind of changes we can make in that system without changing or stopping it. At the same time, by developing alternative scenarios, it is possible to see the effects of the changes on the system that can be made in the future situation. Also, when we want to design a new system, considering the performance and cost of the system, simulation is an important method for us to decide whether the system should be installed or not. In this study, process improvement was aimed at an educational institution by using a simulation method. The study was carried out with data collected for three days in the graduate education registration system of the Dokuz Eylul University Institute of Social Sciences in the autumn period of the 2017/2018 academic year. The recorded data was first organized by transferring it to the MS Excel. It is aimed to improve the registration system process with the obtained data. For this purpose, firstly, the current situation model was developed in Arena. Later, the future simulation model of the system, which was created in order to eliminate the current problems, was developed. Different scenarios are proposed with the results obtained.

Keywords: Simulation, Queuing Systems, Scenario Analysis.

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İzmir, meryem.pulat@deu.edu.tr

²Giresun Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Giresun, dilayla.bayyurt@giresun.edu.tr

³Dokuz Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, İzmir, ipek.deveci@deu.edu.tr

¹<https://orcid.org/0000-0003-0642-5619> ²<https://orcid.org/0000-0001-9930-2313> ³<https://orcid.org/0000-0001-9155-8269>

1. Giriş

Kuyruklar (bekleme hatları) günlük yaşamın bir parçasıdır. Hepimiz bir bankada işlem için, markette ödeme için, bir paket postalamak için ve benzeri durumlarda kuyruklarda bekleriz. Ancak, alışılmadık derecede uzun bekleme rahatsızlık yaratabilmektedir. Beklemek zorunda kalmak sadece küçük bir kişisel sıkıntı değildir. Bir ülkenin halkının kuyruklarda bekleyerek harcadığı zaman miktarı hem oradaki yaşam kalitesi için hem de ülke ekonomisinin verimliliği için önemli bir faktördür. Kuyrukta beklemek sadece insanları etkilemez, beklemeden dolayı büyük verimsizlikler de ortaya çıkar. Örneğin, makinelerin tamir edilmesini beklemek üretim kaybına, boşaltılması için beklenmesi gereken araçlar (gemiler ve kamyonlar dahil) sonraki gönderilerin gecikmesine, kalkmayı veya inmeyi bekleyen uçaklar daha sonraki seyahat programlarının aksamasına ya da bozulmasına, hizmet işlerinin bitiş tarihlerinin gecikmesi gelecekteki işlerin kaybedilmesine sebep olabilmektedir. Kuyruk teorisi (bekleme hattı modeli) de bu tür ihtiyaca karşılık olarak ortaya atılmış ve geliştirilmiş bir teoridir. Uygulamada ortaya çıkan çeşitli kuyruk sistemi türlerini (bir tür kuyruk içeren sistemler) temsil etmek için kuyruk modelleri kullanılır. Her model için formüller, çeşitli koşullar altında gerçekleşecek ortalama bekleme miktarı da dahil olmak üzere ilgili kuyruk sisteminin nasıl çalışması gerektiğini gösterir. Bu nedenle, bu kuyruk modelleri, kuyruk sisteminin en etkili şekilde nasıl çalıştırılacağını belirlemek için çok faydalıdır. Sistemi çalıştırmak için çok fazla hizmet kapasitesi sağlamak aşırı maliyetler gerektirir. Ancak yeterli hizmet kapasitesi sağlanmaması da aşırı beklemeye neden olur. Modeller, hizmet maliyeti ile bekleme miktarı arasında uygun bir denge bulunmasını sağlamayı amaçlar (Hillier ve Lieberman, 2015). Model, bir sistemin veya sürecin tasarımı iken, simülasyon modeli ise, zamanı ve zaman içinde meydana gelen değişiklikleri içeren bir temsildir. Bir model, sistemin veya sürecin mantıksal, matematiksel ve yapısal yönlerini içerebilir (Carson, 2004). Simülasyon, sistemi kontrol eden faktörleri belirlemek ve anlamak veya sistemin gelecekteki davranışını tahmin etmek (tahmin etmek) için mevcut veya önerilen sistem modellerini oluşturma süreci olarak tanımlanmaktadır. Denklemler veya kurallar kullanılarak nicel olarak tanımlanabilen neredeyse tüm sistemler simüle edilebilir. Simülasyon, analistin sistemin bir dizi parametre altında ne kadar iyi performans gösterdiğini anlamasına yardımcı olur.

Simülasyonun kapsamı başta imalat sektörü, tedarik zinciri, ulaşım sistemleri, bilgisayar bilgi sistemleri, hizmet sistemleri olmak üzere daha birçok sistemi olmak üzere son derecede geniştir. Hizmet sistemlerinden biri de eğitim sektörüdür ve bunun bir örneği de üniversite öğrenci kayıt sürecidir (Marsudi, 2020). Üniversite öğrenci kayıt sürecine dair ilk örnek 2018 yılında 38. Yöneylem Araştırması Endüstri Mühendisliği (38. YA/EM) Ulusal Kongresi'nde 'Kayıt Sistemleri Süreç İyileştirmesinde Simülasyon Tekniğinin Kullanımı ve Bir Uygulaması' başlığıyla tarafımızca sunulmuştur (Pulat vd., 2018). Yapılan çalışma da bu çalışmadan türetilmiştir. Çalışmada, Dokuz

Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü lisansüstü öğrenci kayıt sisteminin simülasyon tekniği ile modellenerek analiz edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada öğrenci bekleme sürelerinin minimize edilmesi, kayıt sisteminde görevli optimal personel sayısının tespit edilmesi gibi etmenlerle sürecin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü 2017-2018 Güz Dönemi 3 günlük lisansüstü öğrenci kayıt süreci verileri kayıt altına alınmıştır. Kayıt altına alınan veriler Microsoft Excel programına aktarılmış ve Arena simülasyon programı ile analiz edilmiştir.

2. Sistem Simülasyonu

Sistemlerin veya süreçlerin geliştirilmesi için çeşitli değişikliklerin ve gözlemlerin yapılabileceği araştırma ve deneylere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu deneyleri gerçek sistem, gerçek sisteme benzetilen fiziksel maket-model, analitik veya mantıksal model ve simülasyon üzerinde sanal olarak yapmak mümkündür. Gerçek sistem üzerinde deney yapmak genellikle birçok olumsuzluğa sebep olmaktadır. Bir imalat hattını düşünecek olursak yapılacak denemelerde akışın durdurularak aparat, tezgâh veya süreç eklenmesi gibi hattın normal akışını etkileyerek üretimin aksamaması, ürün sayısı ve kalitesinin olumsuz etkilenmesi gibi bozucu ve tahrip edici bir etkiye sahip olacaktır. Bu yüzden gerçek sistem üzerinde deneme yapmanın maliyeti çok yüksektir. Bunun yanı sıra birçok sistemde de gerçek sistem üzerinde deneme yapmak mümkün olmamaktadır. Buna örnek olarak sürekli çalışması gereken bir çimento fabrikası ve yüksek sıcaklıkta çalışan sürekli döküm sistemleri verilebilir. Ayrıca roket, mermi, uçak ve bunlar gibi sistemler üzerinde değişiklik yapmak teknik ve ekonomik açıdan mümkün olmayabilir.

Gerçek sistemin maket model çalışması uzun zaman alabilmekte ve/veya deneylerin tekrar edilmesi gerektiğinden maliyet önemli ölçüde artabilmektedir. Bu yüzden gerçek sistemin fiziksel maket-modeli çok nadir tercih edilmektedir. Dolayısıyla, deneyler analitik veya mantıksal model ve simülasyon üzerinde yapılmaktadır (Ayvaz, Kuşakçı ve Borat, 2017).

Sistemler çoğunlukla analitik modeller kullanılarak modellenemeyecek kadar karmaşık mantıksal yapıya sahiptir. Gerçek hayatta çoğu üretim ve servis sistemi için de bu geçerlidir. Aynı zamanda, sistemler modelledikten sonra çözüme ulaşmak çok karmaşık olabilmekte ve çok uzun zaman alabilmekte ya da çözümü mümkün olmayabilmektedir. Bu gibi durumlar göz önüne alındığında, daha sonra da değineceğimiz simülasyonun önemi ve avantajları düşünüldüğünde, simülasyonun kullanılması analiste önemli derecede kolaylık ve hızlı sağlayacaktır.

Simülasyon, gerçek hayattaki bir sürecin veya sistemin işleyişinin zamana göre taklit edilmesidir. Sistemin taklit edilerek gözlemlenmesi amacıyla yapay bir geçmiş oluşturulur ve temsil edilen gerçek sistemin çalışma özelliklerine ilişkin çıkarımlarda bulunulur (Banks, 1999). Sistemlerin

tasarımı, modellenmesi, analizi ve optimizasyonu için kullanılan bu yöntem güçlü ve popüler bir araçtır (Ayvaz vd., 2017). Schriber'e göre "Simülasyon, bir sürecin veya sistemin, zaman içinde gerçekleşen olaylara tepkisini taklit edecek şekilde modellenmesini içerir". Kompleks bir sistemin ilişkilerini göstermek, farklı koşulların sürece olan etkisini incelemek, çalışan sistemin işleyişi aksatılmadan yani herhangi bir zaman ve/veya para kaybına yol açmadan sistemin iyileştirilebilmesi ve analitik çözümün doğrulanabilmesi için simülasyon yöntemi teknolojik gelişmeler sayesinde test edilebilmesi zor olan farklı senaryoların bilgisayarda modellenmesi olanaklıdır. Böylece karar vericiler, sistemin simülasyon modelini kurarak belirli hedeflere ulaşabilmek için alternatif senaryoları deneyerek en uygun kararları verebilirler (Kuvvetli ve Rızvan, 2017; Shannon, 1992).

Simülasyon yöntemi farklı avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Simülasyon yönteminin avantajları şu şekildedir (Takcı ve Doğan, 2013; Shannon, 1992; Aksoy, 2011):

- Çoğu karmaşık sistem analitik olarak değerlendirilip matematiksel modellerle ifade edilemez.
- Devam eden operasyonları aksatmadan yeni politikaları, işletim prosedürlerini, karar kurallarını, organizasyon yapılarını, bilgi akışlarını vb. keşfetmek için kullanılabilir.
- Yeni donanım tasarımları, fiziksel düzenler, yazılım programları, ulaşım sistemleri, vb. kaynaklar uygulamaya başlamadan önce test edilebilir.
- Bazı fenomenlerin nasıl veya neden oluştuğuna dair hipotez fizibilite açısından test edilebilir.
- Simülasyon ile mevcut sistemin farklı koşullardaki performansının tahmini kolaylıkla gerçekleştirilebilir.
- Önerilen farklı sistem tasarımları içinde hangisinin belirlenen hedef için en iyi uyumu göstereceği simülasyon modeli ile bulunabilir.
- Sistem bir defa modellendiğinde sonrasında farklı durumları analiz edebilmek için çok defa kullanmak mümkündür.
- Simülasyon, süreçlerin evrenselliklerini ön plana çıkararak dinamik yapıların incelenebilmesine olanak sağlar.

Simülasyon yönteminin dezavantajları ise aşağıdaki gibi sıralanabilir (Takcı ve Doğan, 2013; Shannon, 1992; Aksoy, 2011):

- Modeli geçersiz kılacak kritik varsayımları gizleyebilir.
- Deterministik problemler için uygulanamamaktadır.
- Bir çözüm metodolojisi ortaya koyamayabilir.
- Optimal çözümü garanti edememektedir.
- Model oluşturma bir sanattır. Karmaşık ve kapsamlı modellerin kurulması uzmanlık gerektirir. Analizin kalitesi, modelin kalitesine ve modelcinin becerisine bağlıdır.

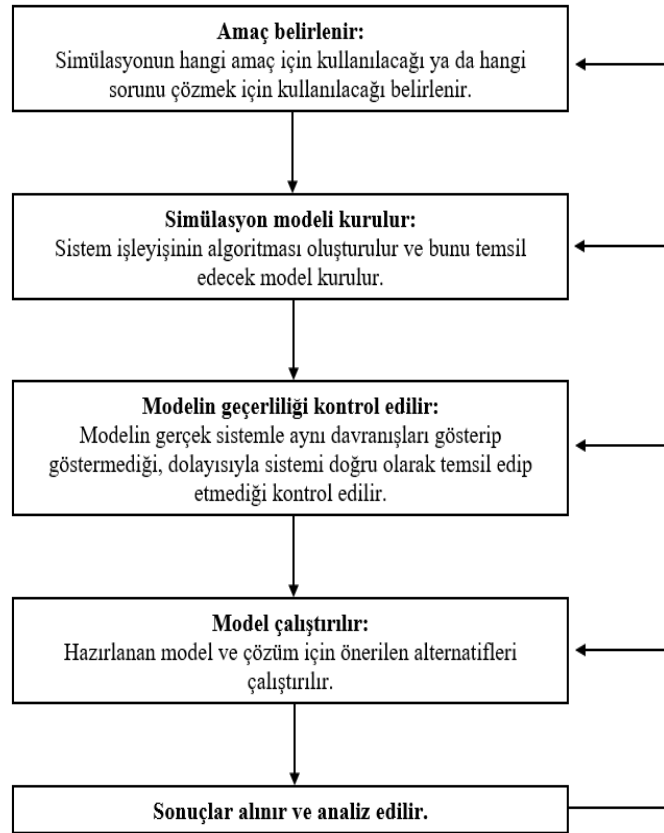
○ Verilerin toplanması, modelin kurulması ve analiz edilmesi yüksek maliyete neden olabilir.

Simülasyonun kullanılmayacağı haller ise şu şekilde verilmiştir (Ayvaz ve ark., 2017):

- Problem analitik olarak çözülebiliyorsa,
- Deneyler zaman ve maliyeti olumsuz etkilemeyecek şekilde gerçekleştirilebiliyorsa,
- Sorun sağduyu ile çözülebiliyorsa,
- Optimum çözümünün bulunması isteniyorsa,
- Simülasyon çalışmasının getirdiği maliyet tasarrufu aşıyorsa,
- Kaynak ve veri yeterli değilse,
- Sistem davranışı insan davranışı gibi çok karmaşık ise simülasyon çalışmasına girilmemelidir.

Ne tür sistemlerin simüle edilebileceği sorusu dikkate alındığında cevap, hemen hemen her tür sistemin üzerinde çalışılabileceği veya incelenebileceğidir. Bu metodolojinin geniş uygulama yelpazesini sınıflandırmak neredeyse imkansızdır.

Bir simülasyon çalışmasındaki aşamalar Şekil 1'de verilmiş ve bu çalışmanın uygulama kısmında da bu aşamalar sırasıyla izlenmiştir.



Şekil 1. Simülasyon çalışmasında izlenmesi gereken adımlar

Kaynak: (Özfiat ve ark., 2015)

3. Simülasyon Uygulaması

Bu çalışmada amaç, lisansüstü öğrenci kayıt sistemi sürecinin iyileştirilmesi için simülasyon modellemesi ile senaryo analizleri yapılmasıdır. Bu amaçla kayıt tarihleri boyunca sisteme giren tezli yüksek lisans, tezsiz yüksek lisans ve doktora öğrencilerine dair veriler (öğrencinin sisteme girişi, sistemden çıkışı, vb.) ve süreçlere ait veriler (dosya verme, belge kontrol, kayıt gibi süreç işlem süreleri) tutulmuştur. Böylece, mevcut durum simülasyon modeli kurularak yoğunluk ve darboğaz alanları belirlendikten sonra, kayıt işleminin daha kısa sürede daha az kaynak (personel) kullanımı ile gerçekleştirilebilmesi için alternatif senaryolar geliştirilmiş, geliştirilen senaryolar mevcut durum ile karşılaştırılarak önerilerde bulunulmuştur.

Bu amaçla, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü 2017-2018 Güz Dönemi 3 günlük lisansüstü öğrenci kayıt süreci verileri gözlem yolu ile kayıt altına alınmıştır. Kayıt altına alınan veriler MS Excel'e aktarılarak gelişler arası süreler hesaplanmıştır. Sistemin modellenmesinde ARENA simülasyon yazılımı kullanılmıştır. Arena Input Analyzer ile gelişler arası sürenin dağılımı belirlendikten sonra Rockwell Arena Simülasyon Programı ile simülasyon modeli kurulmuş ve çıktılar Arena Output Analyzer ile analiz edilmiştir.

ARENA, SIMAN'ı da piyasaya süren System Modelling firması tarafından geliştirilen ve 2000 yılında Rockwell Automation şirketi tarafından satın alınan, Windows ara yüzüne sahip popüler bir simülasyon ve otomasyon yazılımıdır. SIMAN işlemcisini ve simülasyon dilini kullanarak, mevcut performansı ve olası alternatif çalışma modlarını analiz etmek için tedarik zinciri, süreç, lojistik, servis sistemleri, dağıtım ve depolama gibi birçok sistemi simüle etmek için yaygın olarak kullanılır. Bir süreç modelini simüle ederek, kaynak tahsisini ayarlamak, mevcut veya yeni tasarımları analiz etmek, iyileştirmek ve yeni çözümler önermek için kullanılmaktadır. Arena programı, başarılı bir simülasyon için gerekli olan animasyon, giren ve çıkan verinin analizi gibi fonksiyonları ayrıntılı ve kapsamlı bir şekilde içermektedir (Wang ve ark., 2009; Ayvaz ve ark., 2017).

3.1. Mevcut Durum

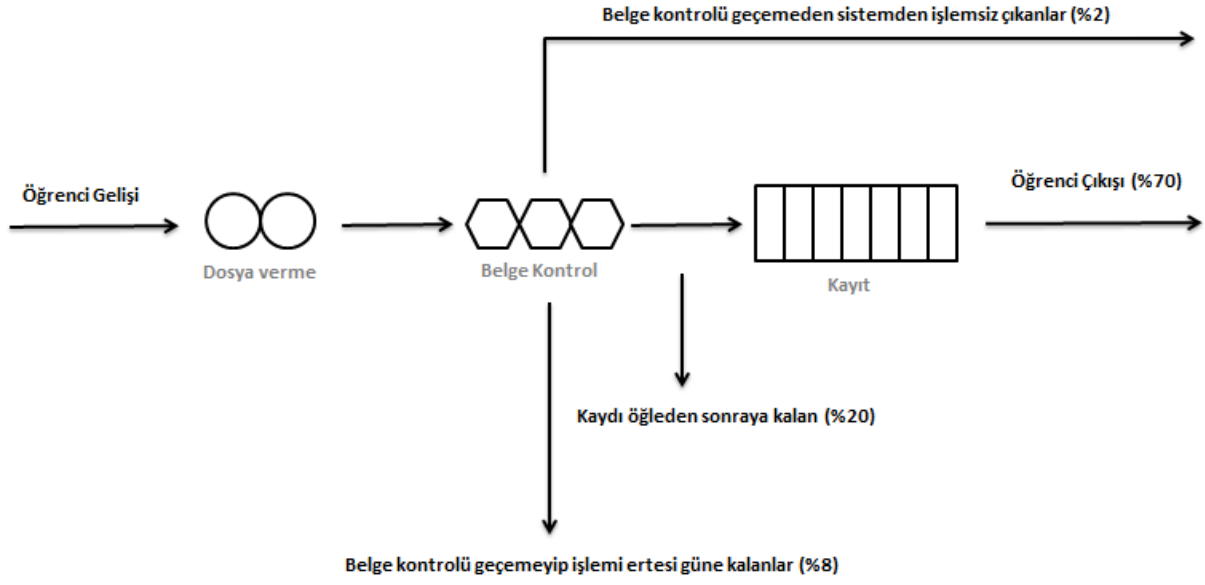
Kayıt sisteminde bekleme ne kadar az olursa öğrenci memnuniyeti o kadar yüksek olacaktır. Öte yandan öğrencilerin bekleme sürelerinin olması gerekenden daha düşük bir seviyeye çekilmesi de bazen bazı sorunları meydana getirebilecek, yani kaynak israfına yol açabilecektir. Böylece sistemde fazla hizmet kapasitesi sağlamak işgücünün verimsiz kullanılmasına neden olacaktır. Kurulan modeller ve yapılan analizler sayesinde uygun bir denge bulunması amaçlanmıştır. Ayrıca karmaşık sistemlerin modellenmesinde oldukça başarılı olması sebebiyle çalışmada simülasyon yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir.

Kayıt sistemine ait kavramsal model aşağıda gösterilmiştir. Sistemin 3 günde tamamlanması gerektiğinden ve devamlılık söz konusu olduğundan kavramsal model sabah ve öğleden sonra olarak ayrı ayrı ele alınmış ve Şekil 2 ve Şekil 3'te verilmiştir.

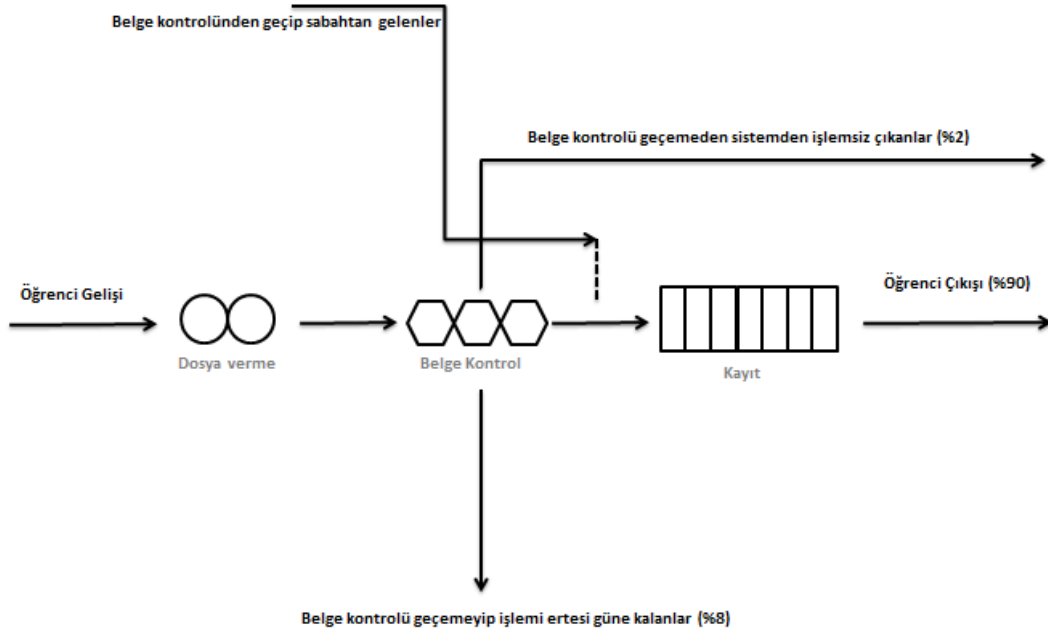
Sistemde sabah kısmı için, sisteme giren öğrenci ilk olarak dosyasını almaktadır. Bir sonraki aşamada öğrencinin kayıt için istenilen belgelerinin kontrolü sağlanmaktadır. Belge kontrolü aşamasında sorun çıkan ve sistemden işlemsiz çıkan öğrenciler için %2'lik bir oran (Yabancı dil puanı olmayan, puanının süresi geçen, yanlış beyanda bulunan, vb.) ve geçici sorun yaşayıp kaydı ertesi güne kalanlar için %8'lik bir oran modele tanımlanmıştır. Kaydını tamamlayarak sistemden çıkan öğrenciler için ise oran %70, kaydı öğle arasına denk gelip öğleden sonraya kalan öğrenciler için ise %20 tanımlanmıştır.

Sistemde öğleden sonra kısmı için ise, aynı şekilde sisteme yeni giren öğrenci ilk olarak dosyasını almaktadır. Belge kontrolü aşamasında aynı şekilde, sorun çıkan ve sistemden işlemsiz çıkan öğrenciler için %2'lik bir oran ve geçici sorun yaşayıp kaydı ertesi güne kalanlar için %8'lik bir oran modele tanımlanmıştır. Sabahtan gelen öğrenciler de yine modelin bu kısmına eklenmiştir. Kaydını tamamlayarak sistemden çıkan öğrenciler için ise oran %90 olarak belirlenmiş ve gelen bütün öğrencilerden belge kontrolünü geçenlerden hiçbiri ertesi güne bırakılmamıştır. Kayıtlar tek günde tamamlanmaktadır.

Sistemde lisansüstü eğitime kayıt olan öğrencilerin %11,81'i doktora programına, %56,21'i tezli yüksek lisans programına ve %31,96'sı ise tezsiz yüksek lisans programına kayıt olmuştur. Öğrencilerin %41,52'si 1.gün, %41,41'i 2.gün ve %17,06'sı ise 3.gün kayıtlarını gerçekleştirmiştir. Sabah ve öğleden sonra için ayrı ayrı bakıldığında ise öğrencilerin %47,39'unun sabah ve %52,61'inin ise öğleden sonra kayıt yaptırmak üzere geldiği görülmektedir. Sistemde dosya verme sürecinde 2, belge kontrolü sürecinde 3 ve kayıt sürecinde ise 7 personel görev almaktadır.



Şekil 2. Kavramsal Model (Sabah)



Şekil 3. Kavramsal Model (Öğleden Sonra)

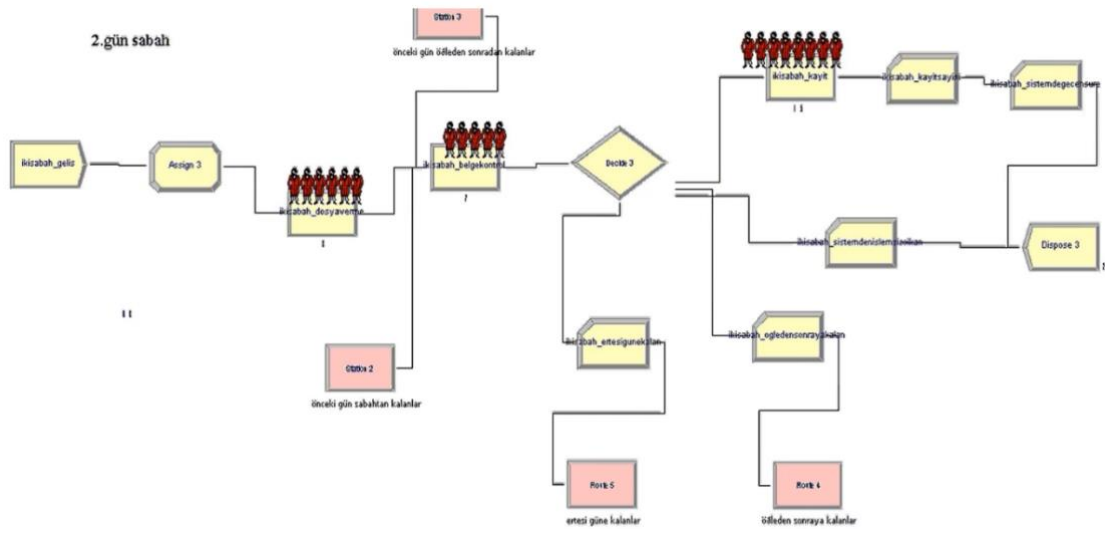
3.2. Simülasyon Modeli

Sisteme ait varsayımlar aşağıda özetlenmiştir:

- Personel sayıları simülasyon süresince sabit tutulmuştur.

- Kuyruk tipi FIFO (First In First Out- İlk Giren İlk Çıkar) olarak belirlenmiştir.
- Her süreç personelinin sadece kendi sürecinde çalıştığı, başka birimde çalışmadığı varsayılmıştır.
- Personelin performansı hep aynı kalmaktadır.
- Sabah belge kontrolünden geçemeyen kişiler ertesi güne kalmaktadır.
- 3.gün belge kontrolünden geçemeyen kişiler o gün öğleden sonraya kalmaktadır (Son gün olmasından dolayı).

Şekil 4'te mevcut durum simülasyon modeline ait daha ayrıntılı olması ve incelenebilmesi açısından modelin 2. gün sabahına ait kısım verilmiştir.



Şekil 4. Mevcut Durum Simülasyon Modeli (Kısmi)

3.3. Simülasyon Modeli

3.3.1. Girdi Analizi (Input Analyzer)

Toplanan verilerin istatistiksel testlere tabi tutularak, dağılımlara uygunluklarının belirlenmesine, simülasyonda girdi analizi denilmektedir (Kezer, 2003). Girdi analizi, girdi verisinin analizini yapar. Simülasyon modelini oluşturabilmek için ihtiyaç duyulan gelişler arası süre (dakika cinsinden) ve servis süresi gibi bilgilerin elde edilmesinde faydalanılır. Geliş sıklığı, MS Excel yardımıyla hesaplanmıştır. Arena ile girdi analizi için oluşturulan veri tabanı bir txt dosyası formatında kaydedilir. Fit All sekmesi kullanılarak elde edilen verilerin en uygun olduğu dağılım bulunur. Geliş sıklığına ait verilerin Arena Input Analyzer Programı yardımıyla istatistiksel dağılım analizi yapıldığında uygun dağılımlar ve parametreleri Tablo 1'de verilmiştir. Verilerin dağılımlara

uygunluğuna karar verilirken Ki-kare testi ve ortalama hata kare ölçütleri kullanılmaktadır. Elde edilen dağılımın doğruluğu, Ki-kare testi sonucuna bakılarak anlaşılır. Test sonucu elde edilen p değeri α düzeyinden yüksek ise teorik dağılımların verileri temsil edebileceği sonucuna ulaşılır ve minimum ortalama hata kareye sahip olan dağılım seçilir. Elde edilen dağılımın sonucu Arena Simülasyon modelinde kullanılmıştır. Aynı zamanda Arena, kullanıcının alternatif giriş senaryolarını tanımlamak için girdi dağılımıyla ilgili parametreleri değiştirmesine izin verir (Deryahanoğlu, 2020). 3 günün sabah ve öğleden sonra kısımlarına göre ayrı ayrı yapılan istatistiksel dağılımlarının genel olarak özeti Tablo 1’de belirtilmiştir.

Tablo 1. Gelişler Arası Sürelerin Dağılımı ve Parametreleri

Gün	Günün Bölümü	Dağılım	Açıklama
1. gün	Sabah	Lognormal	Logn (1.7, 1.52)
	Öğleden Sonra	Lognormal	Logn (1.41, 1.12)
2. gün	Sabah	Gamma	Gamm (0.543, 2.43)
	Öğleden Sonra	Gamma	Gamm (0.736, 2.04)
3. gün	Sabah	Lognormal	Logn (2.15, 2.07)
	Öğleden Sonra	Lognormal	Logn (3.38, 3.19)

Süreçlere ait mevcut kaynaklar (personel sayısı) ve her bir kaynağın dakika cinsinden işlem süreleri Tablo 2’de belirtilmiştir.

Tablo 2. Mevcut Kaynaklar (Personel Sayısı) ve Her Bir Kaynağın İşlem Süresi (Dakika)

İşlem	İşlem Süresi	Personel Sayısı
Dosya verme	3	2
Belge kontrol	4	3
Kayıt	14	7

3.3.2. Çıktı Analizi (Output Analyzer)

Simülasyon çalışmasında elde edilen sonuçların anlamlı olabilmesi için çıktı analizi gerçekleştirilmektedir. Simülasyon modeli, başlangıç anında hiçbir varlığın olmadığı (boş olduğu) koşullu ile başlar. Başlangıçtaki koşullarının sonuçları etkilememesi için sistem belirli bir süre çalıştırılarak elde edilecek sonuçlardan bu periyodun (ısınma periyodu) atılması gerekmektedir. Isınma periyodunu belirleyebilmek için Welch yöntemi kullanılmıştır. Grafikselsel analiz yöntemi olan bu yöntemde, belirlenen bir w sayısı kadar kayan ortalama alınarak performans ölçütünün simülasyon uzunluğu boyunca grafiği çizilir. Ortalama değerlerinin düzgün bir doğrultuda ilerlemeye başladığı nokta ısınma periyodu olarak ele alınmaktadır. Bu çalışmada, performans ölçütü olarak ortalama sistemde kalma süresi alınmıştır (Kuvvetli ve Rızvan, 2017).

Tekrar sayısını belirleyebilmek için bağıl hataya bağlı sabit örnek büyüklüğü yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemle göre ilk olarak n tekrar alınır. Daha sonra n tekrar için ortalama ve varyans hesaplandıktan sonra i adet tekrar için uygunluk denklemi 1'deki gibi değerlendirilir (Kuvvetli ve Rızvan, 2017).

$$n_i^*(\gamma) = \left\{ i \geq n: \frac{t_{i-1,1-\alpha/2}\sqrt{S^2/i}}{|\bar{X}(n)|} \right\} \leq \gamma^I \quad (1)$$

$\bar{X}(n)$ = n tekrar ortalaması

S^2 = n tekrar varyansı

$t_{i-1,1-\alpha/2}$ = t dağılım değeri

γ = hata oranı

γ^I = bağıl hata ($\gamma/(1 + \gamma)$)

Çalışmada bağıl hataya bağlı sabit örnek büyüklüğü yöntemi sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3. Modele Uygun Belirlenen Tekrar Sayısı

	Tekrar Sayısı= 10
Ortalama	25,61
Varyans	5,35
T Dağılım Değeri	2,228
Bağıl Hata	0,09
Tekrar Uygunluk Değeri	0,064

Çıktı analizi kullanıcılara, simülasyon modellerinden üretilen sonuçların istatistiksel güvenilirliğini değerlendirebilme imkânı sağlar. Korelogramlar, t-testleri, veri filtreleri, hareketli ortalamalar, varyans analizi ve güven aralıkları gibi yaygın olarak kullanılan çıktı verilerine ilişkin test işlemleri mevcuttur. Bu testler, kullanıcıların sistem performansını tanımlamasına ve değerlendirmesine veya farklı senaryoları değerlendiren iki veya daha fazla simülasyon çalışmasının sonuçlarını karşılaştırmasına olanak tanır. Çıktı analizi, bir simülasyon çalışması yürütebilecek ve daha sonra sistem performans özelliklerini görüntüleyecek seçenekleri seçebilecek şekilde Arena'ya entegre edilmiştir (Hammann ve Markovitch, 1995). Girdi değişkenlerinin değerlerini üretmek için rassal sayı üreteçleri kullanıldığından simülasyon modelinin bir kere çalıştırılması ile elde edilen çıktı da rassal olacaktır. Bu nedenle istatistiksel çıktı analizine ihtiyaç duyulmaktadır.

3.3.3. Mevcut Durum Simülasyon Analizi Sonuçları

Mevcut sistemde kayıt süreci üç gün sürmektedir. Gün içerisinde 08:30 ile 17:30 arasındaki çalışma süresinde 12:00-13:00 saatleri arasında öğle molası verilmektedir. Mola süresi çıkartıldığında 8 saat çalışılmaktadır. Mevcut sistem modellenmiş, geliştirilen simülasyon modelinde, simülasyon süresi 3 gün için 24 saat olarak ve tekrar sayısı ise bağıl hataya bağlı sabit örnek büyüklüğü yöntemine göre 10 olarak belirlenerek çalıştırılmıştır. Sonuçlar, Arena simülasyon modelleme ortamında yer alan “Output Analyzer” aracı yardımıyla %95 güven düzeyinde ($\alpha = 0.05$ seçerek) analiz edilmiştir ve sonuçlar aşağıda Tablo 4’te özetlenmiştir.

Tablo 4 incelendiğinde en yüksek kuyrukta bekleme sürelerinin kayıt sürecinde meydana geldiği görülmektedir. Özellikle yoğunluğun en çok olduğu birinci ve ikinci günlerin öğleden sonralarında kayıt sürecinde önemli bir kuyruk oluşmaktadır.

Tablo 5’e bakıldığında kaynak kullanım oranlarının genellikle yoğun olan ilk iki günde neredeyse tam kapasiteye yakın olduğu görülmektedir. Oranların son gün ise ilk iki güne nispeten daha düşük seviyelerde olduğu görülmektedir.

Sistemde geçen sürelerin ortalaması için Tablo 6’ya bakıldığında, en yüksek sürelerin yoğunluğun en yüksek seyrettiği ilk iki günün öğleden sonraları olduğu görülmektedir.

Tablo 4. Süreçlere Göre Kuyrukta Bekleme Süreleri (Dakika)

		Dosya verme		Belge kontrol		Kayıt	
		Ortalama	Yarı genişlik	Ortalama	Yarı genişlik	Ortalama	Yarı genişlik
1.gün	Sabah	3,37	1,36	0,06	0,03	8,37	4,62
	Öğleden Sonra	22,39	6,10	0,10	0,10	66,06	3,92
2.gün	Sabah	30,02	3,71	7,26	2,74	16,21	5,43
	Öğleden Sonra	10,80	4,77	0,05	0,08	70,99	4,10
3.gün	Sabah	0,92	0,24	0,55	0,13	1,37	0,54
	Öğleden Sonra	0,14	0,06	0,05	0,01	4,16	1,85

Tablo 5. Kaynak Kullanım Oranları (%)

		Dosya Verme	Belge Kontrol	Kayıt
1.gün	Sabah	77	87	90
	Öğleden Sonra	86	98	97
2.gün	Sabah	98	99	96
	Öğleden Sonra	85	96	97
3.gün	Sabah	75	70	78
	Öğleden Sonra	45	45	86

Tablo 6. Sistemde Geçen Süre (Dakika)

		Ortalama	Yarı Genişlik
1.gün	Sabah	32,81	5,11
	Öğleden Sonra	125,87	7,22
2.gün	Sabah	93,83	7,19
	Öğleden Sonra	126,39	7,28
3.gün	Sabah	66,54	3,90
	Öğleden Sonra	104,70	7,38

3.3.4. Simülasyon Modelin Doğrulanması ve Geçerliliğinin Test Edilmesi

Simülasyon çalışmasının en önemli aşamalarından biri kurulan modelin doğruluğunun (verification) ve geçerliliğinin (validation) test edilmesidir. Simülasyon modeli istenilen şekilde çalışmıyorsa ve gerçek sistemi doğru şekilde yansıtamıyorsa, bu modeli karar vermek amacıyla kullanmak doğru değildir. Bu nedenle, mevcut duruma ilişkin simülasyon modeli hem doğrulanmalı hem de modelin geçerliliği gösterilmelidir (Kırıcı ve ark., 2011).

Doğrulama (Verification): Simülasyon modelinin gerçek sistemi aynı şekilde yansıttığını doğrulayabilmek amacıyla gerçekleştirilmektedir (Takcı ve Doğan, 2013). Modeldeki varlıkların (entity), oluşturma (create) modülüyle sisteme ilk girişinden bitiş (dispose) modülüyle sistemden çıkışına kadar olan bütün adımları, interaktif hata ayıklayıcı (interactive debugger) kullanılarak adım adım izlenmiş ve varlıkların (entity) sistemdeki bütün adımlardan sırasıyla geçtikleri gözlenmiştir. Böylece, kurulan simülasyon modelinin doğrulandığı sonucuna varılmıştır. Yani kurulan model gerçek sistemi yeterince temsil edebilmektedir.

Validation (Geçerlilik): Simülasyon modelinden elde edilen çıktılar ile gerçek sisteme ilişkin çıktılar karşılaştırılmasının yapıldığı bir aşamadır (Takcı ve Doğan, 2013). Model davranışının,

simüle edilen gerçek dünya sisteminin davranışını geçerli bir şekilde temsil edip etmediğini tespit eder. Çalışmada, simülasyon sonuçlarının gerçek sistemi yansıtıp yansıtmadığını ölçmek için geçerliliği test edilmiştir. Bu amaçla gerçek sistemden alınan gözlemlerle simülasyon sonuçları Mann Whitney U testi ile kıyaslanmıştır. Buna göre, gerçek sistemle simülasyon sonuçlarının %95 güvenle aynı dağılımdan geldiği sonucuna ulaşılmıştır. Sonuç olarak, kurulan simülasyon modelinin gerçek sistemi yansıttığı söylenebilir. Gerçek sistem bekleme süreleri ile model bekleme süreleri karşılaştırılmış ve oldukça yakın değerler elde edilmiştir.

3.4. Mevcut Durum için Alternatif Senaryolar

Mevcut sistemde bazı sorunlar gözlenmektedir. Bu çalışmanın ana amacı, incelenen lisansüstü öğrenci kayıt sisteminin iyileştirilmesi için öneriler sunmaktır. Bu amaçla, mevcut durumda yer alan sorunları gidermek için mevcut durum simülasyon modeline alternatif senaryolar önerilmiştir. Belirlenen iyileştirme önerileri aşağıda yer almaktadır:

Senaryo 1: 1.gün öğleden sonra kayıta çalışan personel sayısının 1 artırılması.

Senaryo 2: 2.gün öğleden sonra kayıta çalışan personel sayısının 1 artırılması.

Senaryo 3: 1.gün öğleden sonra; belge kontrol ve dosya verme süreçleri belge kontrol süreci altında birleştirilmesi. Toplamda olan personel sayısı 5 iken 4' e indirilerek, süreç süresi 6 dakika olarak ayarlanmış ve 1 personel kayıt sürecine eklenmiştir.

Senaryo 4: 2.gün öğleden sonra; belge kontrol ve dosya verme süreçleri belge kontrol sürecinin altında birleştirilmesi. Toplamda olan personel sayısı 5 iken 4' e indirilerek, süreç süresi 6 dakika olarak ayarlanmış ve 1 personel kayıt sürecine eklenmiştir. Yukarıda açıklanan alternatif senaryolar doğrultusunda darboğaza sebep olan kayıt aşamasına ait ortalama bekleme zamanları Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Mevcut Durum Simülasyon Modeli ile Alternatif Senaryolardan Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması

	Kayıt Sürecindeki Ortalama Bekleme Zamanı (Dakika)
Mevcut Durum	66.0
Senaryo 1	42.7
Senaryo 2	49.0
Senaryo 3	45.9
Senaryo 4	47.9

Önerilen alternatif senaryoların daha iyi bir çözüm üretip üretmediğinin anlaşılması, yani istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığının görülmesi amacıyla, mevcut sistemle alternatif

senaryoların oluşturduğu sistemlerin kıyaslanması için ikili t-testi uygulanmıştır. İkili t-testi sonuçlarına göre mevcut durum bekleme zamanı ile alternatif senaryolar bekleme zamanı karşılaştırıldığında istatistiki olarak anlamlı bir farklılık olduğu sonucuna varılmıştır. Tablo 7' deki sonuçlar dikkate alınarak Senaryo 1'in seçilmesi önerilmekle birlikte diğer senaryoların da hem uygulanabilirlik açısından hem de istatistiksel anlamlılık açısından iyi sonuçlar verdiğini söyleyebiliriz.

Tablo 8'de mevcut durum ile alternatif senaryolara ilişkin kıyaslama sonuçları verilmiştir. Tüm alternatif senaryolarda kayıt aşamasındaki ortalama bekleme zamanları mevcut duruma göre istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş göstermiştir. Tablo incelendiğinde Senaryo 1'in en büyük düşüşe sahip olduğunu söyleyebiliriz. Bununla birlikte, diğer senaryolar arasında önemli farklılık bulunmamaktadır. En uygun senaryoyu belirlemede birçok faktör etkili olacağı için çok yönlü olarak düşünülmeli ve değerlendirme ona göre yapılmalıdır.

Tablo 8. Kıyaslama Sonuçları

i-j	$\bar{X}_i - \bar{X}_j$	Orta Genişlik	Aralık	
Mevcut Sistem- Senaryo 1	19,9	4,93	15	24,9
Mevcut Sistem- Senaryo 2	13,3	5,24	8,07	18,05
Mevcut Sistem- Senaryo 3	18,3	4,87	13,4	23,1
Mevcut Sistem- Senaryo 4	16,7	5,23	11,4	21,9

4. Sonuçlar

Kuyruk teorisi temel olarak, hizmet sağlama maliyeti ile bekleme hatlarının maliyeti arasında bir denge olacak şekilde, kapasitenin nasıl dağıtılacağıın bulunması sorununu ele alır. Bu amaçla kuyruk modelleri, bekleme sürelerini açıklar, tahmin eder ve darboğazları belirleyerek bunlardan kaçınmaya yardımcı olur (Davwar vd., 2022). Simülasyon ise, bir sistem veya sürecin zaman içinde değişimini kaydeden ve inceleyen bir takliddir (Carson, 2004). Simülasyon çalışmaları yeni bir sistem tasarlanmak istenildiğinde ya da sistemde herhangi bir değişiklik yapmak istenildiğinde sistemin taklit edilerek modellenmesini sağlar. Buradaki amaç sistem performansını ölçerek ekstra maliyetleri azaltmak ve karar verme sürecini kolaylaştırmaktır. Özellikle karmaşık yapıya sahip, zaman alacak yapıda ya da maliyetli modellerin simülasyon kullanılarak çözümlenmesi oldukça yarar sağlamaktadır. Literatürde kuyruk sistemleri ve bekleme hattı problemleri için simülasyon yöntemi kullanılmasıyla ilgili birçok çalışmaya rastlanılmaktadır. Bu çalışmalar sağlık sektörü çalışmaları (Wang vd., 2009; Kırıcı vd., 2011; Wu vd., 2019; Deryahanoğlu, 2020; Davwar vd., 2022), trafik akış yoğunluğu çalışmaları (Zadobrischi vd., 2020; Güneş vd., 2020), banka sektörü çalışmaları (Amalina vd., 2021) şeklinde sıralanabilir ve örnekler arttırılabilir. Kısacası hizmet kapasitesinin sınırlı olduğu

ve bekleme hattı oluşan birçok sistemde simülasyon çalışmaları mevcuttur. Bütün bunlara karşılık özellikle kayıt sistemleri iyileştirmesine yönelik çalışma literatürde oldukça azdır (Adigun vd., 2022; Marsudi, 2020). 2018 yılında 'Kayıt Sistemleri Süreç İyileştirmesinde Simülasyon Tekniğinin Kullanımı ve Bir Uygulaması' başlığıyla 38. Yöneylem Araştırması Endüstri Mühendisliği (38. YA/EM) Ulusal Kongresi'nde sunduğumuz bildiri bu alanda ilk olma niteliği taşımakta ve bu çalışmamızın temelini oluşturmaktadır (Pulat vd., 2018).

Bu çalışmanın amacı lisansüstü öğrenci kayıt sisteminin simülasyon tekniği ile modellenerek öğrenci bekleme sürelerinin minimize edilmesi, kayıt sisteminde görevli optimal personel sayısının tespit edilerek kayıt sistemi sürecinin iyileştirilmesidir. Bu amaçla, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü 2017-2018 Güz Dönemi 3 günlük lisansüstü öğrenci kayıt süreci verileri kayıt altına alınmıştır. Mevcut durum simülasyon modeli kurulmuştur. Özellikle yoğunluğun en çok olduğu birinci ve ikinci günlerin öğleden sonralarında kayıt sürecinde önemli bir kuyruk olduğu gözlenmektedir ve kaynak kullanım oranlarının da genellikle yoğun olan ilk iki günde neredeyse tam kapasiteye yakın olduğu görülmektedir. Yoğunluk ve darboğaz alanları belirlendikten sonra, kayıt işleminin daha kısa sürede işlem adımları arası kaynak kullanım oranlarını dengeleyerek gerçekleştirilebilmesi ile dört alternatif senaryo geliştirilmiştir ve bu alternatiflerin performansı kayıt aşamasındaki ortalama bekleme zamanı açısından karşılaştırılmıştır. İstatistiksel olarak anlamlı fark olup olmadığının anlaşılması amacıyla, mevcut sistemle alternatif senaryoların oluşturduğu sistemlerin kıyaslanması için ikili t-testi kullanılmıştır. Tüm alternatif senaryolarda kayıt aşamasındaki ortalama bekleme zamanları mevcut duruma göre istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş göstermiştir. Kayıt sürecindeki ortalama bekleme zamanında en fazla düşüş senaryo 1 de meydana gelmiştir fakat diğer senaryolar arasında önemli farklılık bulunmamaktadır. En uygun senaryoyu belirlemede bir maliyet söz konusu ise bunun da dikkate alınarak seçimin yapılmasında yarar vardır. Senaryo 1 ve 2 personel artışı olduğunda ek maliyete sebep olmakta, fakat senaryo 3 ve 4'te herhangi bir ek maliyet söz konusu olmamaktadır. Tercih, bu durumu da göz önüne alarak gerçekleştirilmelidir. Lisansüstü öğrenci kayıt süreci için yapılan bu çalışma örnek alınarak, aynı zamanda farklı sektörler için de benzer kayıt süreci sistemlerinde çalışmalar geliştirilebilir.

Yazarların Katkısı

Tüm yazarlar çalışmaya eşit katkıda bulunmuştur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- Adigun, S. O., Ejidokun, T., & Uche-Ihesiulor, E. C. (2022, January). An Executable Model for Student Registration System using Timed coloured Petrinets. In *2022 30th Southern African Universities Power Engineering Conference (SAUPEC)* (pp. 1-5). IEEE.
- Aksoy, S. (2011). *RO-RO terminalleri için simülasyon modellemesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Amalina, I., Siburian, B., Zaman, A. N., & Lestari, F. Analysis of Queue System Simulation on Banks with Arena System Modeling.
- Ayvaz, B., Kuşakçı A.O. ve Borat O. (2017). *Sistem benzetimi*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Banks, J. (1999, December). Introduction to simulation. In *Proceedings of the 31st conference on Winter simulation: Simulation---a bridge to the future-Volume 1* (pp. 7-13).
- Carson, J. S. (2004, December). Introduction to modeling and simulation. In *Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference, 2004.* (Vol. 1). IEEE.
- Davwar, P. P., Okutachi, A., & Musa, N. (2022). Simulation Of Waiting Line System (A Case Study Of Federal Polytechnicidahmedical Center). *GSI, 10*(6).
- Deryahanoğlu, O. (2020). *Acil servis hasta takip süreçlerinde RFID teknolojisi yatırımına yönelik simülasyon modeli*. Doktora Tezi, Maltepe Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Güneş, F., Bayraklı, S., & Zaim, A. H. (2020). Sinyalize bir kavşakta oluşan trafik akımının kuyruk teorisi ile performansının incelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 56-65.
- Hammann, J. E., and Markovitch, N. A. (1995, December). Introduction to Arena [simulation software]. In *Winter Simulation Conference Proceedings* (pp. 519-523). IEEE.
- Hillier, F. S. and Lieberman, G. J. (2015). *Introduction to operations research*. New York: Tata McGraw-Hill.
- Kezer, D. (2003). *Kesikli ve sürekli sistemlerin modellenmesi ve analizinde görsel simülasyon tekniği ve uygulaması*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kırıcı, Ö., Belgin, Ö., ve Testik, M. C. (2011). Hastane poliklinik işlemlerinin verimliliğinin değerlendirilmesi ve iyileştirilmesi için bir simülasyon analizi. *7. KOBİ'ler ve Verimlilik Kongresi* (ss.317-324). İstanbul: İstanbul Kültür Üniversitesi.
- Kuvvetli, Y. ve Rızvan, E. (2017). Ağaç ürünleri üreten bir işletmede malzeme taşıma sisteminin simülasyon yaklaşımıyla iyileştirilmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(1), 215-222.
- Marsudi, M. (2020, August) Modeling and Simulation of Student Registration Process by Using ARENA. *Proceedings of the 5th NA International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Detroit*. USA: Michigan.
- Özfirat, M. K., Yetkin, M. E., Şimşir, F. ve Kahraman, B. (2015). Bir mekanize uzunayağın simülasyon yöntemi ile modellenmesi. *Türkiye Beşinci Uluslararası Maden Makinaları Sempozyumu ve Sergisi*. Eskişehir.
- Pulat, M., Bayyurt, D., Baran, C., ve Devenci Kocakoç, İ. (2018, Haziran). Kayıt Sistemleri Süreç İyileştirmesinde Simülasyon Tekniğinin Kullanımı ve Bir Uygulaması. *38. Yöneylem Araştırması Endüstri Mühendisliği (38. YA/EM) Ulusal Kongresi*. Eskişehir. <https://docplayer.biz.tr/89825158-Bildiriler-kitabi-38-yoneylem-arastirmasi-endustri-muhendisligi-ulusal-kongresi-yaem-haziran-2018-eskisehir.html> (Son Erişim Tarihi: 08.02.2023).
- Shannon, R. E. (1992, December). Introduction to simulation. In *Proceedings of the 24th conference on Winter simulation* (pp. 65-73). USA: Virginia.
- Takcı, E. ve Doğan, N. Ö. (2013). *Bir imalat işletmesinde simülasyon yardımıyla süreç iyileştirme uygulaması: Kayseri Gürkar Tekstil örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Nevşehir.

- Wang, T., Guinet, A., Belaidi, A., and Besombes, B. (2009). Modelling and simulation of emergency services with ARIS and Arena. Case study: the emergency department of Saint Joseph and Saint Luc Hospital. *Production Planning and Control*, 20(6), 484-495.
- Wu, K., Zhu, X., Zhang, R., & Liu, S. (2019, December). Hospital bed planning in a single department based on Monte Carlo Simulation and queuing theory. In *2019 IEEE international conference on industrial engineering and engineering management (IEEM)* (pp. 644-648). IEEE.
- Zadobrischi, E., Cosovanu, L. M., & Dimian, M. (2020). Traffic flow density model and dynamic traffic congestion model simulation based on practice case with vehicle network and system traffic intelligent communication. *Symmetry*, 12(7), 1172.