

Müşteri Şikâyet Değerlendirme Süreçlerinde Kullanılacak Optimum Eleman Sayısının Tespiti İçin Simülasyon Optimizasyonu Yaklaşımı

Vedat ÇEKİCİ^{1*}

¹Çukurova Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Adana-Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-6489-5080>

*Sorumlu yazar: vedatcekici5@gmail.com

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 04.10.2023

Kabul tarihi: 11.01.2024

Online Yayınlanma: 25.06.2024

Anahtar Kelimeler:

Müşteri şikâyetlerini değerlendirme
Kuyruk sistemi
Simülasyon optimizasyonu
Şikâyeti çözme süresi
Müşteri memnuniyeti

ÖZ

Firmalar, katma değerli ve kaliteli ürün-servis sunarak müşterilerini memnun eder ve işlerini sürdürürler. Müşteri memnuniyeti çok sayıda parametreden etkilenir. Bu faktörlerden biri müşteri şikâyetlerinin hızlı ve beklenen kalitede çözülmesidir. Şikâyetlerin hızlı ve doğru bir şekilde çözümlenmesi için gerekli kaynakların sağlanması büyük önem taşımaktadır. Daha önceki birçok çalışmada simülasyon optimizasyon yöntemi uygulanmış olmasına rağmen, müşteri şikâyet sisteminde görevli kişi sayısını ve çalışma saatlerini değiştirerek şikâyet kapatma sürelerini belirleme çalışması yapılmamıştır. Bu araştırma çalışmasında bir şikâyetin alınmasından kapanmasına kadar olan safhalar incelenerek her süreçte harcanan zaman ve kaç eleman kullanılacağı belirlenmektedir. Kurulan model yardımıyla bir miktar personelin azaltılması veya artırılması durumunda şikâyetin kapanma zamanının nasıl değişeceği de belirlenebilmektedir. Çalışmada, personel sayısındaki değişime bağlı olarak personel iş yükündeki değişimler elde edilmiştir, bununla ilgili olarak da şikâyetlerin çözülmesi için ihtiyaç duyulan en uygun personel sayısı ve günlük çalışma saatleri de tespit edilmiştir. Araştırmanın sonucunda çalışan sayısında ve günlük toplam çalışma saatlerinde ~ %49 oranında azalma olduğu ortaya çıkmıştır.

Simulation Optimization Approach to Determine the Optimum Number of Staff to be Used in Customer Complaint Handling Processes

Research Article

Article History:

Received: 04.10.2023

Accepted: 11.01.2024

Published online: 25.06.2024

Keywords:

Customer complaint handling
Queue system
Simulation optimization
Complaint resolution time
Customer satisfaction

ABSTRACT

Companies satisfy their customers by offering value-added and quality products-services and continue their business. Customer contentment is impressed by numerous parameters. One of these factors is the prompt and expected quality resolution of customer complaints. Providing the necessary resources is crucial for resolving complaints quickly and accurately. Although the simulation optimization method has been applied in many previous studies, no study has been conducted to determine complaint closing times by changing the number of people and working hours in the customer complaint system. In this research study, the phases from receiving a complaint to its closure are examined, and the time and number of people spent in each process are determined. With the help of the established model, it can also be determined how the complaint closing time will change if the number of personnel is reduced or increased. In the study, depending on the change in the number of personnel changes in staff workload have been obtained, related to this, the optimal number of personnel and daily working hours needed to resolve complaints were also determined. As a result of the research, it was revealed that there was a 49% decrease in the number of employees and total daily working hours.

To Cite: Çekici V. Müşteri Şikayet Değerlendirme Süreçlerinde Kullanılacak Optimum Eleman Sayısının Tespiti İçin Simülasyon Optimizasyonu Yaklaşımı. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2024; 7(3): 1074-1095.

1. Giriş

Firmalar, kaliteli ürün-servis sunduğu sürece müşterilerini mutlu eder ve ayakta kalabilirler. Müşteri mutluluğuna ise birçok parametre etki edebilmektedir. Müşteri tarafından satın alınan mal veya servisin kullanımının ve bakımının kolay olması, kaliteli, emniyetli, ekonomik olması, servis süresince problem oluşturmaması, problem oluştuğunda etkin çözümler üretilmesi bu parametrelere örnek olarak gösterilebilir. Bu kapsamda tüketici şikâyetlerinin değerlendirilerek memnuniyeti sağlanmayan tüketicilerin tekrar kazanılması çok anlamlıdır. Tüketici buna benzer nitelikleri sağlayan servis ve ürün şartlarında kendisini mutlu hissetmektedir.

Mutlu tüketici sayısını arttırmak firmalar için değerlidir. Bu kapsamda firmaların müşteri problemini çözmeye niyetli olması ve şikâyeti çözmek için uygun kaynak tahsis etmesi gereklidir. Müşteri, iş ilişkisinde olduğu şirkete problem bildirdikten sonra, problemi çözüldüğünde tekrar aynı firmayla ilişkisini devam ettirmektedir, bununla beraber sunulan servisten memnun olmayan müşterilerin yarısının alınan servisten dolayı memnun edilmedikleri düşünülmektedir, fakat bunun yanında, problemi etkin şekilde ele alan şirketlerin ürünlerini-servislerini iyileştirme şansı yakaladıkları ve sadık müşterilere sahip oldukları belirlenmiştir. Problem iletmeyen ve mutsuz olan müşteriler ise sadık kalmamaktadır. Buna rağmen işletmelerin birçoğunun şikâyetleri ele almak ve müşteriye yanıt vermek için yeterli kaynak tahsis etmediği tespit edilmiştir (Estelami, 2000).

Bunun yanında, Çekici ve Yüregir (2020) çalışmalarında, kurumsal şirketlerin, müşteri şikâyet değerlendirme sistemine atadığı eleman kaynağının kurumsal olmayanlardan daha fazla olduğu ve atanan elemanların çalışma zamanlarının yaklaşık yarısının bu iş için harcandığını belirlemiştir.

Müşterilerin ilettiği problemin etkin olarak ele alınması ve müşteriye geri dönüş yapılması, müşterilerin aynı firmadan yeniden satın almasında etkilidir. Çünkü verimli servisin kilit özelliğinden biri problemi olan müşteriye cevap verme hızıyla ilişkilidir, bunun yanında müşteri problemlerini ele alma kusurları, tüketici umutlarını olumsuz olarak etkilemektedir (Davidow, 2003).

Tüketici merkezilik için en anlamlı özelliklerden birisi tüketici sorunlarını gidermektir. Tüketici problemlerini zaman kaybetmeden ve etkili bir şekilde cevaplamak için ise firmanın uygun kaynak tahsis etmesi gereklidir. Bu nedenle en uygun kaynakların tespit edilmesi, atanması ve en yüksek verimde kullanılması önemlidir. Bu kapsamda bu çalışmada temel amaç olarak müşteri şikâyet değerlendirme sisteminde kullanılacak optimum eleman sayısını ve kullanılan elemanların günlük çalışma saatlerini belirlemek hedeflenmiştir.

Çalışmanın giriş kısmında konunun önemi ve amacı, ikinci bölümünde ise daha önce yapılan çalışmalar geniş kapsamlı olarak anlatılmıştır. Üçüncü bölümde kullanılan materyal ve metotlara yer verilmiştir. Çalışmanın zaman dağılımları, simülasyon ve optimizasyon yöntemleri, simülasyon uzunluğu, simülasyon replikasyon sayısı, simülasyon modelinin ısınma (warm-up) periyodu, simülasyon modeline ait amaç fonksiyonu, uygulama kısıtı belirlenmiş ve müşteri şikâyetlerini değerlendirme süreçlerine ait

simülasyon akış çizelgesi verilmiştir. Bu bölümde ayrıca Arena programının çalıştırma verileri ve temel modülleri belirtilmiştir. Dördüncü bölümde simülasyon-optimizasyon ile elde edilen bulgular tartışılmıştır. Beşinci bölümde ise çalışmadan elde edilen sonuçlar ve daha sonra yapılabilecek çalışmalar özetlenmiştir.

2. Önceki Çalışmalar

Araştırmacılar simülasyon ile uygulama yapmaya ilgi göstermiş, kurdukları modelin verimliliğini belirlemek ve iyileştirmek için uygulamada simülasyon optimizasyonu yönteminden faydalanmıştır. İmalat prosesleri üzerine oldukça fazla çalışma olmasına rağmen, servis modelleri ile ilgili simülasyon optimizasyonu çalışmaları sınırlı sayıdadır. Müşteri şikayetlerini değerlendirme ve şikâyet proseslerini iyileştirme ile ilgili yapılan önceki çalışmalar Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Müşteri şikâyetlerini değerlendirme ve şikâyet proseslerini iyileştirme ile ilgili çalışmalar

YIL	YAZAR	PROBLEM	ÇÖZÜM YAKLAŞIMI
1998	Greasley ve Barlow	Bir karakolda çalışacak en uygun kişi sayısını belirleme	Simülasyon yöntemi ile karakol prosesleri analiz edilmiş ve proses değiştirme ile en uygun sayıda personel yerleşimi bulunmuştur.
2002	Baykoç	Fast Food kuyruğunda uzun süre kalan müşteri problemi	Önce Fast Food kuyruk verileri incelenmiş, ardından simülasyon ile başka model içeren seçenek sunulmuştur.
2002	Im ve ark.	Sıfır kusur stratejiye sahip şirketlerde, müşteri şikayetlerini bitirmek	Çalışmada,1000 adet e-iş şikâyeti ve 500 adet anında ulaşılan şikâyet incelenmiştir. Anında ulaşılan müşteri şikayetlerinin çok hızlı çözülmesinin müşteri sadakati için daha önemli olduğu belirlenmiştir.
2003	Mattila ve Mount	Müşteri hizmet merkezlerinin şikâyet değerlendirme sürecine olan etkisinin tespiti	Otellerden anket yolu ile toplanan verilerin değerlendirilmesi ile elde edilen bulgular, şikâyetin ele alınmasının ve müşterinin yeniden satın alma niyetinin, şikâyetlere doğrudan yanıt vermek için geçen zamanla ilişkili olduğunu göstermektedir.
2005	Armaneri	Vantilatör montaj istasyonu için optimal işgücü dağılımının optimizasyon ile incelenmesi.	Arena OptQuest modülü yardımıyla yeni bir model oluşturularak çalışanlar üretim yerlerine dağıtılmış ve vantilatörlerin sistemde kaldığı zamanın en az olması sağlanmıştır.
2009	Akdeniz ve Tatar	İzmir Milletlerarası Üniversite Olimpiyatları nedeniyle uçuş yoğunluğunun optimizasyonu	Uçak hareketi en sık olan gün 100 uçak incelenmiş olup havaalanının olimpiyat yükünü karşılayamayacak derecede olduğu tespit edilmiştir. Kuyruk olmaması için ikinci piste ihtiyaç duyulduğu tespit edilmiştir.
2010	Güler	Katma değer yaratmayan üretim süreçlerini belirleme	Tekstil makineleri için yedek parça üreten bir firmada Simülasyon ile süreçlerde değişiklik yapılmış ve verim artırılmıştır.
2014	Lee ve ark.	Müşteri şikayetlerine cevap verme ve müşteri sorunlarını çözme	Müşteri şikayetlerinin akıllı kullanımı için Ontoloji tabanlı akıl yürütme yapılmıştır. Çalışmada, bilgiye dayalı metodoloji ve kendi kendine öğrenme ile müşteri şikayetlerini çözmek için çözüm sunulmuştur
2015	Einwiller ve Steilen	Büyük şirketlerin sosyal medyadaki Facebook ve Twitter sayfalarında yer alan şikayetleri çözme problemi	Bu çalışmada, büyük şirketlerin Facebook ve Twitter sayfalarında şikayetleri nasıl ele aldıklarını analiz edilmiştir. Analiz düzeltici bir eylem teklif etmeyi, şikâyetçiyi problem çözümünü sağlayabilecek biriyle ilişkilendirmeyi ve şikâyetçiye teşekkür etmeyi içermektedir.
2015	Faed ve ark.	Limanda müşteri olarak kabul edilen sürücülerden toplanan müşteri şikayetlerini çözme problemi	Avustralya'nın Fremantle Limanında sürücülerden toplanan şikâyet verileri, veri zarflama ile analiz edilmiştir. Analizde, tüm bakış açıları önem sırasına göre sıralanmış ve müşterilere fayda sağlamak ve liman verimliliğini artırmak amacıyla optimize edilmiştir.
2016	Liu ve Yen	Otobüs yolcularının şikayetlerini çözme problemi	Büyük veri analizi ile otobüs yolcularının şikayetlerini toplamış ve şikâyet yönetim süreçlerini iyileştirmiştir. Geliştirilmiş kamu sektörü yönetimi için sistem önermişlerdir.
2018	Belgin	İmalat sisteminde en uygun çalışan sayısını bulma	Belli sınırlamalar ile çalışma hatlarında çalışanların işe atanma optimizasyonu simülasyon tekniği ile tespit edilmiştir.
2019	Düzgüt ve ark.	Ev aletleri endüstrisinde satış sonrası teknik servisin verimliliğini artırma problemi	Etkinliği yükseltmek için personele iş atamasına odaklanılmıştır. Teknikerler iş atama için karmaşık tam sayılı programlama modeli oluşturulmuş ve harcanan süre en aza indirilmiştir.

2020	Ahmed ve ark.	Üniversite öğrencileri ve ev halkından 200 katılımcıya ait anket verilerin analizi	Şikayetlerin ele alınması ve anında yanıt verilmesinin, müşteri memnuniyet ve sadakatini arttırdığı ayrıca iş operasyonlarının ekonomik yönlerini arttırdığı sonucuna varılmıştır.
2020	Bahari ve Asadi	Hastane yöneticilerine, acil durumlarda taburculuk süresini optimize etmek ve verimliliği arttırmak	Bu çalışmada, acil servisteki kaynaklar araştırılmış ve acil servisteki hastaların bekleme süresini azaltmak için simülasyon optimizasyon yaklaşımına dayalı olarak bu kaynakların optimal kombinasyonunu sağlanmıştır.
2020	İşgüder	Çalışmada tekrarlı girişli, K-kapasiteli ve üç heterojen kanallı bir kuyruk sisteminin incelenmesi hedeflenmiştir.	Çalışmada 3 kanallı (GI/M/3/K) kuyruk sistemi modellenmiştir. Gelişler arası süre dağılımı üstel, Erlang alınarak matematiksel olarak tanımlanmıştır. Müşteri geliş sürecine göre en iyileme yapılarak, gelişler arası süre dağılımı deterministik olduğunda müşterinin kuyrukta kaybolma olasılığının en küçük olduğu teorik olarak gösterilmiştir.
2021	Baş ve ark.	Bir bulaşık makinesi fabrikasında robot çalışma alanı belirleme ve istasyona çalışan kişileri atama	Çalışma alanlarının seçimine ait yeni bir tam sayılı programlama modeli önerilmiştir. Çalışmada benzer işler sınıflanarak meydan getirilen çalışma yeri miktarı 68%, işçi sayısı 10% düşürülmüş ve vardiya başı üretilen makine sayısı %43 arttırılmıştır
2021	Şenses ve ark.	Bir madencilik şirketi için en az maliyetle yedek parça envanter optimizasyonu	Endüstriyel yağlar için bir vaka çalışması yapılarak optimizasyon modeli kurulmuş. Modelin uygulanmasıyla şirket ekonomik kazançlar sağlanmıştır.
2022	Ordu ve Korhan	Bir tekstil firmasında darboğazları tespit etmek ve malzeme akışını iyileştirmek	Simülasyon yöntemi kullanılarak firmanın kesim departmanına tesis yerleşimi için yerleşim planlaması önerilmiş ve departmandaki üretim verimliliği yaklaşık %14 artmıştır.
2022	Mutlu ve ark.	Ulaştırımda ürünlerin arz noktasından talep noktalarına minimum maliyetle taşınması	Çalışmada, ulaştırma problemi için maksimum maliyetten kaçınma yöntemi önerilmiştir. Sonuçlar önerilen optimizasyon yönteminin tutarlı ve iyi çözümler ürettiğini göstermiştir.
2022	Kirli Akin ve Ordu	Bir pandemik acil servisinde hemşireleri planlama sorunu için simülasyon-optimizasyon yaklaşımı	Çalışmada hasta değişkenliğine göre haftalık hemşire ihtiyacını tespit etmek için simülasyon modeli geliştirildi. Haftalık vardiya sayısını belirlemek için ve pandemi servisinde adil hemşire vardiya takvimi için matematiksel model uygulanmıştır.
2022	Chen ve ark.	Ultrason muayenesi yapılan hastaların randevu planlama ve muayene odası atama sorunlarını araştırma	Simülasyon optimizasyonu ile, radyoloji uzmanlarının iş yükünü dengelemek, ekipman kullanım oranlarını korumak ve ultrason muayenesi olan hastaların bekleme sürelerini azaltmak için randevu planlama ve muayene odalarına atama sağlanmıştır.
2022	Tian ve ark.	Hollanda'da bir su şirketine gelen müşteri şikâyet metinlerini değerlendirme.	Derin öğrenmenin sağladığı doğal dil işleme (NLP) ve evrimsel sinir ağlarının kullanımı ile müşteri şikâyetlerine ait süreçler belirlenmiştir. Şikâyeti ele alma süreci otomatikleştirilmiştir.

Bu çalışmada fiili olarak uygulanmakta olan müşteri şikâyet değerlendirme sistemindeki prosesler analiz edilmiş, mevcut kısıt değeri ile sistemde çalışması gerekli personel sayısı ve personellerin günlük çalışma saati kullanılarak müşteri şikâyetlerine bulunacak ortalama çözüm süresi belirlenmiştir. Daha önce birçok sisteme simülasyon optimizasyon yöntemi uygulanmıştır, fakat şikâyet değerlendirme sisteminde yer alacak optimum eleman sayısını ve elemanların günlük çalışma saatlerini simülasyon optimizasyonu ile tespit etme çalışmalarına rastlanmamıştır. Bu nedenle bu uygulama çalışmasının literatürdeki boşluğu kapatacağı amaçlanmıştır.

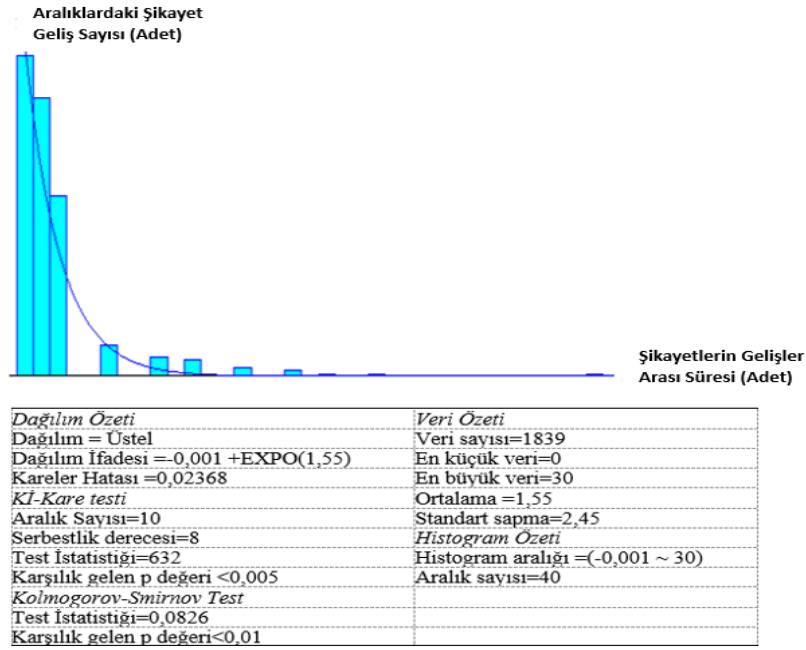
3. Materyal ve Metot

3.1. Materyal

Çalışmada, müşteriden alınan 1839 adet gerçek şikâyetin zaman verileri ve uzman görüşlerinden elde edilen bilgilerden yararlanılmıştır. Şikayetlerin gelişler arası zamanları, kök sebep araştırma için ilgiliye atama zamanları, kök sebebinin bulma zamanları, çözümü bulacak ilgiliye atama zamanları, şikâyete çözüm bulma zamanları, vs. analiz edilmiştir. Analiz sırasında şikâyeti çözme masrafını en az yapmak için modelde yer alan optimum kişi sayısı bulunmaya çalışılmıştır. En doğru çözümü bulmak amacıyla

personel adetleri ve personellerin günlük çalıştığı saatlerin değiştirilmesi ile simülasyon optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Lisanslı Arena yazılımına ait OptQuest modülü kullanılarak simülasyon optimizasyonu gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın Zaman Dağılımları: Çalışmada uygulamadan elde edilen gerçek şikayetlerin süreleri (rastgele ve sürekli), incelenmiş ve ana süreçlerin zaman dağılımı istatistiksel olarak tespit edilmiştir. Giriş verisi olan şikayetlerin varışlar arası süreleri üstel dağılıma uygun çıkmıştır. Üstel dağılımın standart sapması 2,45 gün ve ortalaması 1,55 gün olmuştur. Uygulamadaki müşteri şikayet varışları arasındaki sürelerin dağılımına ait histogram grafiği ve zaman dağılımının detaylı bilgisi Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Şikayet gelişleri arasındaki zamanların histogramı ve zaman dağılımının detayı

Normalde şikâyet modelindeki her ana prosesin zaman dağılımı için sıklık dağılım fonksiyonu kullanılır. Bu çalışmada ise Arena simülasyon programının olumlu bir özelliği olan Input Analyzer OptQuest modülünden faydalanılmış ve şikâyet süreleri analiz edilmiştir, OptQuest ile elde edilen teorik dağılımlar simülasyon programı ile uyumlu ve etkili çalıştığı için özellikle seçilmiştir.

Tablo 2. Müşteri şikâyet süreçlerinin zaman dağılımı ve uygulanan testler

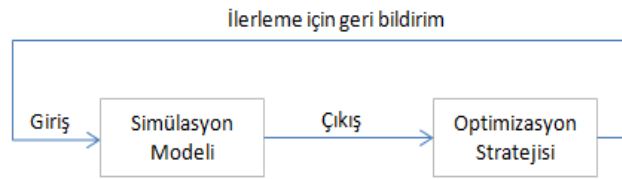
Süreç ismi	Süreç dağılımı	p değeri		Kareler Hatası
		χ^2 test	K-S test	
Şikâyet gelişleri	EXPO(1,55)	< 0,005	< 0,01	0,02368
Kök neden araştırma için görev atama	0,771*BETA(0,705 , 1,36)	= 0,00531	> 0,15	0,00520
Kök neden araştırma	EXPO(1,08)	< 0,005	< 0,01	0,00514
Çözüm birimine görev atama	0,821*BETA(0,712 , 1,41)	= 0,245	> 0,15	0,00304
Ar-Ge çözüm araştırma	WEIB(13,2 , 1,07)	= 0,131	= 0,101	0,00234
Satın alma çözüm araştırma	GAMM(14 , 0,746)	< 0,005	= 0,0811	0,00201
Üretim/Servis çözüm araştırma	WEIB(6,49 , 0,877)	= 0,5	0,0263	0,00090
Kalite çözüm araştırma	LOGN(8,68 , 14,1)	< 0,005	> 0,15	0,01067

Müşteri şikâyet değerlendirme süreçlerinin zaman verileri Ki-kare (χ^2) ve Kolmogorov-Smirnov uyum iyiliği testleri ile istatistiksel olarak analiz edilmiştir (Tablo 2).

3.2. Metot

Bu araştırmada müşteri şikâyet değerlendirme sisteminin başlangıçtaki prosesleri tespit edilmiş ve incelenmiştir. Başlangıçtaki süreçlere ait zamanlar ise süreç dağılımlarına dönüştürülmüştür. Bu dağılımlar simülasyon modelinde başlangıç verileri olarak kullanılmıştır. Kurulan model, farklı kişi sayısı ve çeşitli çalışma saat değerleriyle çalıştırılarak, en uygun çözüm zamanlarını veren personel adetleri tespit edilmiştir. Etkinlik analizi belirtilen ölçütler (Kök sebebini araştırma zamanı, çözüm araştırma zamanı, atanan kişi adedi, bir günde çalışılan saat vs.) için gerçekleştirilmiştir. Sonuçta kısıt ve amaç fonksiyonu doğrultusunda müşteri şikâyetlerini ele alma modelindeki kişi sayıları ve çalışma saatleri optimize edilmiştir.

i. Simülasyon ve Optimizasyon Yöntemleri: Simülasyon, giriş değişkenlerini değiştirerek, çıkış değişkenlerinin nedenlerini belirlemek için gerçekleştirilen testlerdir. Simülasyon optimizasyonu, her ihtimali incelemeye ihtiyaç duymadan, bütün ihtimaller içindeki en uygun giriş değerlerini bulma prosesidir. Simülasyon-optimizasyon yönteminin amacı, simülasyondan sağlanan verileri en fazla yaparken, kullanılan kaynakları en az yapmaktır. Optimal olmayan girdi değerleri ile başlanırsa hesap maliyeti artacaktır. Şekil 2’de gösterildiği gibi simülasyon modelinin ürettiği çıktı, optimal çözüm araştırırken devam etmek için geriye dönük bilgi veren bir optimizasyon tekniği kullanır (Carson ve Maria, 1997). Bilgisayar simülasyonu, servis ve üretim modelinin tasarlanması ve incelemesinde geniş çaplı kullanılmaktadır. Simülasyon girdi değişkenlerinin miktarı çok ve sistem karmaşık ise simülasyon denemesinin çözümüne engel olur.

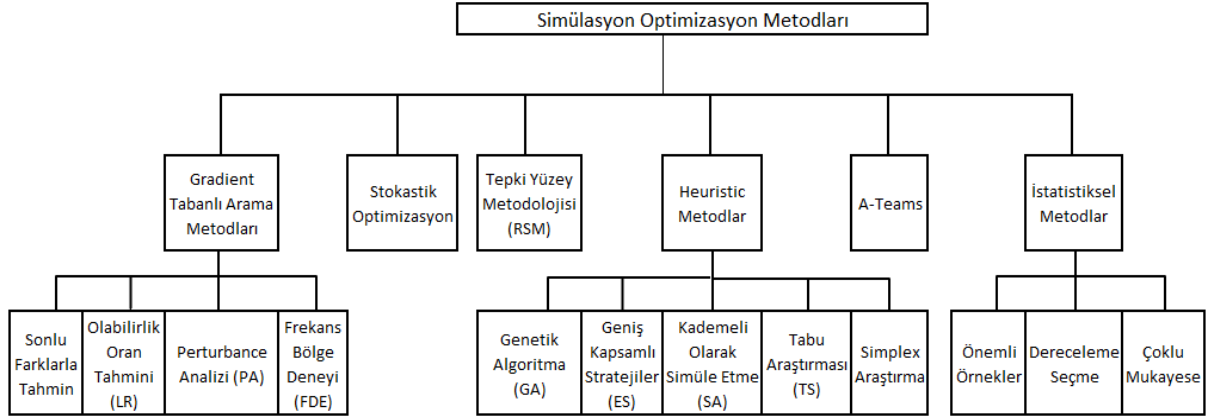


Şekil 2. Simülasyon optimizasyonu tekniği.

Simülasyon optimizasyon metodunun sunduğu en anlamlı fayda, gerçek modeli tanımlayacak matematiksel ifadelerle gerek duymadan modeli bilgisayarda çalıştırarak bulunan çıktılarla simülasyon optimizasyonu gerçekleştirebilmektir. Gerçek sistem problemi çözüldükten sonra daha az kabul ile gerçeğe yakın olan neticeler bulunacak ve sonuçların değerlendirilmesi kolaylaşacaktır.

Karmaşık, büyük ölçekli ve rastgele (stokastik) modellerin amaç fonksiyonunu formüleştirmek zahmetlidir. Ama, regresyon modeli ile tahmini olarak formüleleştirilebilir. Kapalı formülü oluşturulamayan problemlerin yaklaşık modeline meta model denir. Meta modellerde en sık kullanılan yöntem tepki yüzeyi yöntemidir (RSM); Diğeri ise sürekli parametrelili problemlerde kullanılan, fonksiyonda türev alan gradiyent (eğim) tabanlı araştırma yöntemleri ve rastgele yaklaşımlardır.

Gradyent tabanlı metotlar içinde pertürbasyon analizi metodu ve olabilirlik kestirimi (Likelihood ratio) metotları daha az simülasyon yapması gerektireceğinden diğerlerinden üstündür. Simülasyon optimizasyon metotlarının sınıflandırılması Şekil 3'te verilmektedir (Carson ve Maria, 1997). Hiçbir sezgisel (heuristik) metot problemlerin optimum çözümünü bulmayı garantilemez, optimum çözümlere daha yakın çözümler bulabilmeyi amaçlar. Sezgisel algoritmalar, problemlerin kabul edilebilir çözümlerini gerçekleştirir, ama bu çözümlerin doğruluğunu matematiksel olarak ispat edemez.



Şekil 3. Simülasyon optimizasyon yöntemleri

ii. Arena OptQuest Modülü: Bu çalışmada, ortalama şikâyet çözüm süresini minimum yapacak personel adedini ve çalışma saatlerini tespit etmek amacıyla simülasyon optimizasyonu yapılmıştır. Simülasyon optimizasyonu için meta sezgisel yöntem tercih edilmiş ve Arena programının OptQuest modülünden faydalanılmıştır. Arena nesne esaslı simülasyon gerçekleştirir. Arena içinde optimizasyonu gerçekleştiren modül OptQuest, serpilme arama, tabu arama, doğrusal programlama ve yapay sinir ağlarından meydana gelen bir programdır ve simülasyon modelindeki optimum çözümleri arar. OptQuest'te girdi verileri değiştirilir ve istenen optimal performans kriterlerine varmaya çalışılır. Modelde amaç fonksiyonu ve kısıtlar programa eklenebilir. OptQuest, sezgisel metotlar kullanır ve simülasyon modelindeki optimal çözümleri araştırır. Heuristik, karmaşık problemlerin tahmini çözümlerini üretir. OptQuest, simülasyon modelinin çıktısından faydalanarak optimizasyon modeline girişleri değerlendirir. Önceki ve şimdiki değerlendirmeleri inceler, yeni giriş değerlerini seçer ve tekdüze olmayan aramalar gerçekleştirir. Seri halde oluşturulan girişler ile değişken veriler elde eder (Fakat verilerin tümünü iyileştirmez) ve zaman geçtikçe en uygun çözüm yolunu bulur kullanılır.

Tabu arama metodunda ise ilk çözüm rastgele olarak bulunur, sonra bu çözümde değişiklik yapılarak yeni çözüm elde edilir. Yerel optimumdan uzaklaşmak için kötü sonuçlara bir daha gelmez. Simülasyon burada muhtemel çözümün amaç fonksiyonuna yakınlık değerini belirlemek için kullanılır.

Serpilme arama (Scatter search) genetik algoritmaya benzer birçok felsefeye sahiptir. Referans noktalar adıyla bilinen kümede çalışarak çıktılar elde eder. Yaklaşım referans noktadaki bilgilerden faydalanarak farklı noktalar ve çözümler elde eder kullanılır (User's Guide, OptQuest for Arena 2010).

Yapay sinir ağları (YSA) çok boyutlu, bilgi eksiği olan, doğrusal olmayan ve sorunun çözümü matematik ifadelerle tanımlanamayan şartlarda kullanılır. YSA bir öğrenme yöntemi şeklinde tanımlanabilir. Örneklemlerden yararlanarak öğrenim prosesini uygular. Biyolojik öğrenmeye benzer sinir sistemi yapısını sahiptir. YSA desteği yardımıyla karar verilebilmek amacıyla öncelikle ağı eğitimi gereklidir. YSA’da eksik bilgiler işlenerek sonuç alınabilir. Makul ağ yapısını denemelerle belirlediğinden lokal çözüme bağlanabilir, bu da sistemin dezavantajıdır. Örnekler YSA’nın eğitilmesi için değerlidir ama örnek seçiminde yaygın bir yöntem bulunmamaktadır. Ayrıca, bilgi ağ içine gömüldüğünden yorumlanması karmaşıktır (Nabiyev, 2010).

iii. Simülasyon Uzunluğu: Oluşturulan modelin çalıştığı zamandır. Herhangi bir değer verilmezse simülasyon modeli devamlı çalışır. Çalışmanın simülasyon zamanı Little formülü ile hesaplanmıştır. Formül basit olup kuyruk süreçlerini doğrulamak için kullanılır. Eş. 1’deki formül, sistemde bilinmeyen nedenle kalan gelişleri bulmak için de kullanılır (Altıok ve Melamed, 2007). N, proseslerdeki ortalama iş miktarıdır, W işin model içinde kaldığı zamanın ortalamasıdır ve λ sadece etkili geliş değeridir.

$$N = \lambda W \quad (1)$$

Simülasyon modelinin doğruluğu, uygulamadan alınan verilerin kontrol edilmesiyle ve kurulan modelin alt bölümlerinin doğruluğunun Little formülü ile test edilmesiyle gerçekleştirilmiştir (Tablo 3). Sonrasında tüm simülasyonun uygunluğu kontrol edilmiştir. Uygulama çalışmasında müşteri şikayetlerine çözüm için görevlerin %40’ı Ar-Ge , %32’si satın alma, %19’ü üretim/servis, %9’u kalite birimlerine yönlendirilmiştir.

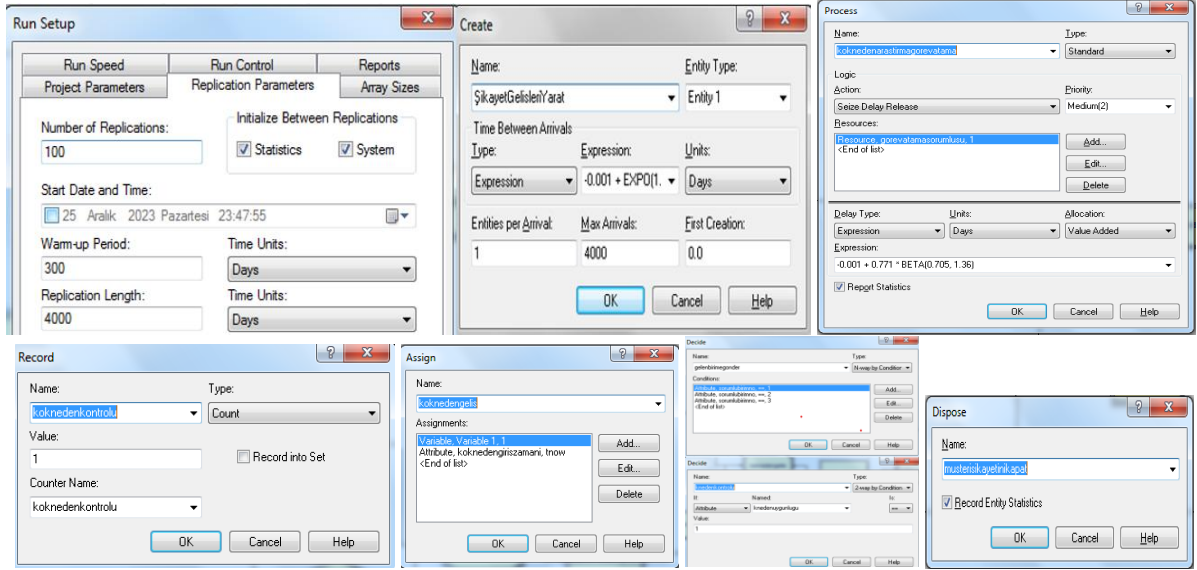
Tablo 3. Simülasyon optimizasyonu modelinin doğruluğunun Little formülü ile kontrolü

No	Süreç ismi	Başlangıca ait süreç zamanları (gün)	Kişi sayısı (adet)	Günlük Çalışma saati	Günlük Toplam Çalışma saati	Servis süreleri	Süreç zamanları 1839 geliş için (gün)	Servis süreleri	Süreç zamanları 4000 geliş için (gün)
1	Kök neden bulma için görev atama	0,4789	1	3	3		0,4789		0,4712
2	Kök neden bulma	2,2229	2	5	10		2,2229		2,2381
3	Çözüm birimine karar verme	0,4699	1	3	3		0,4699		0,4617
4	Ar-Ge çözüm bulma	28,6408	18	4	72	0,4*28,6408	11,456	0,4*29,11	11,644
5	Satın alma çözüm bulma	31,9543	12	3	36	0,32*31,9543	10,225	0,32*32,934	10,539
6	Üretim çözüm bulma	15,1310	4	2,5	10	0,19*15,1310	2,875	0,19*14,263	2,710
7	Kalite çözüm bulma	13,1087	3	3	9	0,09*13,1087	1,180	0,09*13,10	1,179
8	Ortalama Şikayet kapatma süresi	29,2345	41		143	Toplam	28,908		29,243
						Modelin doğruluğu	98,89%	Modelin doğruluğu	99,97%

Kurulan simülasyon optimizasyon modeli, proseslere, her birimde çalışan kişi sayısına ve ortalama şikâyet kapatma hedef gününe duyarlıdır. Simülasyon uzunluğu yeterince yüksek alınarak hassasiyet elde edilmiştir. Uygulama verilerine göre ortalama müşteri şikâyet kapanma süresi 29,2345 gündür. Simülasyon modelinin başlangıç verilerine göre müşteri şikâyet geliş adedi 1839 olduğunda şikâyet kapanma süresi 28,908 gün ve model doğruluğu %98,89 oranında olmuştur, geliş sayısı 4000 adet olduğunda ise şikâyet kapanma süresi 29,243 gün ve model doğruluğu %99,97 oranında olmuştur.

iv. Arena Simülasyon Modelinin Kurulum Modülleri: Kurulan modele ait tekrar değeri ve simülasyon modelinde kullanılan modüllerin ekran görüntüleri Şekil 4’te tanımlanmıştır. Program çalıştırma verileri

Run Setup ekranında verilmiştir, Create modülü ile müşteri şikâyet gelişleri yaratılmıştır (Expression: EXPO:1.55). Process modülüne servis süreçlerin dağılımı tanımlanmıştır (0,771*BETA(0,705 , 1.36). Decide modülü ile karar verilmesi gereken durumlar tanımlanmıştır. Evet/Hayır gibi 2 seçenek gerektiren durumlarda 2-way by condition, 2 seçenekten fazla olan durumlarda (çözüm birimlerine görev atama) N-way by condition kullanılmıştır. Record modülünün istenen süreçlere bağlanması ile gerekli kayıtlar yaratılmış ve rapor çıktısında her bir sürecin verileri yazdırılmıştır. Dispose modülü ile de çözülen müşteri şikâyetlerinin kapatılması ve sistemden çıkarılması sağlanmıştır.



Şekil 4. Simülasyon modelinde kullanılan modüllerin örnek ekran görüntüleri

v. Simülasyon Modelinin Replikasyon Sayısı: Simülasyon bir sisteme ait verimliliğin örnekleme metoduyla yaklaşık olarak hesaplanmasıdır. Replikasyon ise simülasyonun tekrar edilmesidir. Replikasyon değerini belirlemek amacıyla Eş. 2’de verilen formülden yararlanılmıştır (Rossetti, 2010). Bu araştırma çalışmasında t dağılımı temel alınarak iterasyon metodu ile her proses için farklı replikasyon değeri bulunmuştur.

$$n \geq ((t \alpha/2, (n - 1)^S) / E)^2 \quad (2)$$

Replikasyon yinelenirse modelin güvenilirliği artar. Güven aralığı, tahminin ne kadar güvenilir olduğunu gösterir. Bu çalışmada %95 olan güven aralığı kullanılmıştır. $\alpha=1-0,95=0,05$ (Yarım genişliğe sahip güven aralığında $\alpha/2=0,025$), S=verilere ait “standart sapma”, E=Verilere ait ortalama, n=Başlangıçtaki replikasyon değeri. Formülde “ $t_{\alpha/2}$, n-1” n’e bağlıdır, bu nedenle iterasyon yapılması gereklidir. Hesaplamalar sonucunda şikâyeti kapatma zamanı için n=2, kök neden bulma için görev atama zamanı için n=5, kök neden araştırma süresi için n=10, çözüm için birime görev atama süresi için n=6, Ar-Ge çözüm araştırma için n=6 (Tablo 4), satın alma çözüm araştırma süresi için n=7, üretim/servis çözüm

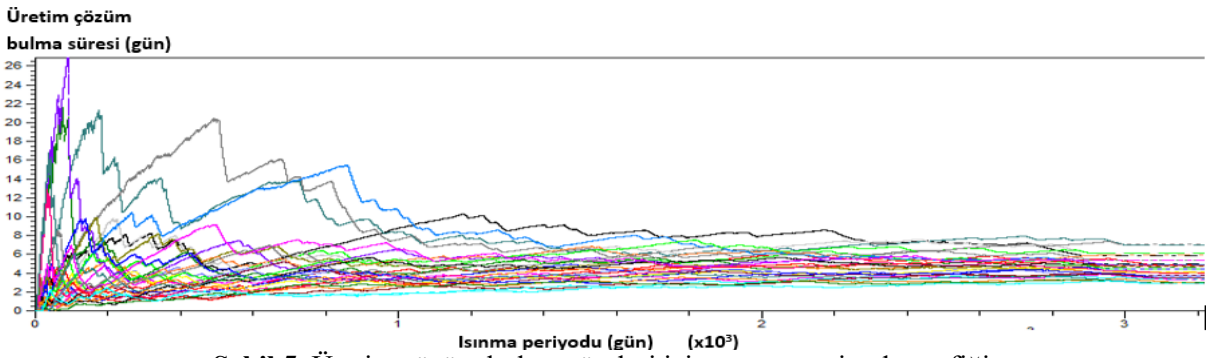
araştırma süresi için n=8, kalite çözüm araştırma süresi için n=7 replikasyon yeterli çıkmıştır. Doğruluk değerini artırmak için 100 replikasyon ile program çalıştırılmıştır.

Tablo 4. Ar-Ge çözüm bulma süresi için replikasyon sayısı

Başlangıç replikasyon sayısı (n)	Ortalama	ort*hata=ort*0,99	Standart sapma	$t_{\alpha/2, n-1}$	n (Formül)	Açıklama
2	11,900	11,781	11,00	12,70	140,61	$6 \geq 5,76$
3	11,900	11,781	11,00	4,303	16,14	
4	11,900	11,781	11,00	3,182	8,83	n=6
5	11,900	11,781	11,00	2,776	6,72	replikasyon
6	11,900	11,781	11,00	2,571	5,76	yeterli

vi. Simülasyon Modelinin Isınma (Warm-up) Periyodu: Isınma periyodunun bulunması için farklı metotlar vardır. Araştırmamızda ise Welch Grafik metodu ile ısınma periyodu belirlenmiştir (Rossetti, 2010). Metodun özeti aşağıda verilmiştir. $R > 5$ replikasyon yapılması önerilir. ve $r=1,2, \dots, R$ ve $i=1,2, \dots, n_r$ için replikasyonda yer alan i'inci gözlemin değerine “ Y_{ri} ” diyelim. Her bir $i=1,2, \dots, n$ değeri için replikasyona ait ortalama belirlenir (Eş. 3). $i=1,2, \dots, n$ değerine ait $\hat{Y}_{.i}$ grafiğinin şekli oluşturulur. $\hat{Y}_{.i}$, $i=1,2,3, \dots, n$ 'e düzleştirme yöntemleri tatbik edilir (Rossetti, 2010). Göz ile grafiklerin düzleşmeye başladığı yer belirlenir. Görüntü bakımından düzleşmeye başlayan bölge Warm-up değeri kabul edilir. Üretim çözüm bulma süreleri için elde edilen ısınma periyodu grafiği Şekil 5'te verilmiştir. Modeldeki tüm süreçler için Arena programı ile çizilen grafikler incelenmiş Warm-up sayısı 300 gün olarak belirlenmiştir.

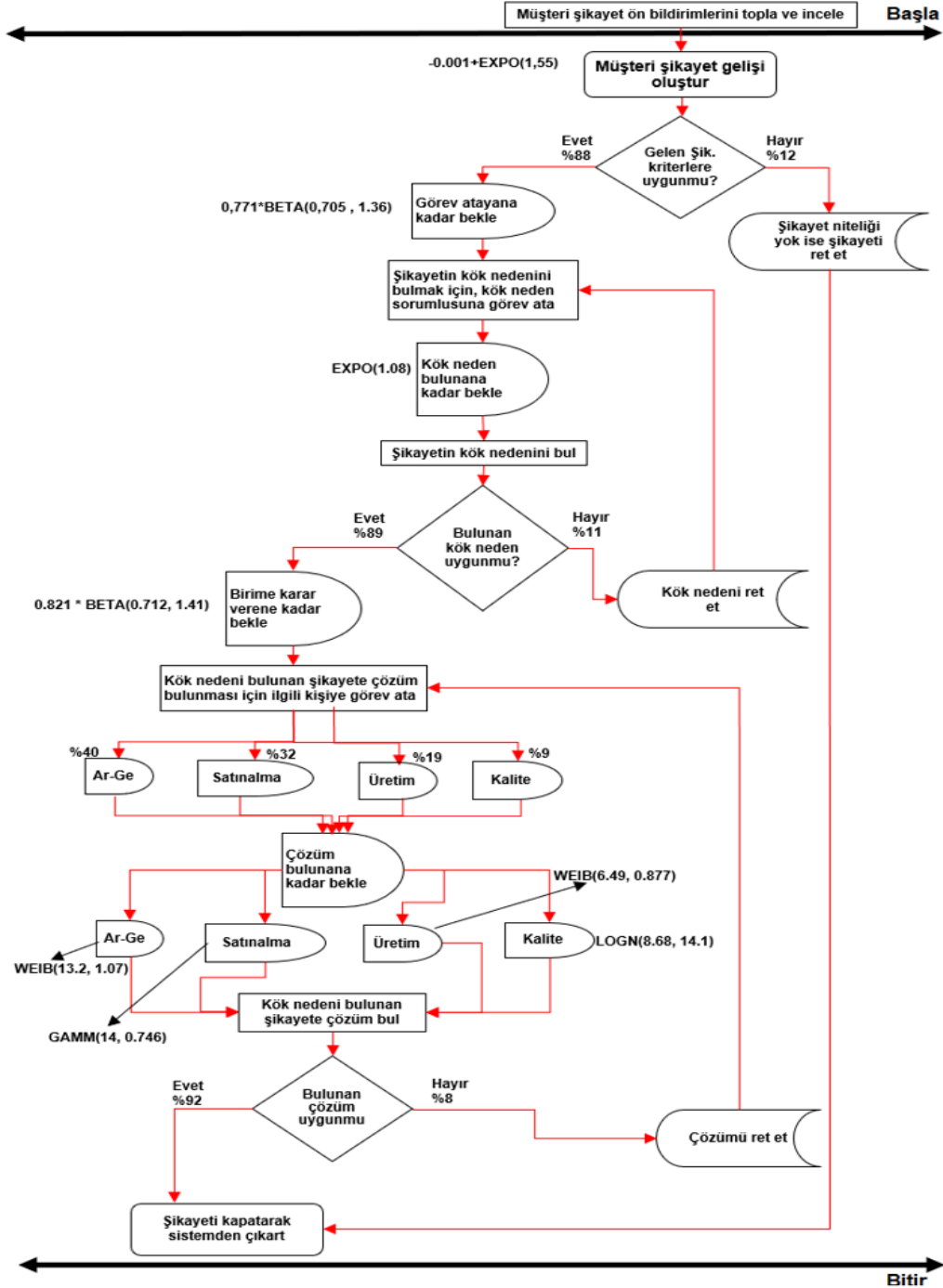
$$\hat{Y}_{.i} = (\sum_{r=1}^R Y_{ri}) / R \quad (3)$$



Şekil 5. Üretim çözüm bulma süreleri için ısınma periyodu grafiği

vii. Müşteri şikayetlerini değerlendirme süreçlerine ait simülasyon akış çizelgesi Şekil 6'da verilmiştir. Uygulama verilerine göre, şikayetlerin bazıları kriterlere uygun olmadığı için şikâyet olarak kabul edilmemiştir. Bu nedenle simülasyon modeli kurulurken iletilen şikayetlerin kriterlere uygun olup olmadığı kontrol edilmektedir ve kriterlere uymayan şikayetler sistemden kaldırılmaktadır. Uygulama çalışmasında toplam şikayetlerin %12'si kriterlere uygun olmadığı için program tarafından sistemden

kaldırılmaktadır. Uygulamanın başlangıç durumunda şikâyetin kök nedenini ilk seferde doğru olarak bulma oranı %89 ve şikâyetin çözümünü ilk seferde doğru olarak bulma oranı %92'dir.



Şekil 6. Müşteri şikâyetlerini değerlendirme süreçlerine ait simülasyon akış çizelgesi

viii. Simülasyon Modeline Ait Amaç Fonksiyonu ve Uygulama Kısıtı: Şikâyetin ortalama kapanma süresi ' W ' (Eş. 4), ortalama servis süresi ' W_s ' ve kuyrukta bekleme süresinin ' W_q ' toplamı olarak alınmıştır. Ortalama şikâyet kapanma zamanı kısıt değeri 60 günün üzerinde olmayacak biçimde (Eş. 5) programa tanıtılmıştır.

W : Şikâyetin sistemde beklediği ortalama toplam zaman (servis+ kuyrukta bekleme zamanı- gün)

Wq : Şikâyetin ortalama kuyrukta bekleme zamanı (servis zamanı dahil değil - gün)

Ws : Kuyrukta bekleyen şikâyete ait ortalama servis zamanı (gün)

$$W = Wq + Ws \quad (4)$$

$$W < 60 \quad (5)$$

4. Bulgular ve Tartışma

Uygulanan modele ait proseslerde çalışacak en uygun personel adetlerini bulmak için Arena programına farklı personel sayıları ve çalışma saatleri tanımlanmış ve çözümler elde edilmiştir. Daha sonra elde edilen çözüm süreleri grafiklere dönüştürülerek karşılaştırma yapılmıştır.

Sistemin Başlangıç Durumu: Müşteriden gelen şikâyetlerin ele alınması ve problemi çözme zamanı tahsis edilecek kişi sayısına ve elemanların günde kaç saat çalışacağına bağlıdır. Sisteme en uygun sayıda kişi atama ile problemin giderilme hızında iyileşme sağlanacaktır. Uygulama verilerine göre başlangıçta, 41 personel bir günde 143 saat problem çözmek için atanmıştır.

Tablo 5. Optimizasyon işlemlerinin başlangıç verileri

Süreçler	Çözüm Süresi (gün)	Kişi Sayısı (adet)	Kişilerin Çalışma Saati	Toplam Çalışma Saati
Kök neden bulma için görev atama	0,47890	1	3	3
Kök neden bulma	2,22290	2	5	10
Çözüm birimine karar verme	0,46990	1	3	3
Ar-Ge çözüm bulma	28,6408	18	4	72
Satın alma çözüm bulma	319,543	12	3	36
Üretim çözüm bulma	15,1310	4	2,5	10
Kalite çözüm bulma	13,1087	3	3	9
Ortalama çözüm bulma	26,0103	37		127
Ortalama şikâyet kapatma	29,2345	41		143

Uygulamada hedef olarak ortalama şikâyet kapanma süresinin 60 günü geçmemesi beklenmektedir, bu nedenle maksimum süre kısıtımız olan 60 gün değeri ile birimlerde görevli kişi sayıları ve amaç fonksiyonu Arena programına uygulama değerleri olarak tanımlanmıştır. Uygulamaya ait sürelerin başlangıç değerleri Tablo 5 ile verilmiştir. Sonraki aşamalarda farklı miktarda kişi sayıları ve çalışma saatleri tanımlanarak program tekrar çalıştırılmış ve sonuçlar incelenmiştir. Çıktı olarak, her süreçteki kişi sayısı, proses zamanı, kuyruk içinde kalma süresi elde edilmiştir. Firma bu verilerden faydalanarak uygun personel sayısı ile en makul çözüm süresi elde edebilir. Çalışmada yine uygulamadaki veriler dikkate alınarak eleman atama planı yapılmıştır (Tablo 6). Her bölümde çalışan kişi adedi ve çalışma saatleri uygulamadaki fiili duruma göre planlanmıştır. Çekici ve Yüregir (2020) tarafından yapılan bir araştırmada, proseslerde görevli personellerin gün içindeki çalıştığı zamanı artırmanın etkin olmadığı, toplam çalışılan zamanın daha fazla personele yayılması ile, çözüm süresinin ve kuyrukta bekleme süresinin azaldığı tespit edilmiştir. Bu araştırmada da toplam çalışma süresi daha fazla sayıda kişiye

yayılmış ve bu kişilerin tam zamanlı çalışma yapması yerine belirli saatlerde çalışma yapması planlanmıştır. Tablo 6’da gösterilen personel sayısı ve çalışılan saatleri kullanılarak simülasyon optimizasyonu yapılmıştır. Örneğin Tablo 6’da verilen ilk satırda (başlangıçta), 41 kişi toplamda 143 saat çalışmıştır. Tablodaki satın alma çözüm bulma kolonundaki 12/3 verisi, 12 kişi günde 3’er saat çalışıyor demektir. Bu kapsamda çalışmada şikâyet çözme zamanı kısıtına göre kaç kişiyle ve ne kadar saat çalışmaya ihtiyaç olduğu belirlenecektir. Şikâyet çözme zaman kısıtı karşılandığı sürece optimum eleman sayısı bulunacaktır. Kısıt karşılanmaz ise simülasyon optimizasyon denemesi tamamlanacaktır.

Tablo 6. Birimlerde çalışan kişi sayısı ve bu kişilerin çalışma saatleri

Toplam kişi sayısı	Toplam çalışma saati	Görev atama	Kök neden bulma	Çözüm için birime karar verme	Ar-Ge çözüm bulma	Satın alma çözüm bulma	Üretim çözüm bulma	Kalite çözüm bulma
41	143	1/3	2/5	1/3	18/4	12/3	4/2,5	3/3
37	126	1/3	2/5	1/3	15/4	11/3	4/2	3/3
33	111	1/3	2/5	1/3	12/4	10/3	4/2	3/3
31	107	1/3	2/5	1/3	12/4	8/3	4/2,5	3/3
30	104	1/3	2/5	1/3	12/4	8/3	4/2,5	2/3
27	96	1/3	2/5	1/3	12/4	8/3	2/2,5	1/3
25	89	1/3	2/5	1/3	11/4	7/3	2/2,5	1/3
22	77	1/3	1/5	1/3	10/4	6/3	2/2,5	1/3
21	73	1/3	1/5	1/3	9/4	6/3	2/2,5	1/3
20	70	1/3	1/5	1/3	9/4	5/3	2/2,5	1/3
19	66	1/3	1/5	1/3	8/4	5/3	2/2,5	1/3
18	63	1/3	1/5	1/3	8/4	4/4	2/2,5	1/3
16	58	1/3	1/4	1/3	7/4	4/3	2/2,5	1/3

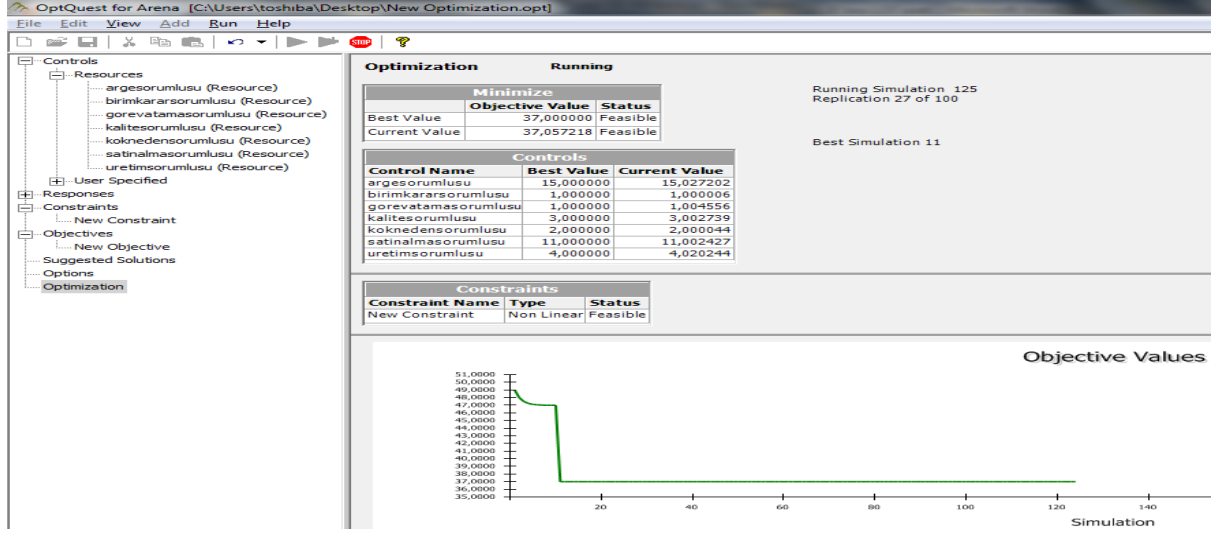
Sonraki denemede toplam kişi sayısı 37 ve bu kişilerin günlük 126 saat çalışmasıyla elde edilen çözüm, kuyrukta kalma ve proses süresi ile çalışan kişilerin iş yoğunluk yüzdesi belirlenmiştir (Tablo 7).

Tablo 7. 37 personelin günde toplam 126 saat çalışmasına ait analizler

Ana süreçlerin ortalama zamanı (gün)	Çözüm süresi (gün)	Kuyrukta bekleme süresi (gün)	Proses süresi (gün)	İş yoğunluğu (%)	Kişi sayısı (adet)	Kişilerin günlük çalışma saati	Günlük toplam çalışma saati
Kök neden araştırma için görev atama	0,5328	0,2638	0,2690	15,28	1	3	3
Kök neden araştırma	2,2599	1,1822	1,0777	51,29	2	5	10
Çözüm birimine görev atama	0,5172	0,2359	0,2813	15,98	1	3	3
Ar-Ge çözüm araştırma	29,1116	19,6028	9,5088	97,97	15	4	60
Satın alma çözüm araştırma	32,9444	17,1418	15,8026	95,22	11	3	33
Üretim/Servis çözüm araştırma	12,8089	7,0913	5,7176	68,34	4	2	8
Kalite çözüm araştırma	13,0551	4,1422	8,9129	41,29	3	3	9
Ortalama çözüm araştırma	25,7955	15,0466	10,7489	86,36			
Şikâyet Kapatma	29,9254	16,7285	12,3769	83,69			

Şekil 7’de personel sayısı 37 iken Arena OptQuest modülü ile elde edilen sonuçlar görülmektedir, hesaplanan değerlere göre 37 personel ile modelin uygulanabilir olduğu görülmüştür. Analiz sonuçlarına göre, 41 adet personel yerine 37 adet personel kullanıldığında, şikâyet kapanma süresi ortalama olarak 29,2345 günden 29,9254 güne çıkmıştır. Şikâyet kapanma süresinde küçük bir miktar artış olmuştur. Ayrıca, bulunan sonuçlardan kök neden araştıran personelin iş yoğunluğu %51,29 (41 elemanla %53,06

idi), Ar-Ge çözüm personellerinin iş yoğunluğu %97,97 (41 elemanla %97,52 idi). Üretim çözüm personellerinin iş yoğunluğu %68,34 (41 personelle %67,56 idi) olmuştur. Satın alma çözüm bulan personellerin iş yoğunluk yüzdesi %95,22 (41 personelle %94,85 idi) bulunmuştur (Tablo 7). Kalite çözüm bulan personelin iş yoğunluğu %41,29 (41 personelle %41,56 idi) bulunmuştur.



Şekil 7. Personel sayısı 37 iken Arena OptQuest ile elde edilen optimizasyon sonuçları

Sonuçta 41 personel yerine 37 personel kullandığımızda şikâyet kapatma proseslerinde görevli çözüm personellerinin iş yoğunluklarında aşırı değişkenlik gözlenmemiştir (Tablo 7). Bunun sebebi belirli zamanlarda yoğun olarak varan şikâyetler haricinde personellerin esnek çalışma yapmasıdır.

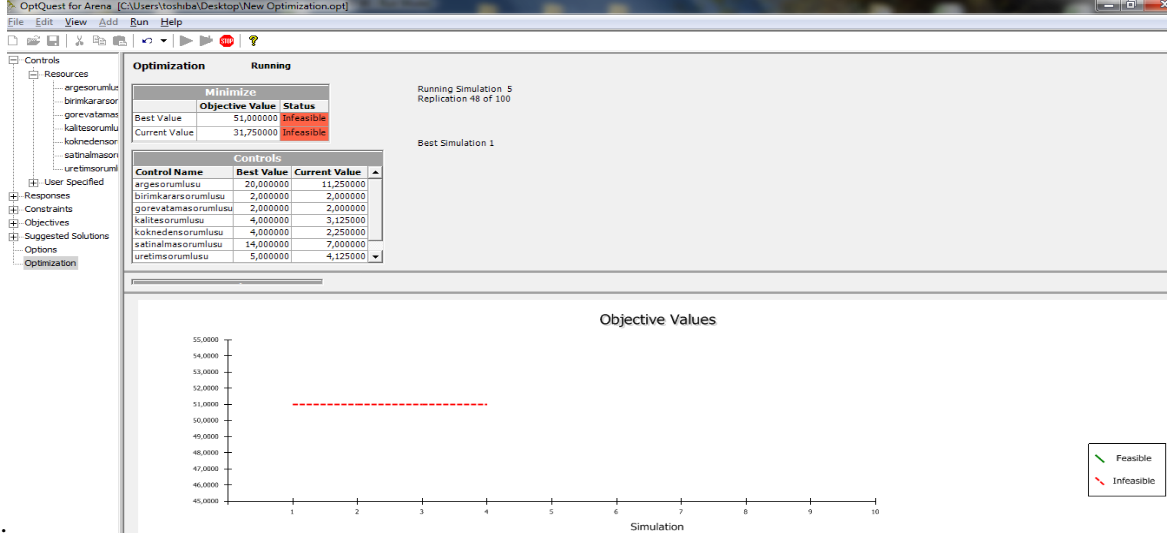
Daha sonra Tablo 6’da verilen kaynak planındaki çalışan personel adetleri 33, 31, 30, 27, 25, 22, 21, 20, 19, 18, 16 kişi için ilgili çalışılan saatlere göre program tekrar çalıştırılmıştır. Sistemde çalışan kişi sayısı ve çalışma saatlerine göre ortalama şikâyet kapatma zamanının değişimine ait sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 8. 19 personelin 66 saat çalışması ile elde edilen OptQuest sonucu

Süreç İsmi	Ortalama süre (gün)	Ortalama Kuyrukta bekleme süresi (gün)	Ortalama İş Yoğunluğu (%)
Kök neden araştırma için görev atama	0,4594	0,1890	0,1527
Kök neden araştırma	4,3873	3,0713	0,6188
Kök neden uygunluğuna karar verme	0,4413	0,1645	0,1589
Ar-Ge çözüm araştırma	125,7000	67,9938	0,9856
Satın alma çözüm araştırma	90,2877	69,3394	0,9815
Üretim/Servis çözüm araştırma	21,0606	13,2032	0,7156
Kalite çözüm araştırma	18,2244	13,4481	0,4546
Şikâyet Kapatma Süresi	87,2581		

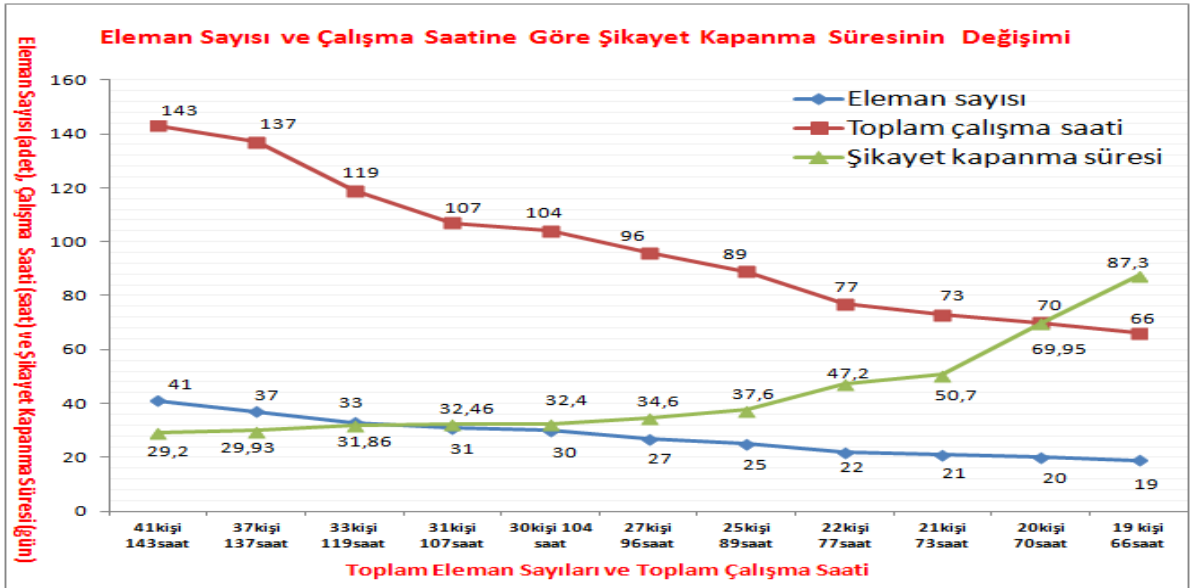
Örneğin 19 kişinin günlük 66 saat çalışma yapması ile 60 gün olan ortalama şikâyet kapanma süre kısıt hedefi geçilmiştir. Sonuçlar Tablo 8’de gösterilmiştir. Şikâyet çözme zamanı 16. replikasyonda 87,2581 gün olmuştur. 100 adet replikasyon tamamlanamadığı için deneme başarısız olmuştur. Bulunan 87,2581 gün sonucu, 60 gün olan kısıtımızı aştığı için uygulanabilir olmamıştır.

18 personel günlük toplam 63 saat çalıştığında ise model çözüm üretmemiştir (Şekil 8). Bu nedenle, 18 personelden daha fazla personeli çalıştırmak gereklidir. Arena OptQuest modülü ile elde edilen sonuçlara göre 18 kişi ile elde edilen değerlerin uygulanabilir olmadığı görülmüştür.



Şekil 8. 18 personelin 63 saat çalışmasıyla bulunan Arena OptQuest optimizasyon çıktısı

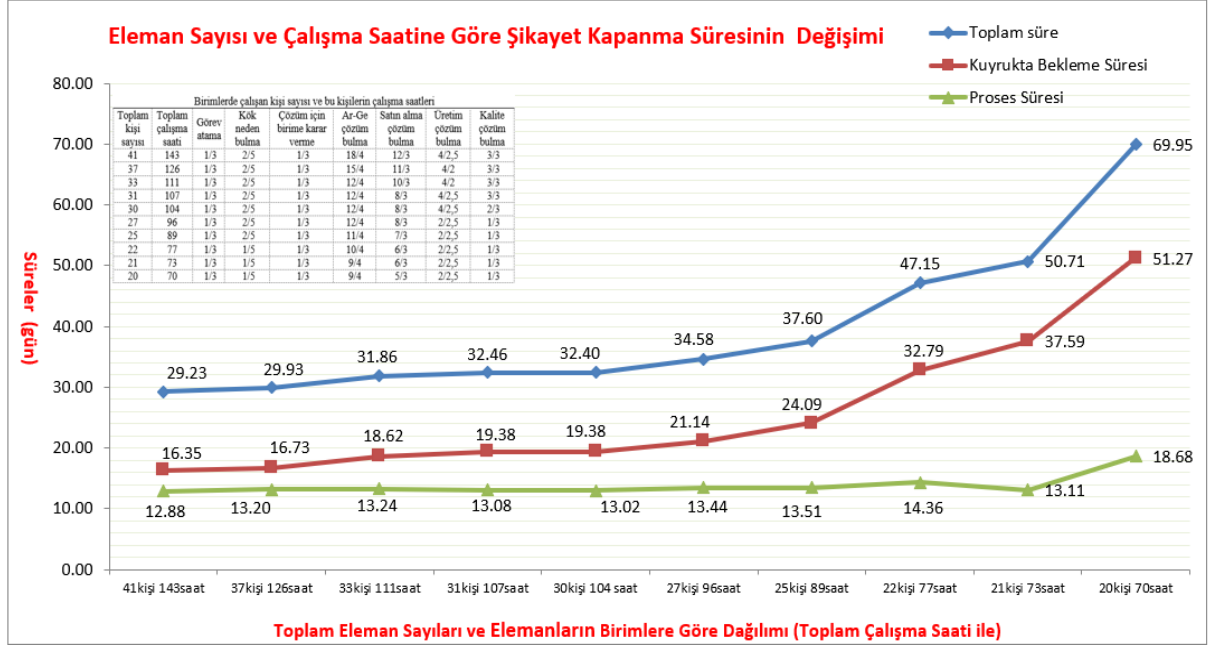
i. Şikâyet kapatma zamanının, personel adedi ve çalışılan saate göre değişimi: Tablo 6’da verilen tüm senaryolar için program yürütülmüştür. Elde edilen bulgular Şekil 9’da şikâyet kapatma zamanı, personel adedi ve toplam çalışma saati olarak gösterilmiştir.



Şekil 9. Şikâyeti kapatma zamanının, personel adedi ve çalışılan saate göre değişim grafiği

ii. Toplam Şikâyet Kapatma Süresi, Kuyrukta Bekleme Süresi ve Proses Süresine göre Personel Optimizasyonu: Personel adedi ve günlük çalışılan saatlere göre şikâyet kapatma zamanının grafiği Şekil 10’da verilmiştir. Şekilden toplam zamanın ne kadarının servis zamanı ne kadarının kuyrukta

kalma zamanı olduğu da görülebilmektedir. Çalışan kişi sayısındaki azalma ile şikâyet kapanma zamanı artmaktadır. Maksimum şikâyet kapanma zaman sınırı olan 60 gün, 20 kişinin kullanımı ile geçilmiştir. Bu durumda 20 kişinin üzerinde olan 21 ile 41 personel arasından seçim yapılmasının mümkün olduğu ortaya çıkmaktadır.

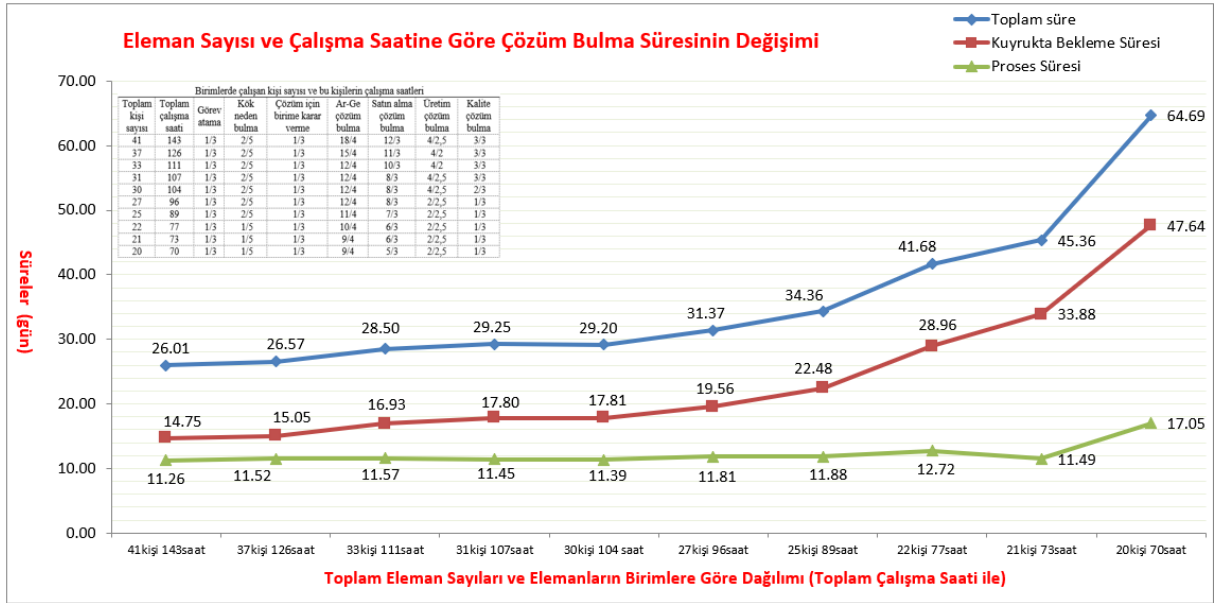


Şekil 10. Şikâyet kapanma zamanının personel adedi ve çalışılan saate göre değişim grafiği

Eğer firmanın kullanacağı kişi miktarı ve çalışma saati kısıtlıysa 21 kişi ile bir günde 73 saat çalışarak, ortalama 50,71 günde bir şikâyet kapatılabilir. Bu iş için kullanacağımız kişilerin sayısında kısıt yoksa problemi kısa sürede çözülebilir. Çalışan kişi adedinin azalması ile şikâyet kapanma ve kuyrukta kalma süreleri artış göstermektedir.

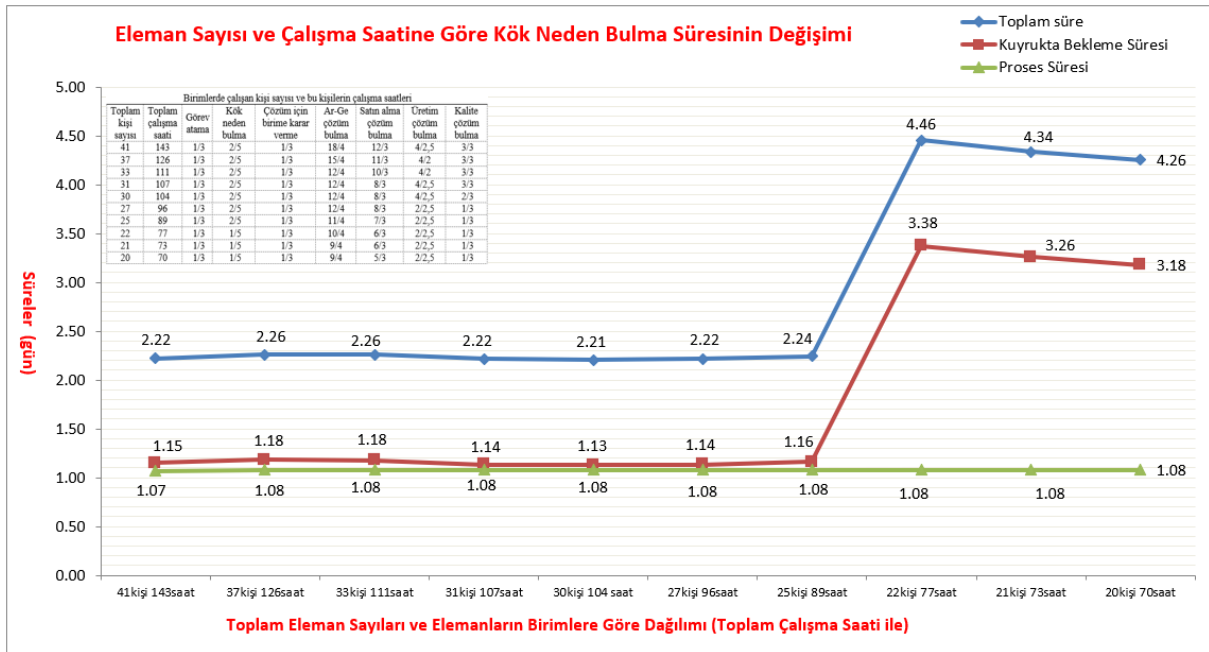
iii. Ortalama Çözüm Bulma Süresi, Çözüm için Kuyrukta Bekleme Süresi ve Çözümün Proses Süresine Göre Personel Optimizasyonu: Personel adedinin düşmesine bağlı olarak çözüm süresinin artış gösterdiği görülmektedir (Şekil 11).

Elde edilen şekildeki verilerden faydalanarak, firma sahip olduğu personel sayısına göre seçim yapabilir. Şikâyete çözüm üreten bölümlerdeki kişi sayısı azalınca çözüm araştırma zamanı uzamaktadır. Özellikle kişi adedi 25'ten az olan bölgelerde kuyrukta kalma zamanında belirgin bir artış görülmektedir.



Şekil 11. Ortalama çözüm bulma zamanının eleman sayısı ve çalışma saatine göre değişimi

iv. Kök Neden Bulma Zamanına Göre Personel Optimizasyonu: Şekil 12’den görüldüğü gibi kişi sayıları azalırken, kök neden bulma zamanı artmaktadır ve kuyrukta bekleme süresi uzamaktadır.



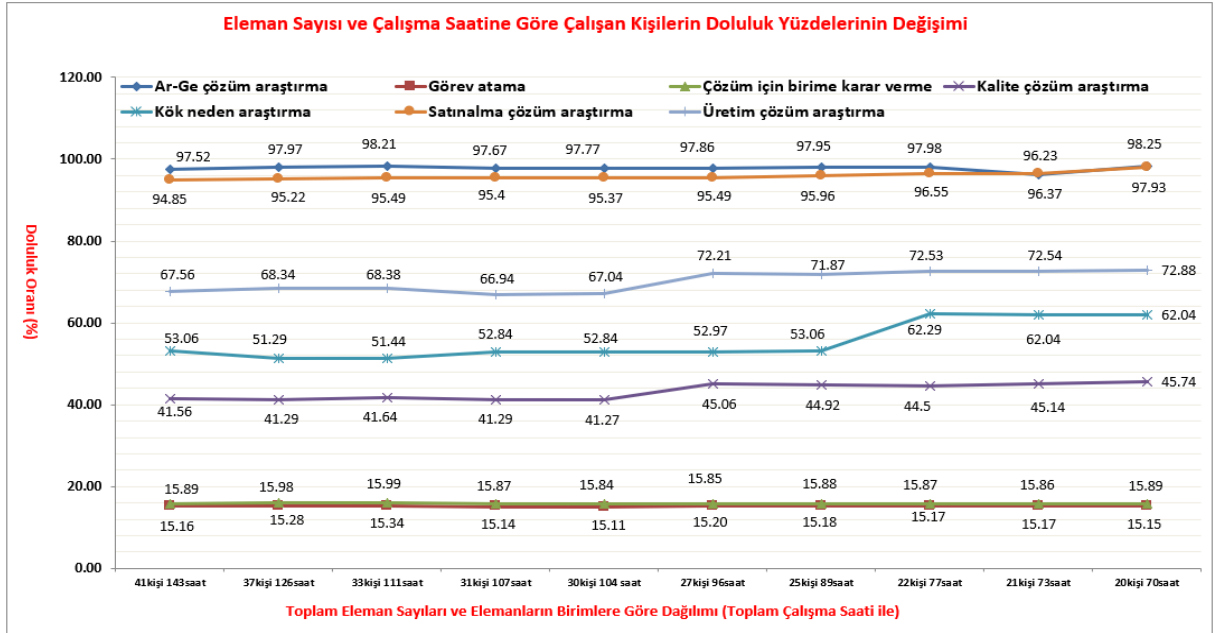
Şekil 12. Kök neden bulma süresinin kişi sayısı ve günlük çalışma saatine göre değişimi

Kök sebep bulma zamanını tespit etmek için uygun sayıda eleman seçimi yapılır. Kök neden bulma için iki kişi atanırsa, ortalama 2,2 günde bir adet kök sebep bulmak mümkündür. Bu sürenin 1,08 günü işlem zamanı, 1,15 günü ise kuyrukta kalma zamanıdır. Fakat kök neden bulma için bir kişi tahsis edilirse, ortalama 4,34 günde bir adet kök sebep bulmak mümkündür. Bu sürenin 1,08 günü işlem zamanı, 3,26 günü ise kuyrukta kalma zamanıdır.

v. Kişilerin İş Yoğunluğu Yüzdelerinin Değişimi: Eleman sayısı ve çalışma saatine göre, çalışan kişilerin iş yoğunluğu oranı Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Bölümlerde çalışanların sayısı ve çalışma saatine iş yoğunluğu yüzdesi (%)

Toplam eleman sayısı ve çalışma saatleri	Görev atama	Kök neden araştırma	Çözüm için birime karar verme	Ar-Ge çözüm araştırma	Satın alma çözüm araştırma	Üretim çözüm araştırma	Kalite çözüm araştırma
41kişi 143saat	15,16	53,06	15,89	97,52	94,85	67,56	41,56
37kişi 126saat	15,28	51,29	15,98	97,97	95,22	68,34	41,29
33kişi 111saat	15,34	51,44	15,99	98,21	95,49	68,38	41,64
31kişi 107saat	15,14	52,84	15,87	97,67	95,4	66,94	41,29
30kişi 104 saat	15,11	52,84	15,84	97,77	95,37	67,04	41,27
27kişi 96saat	15,20	52,97	15,85	97,86	95,49	72,21	45,06
25kişi 89saat	15,18	53,06	15,88	97,95	95,96	71,87	44,92
22kişi 77saat	15,17	62,29	15,87	97,98	96,55	72,53	44,5
21kişi 73saat	15,17	62,04	15,86	96,23	96,37	72,54	45,14
20kişi 70saat	15,15	62,04	15,89	98,25	97,93	72,88	45,74



Şekil 13. Personel adedi ve çalışma saatine göre personellerin günlük iş yoğunluğu yüzdesi

Kök neden bulma için ilgiliye görev atama yapan çalışanların ortalama iş yoğunluğu (günlük çalışma doluluğu) yüzdeleri %14,77 ile %15,99 oranındadır. İş yoğunluk değeri, kalite çözüm bulma için ~%37,12 - %45,74, Ar-Ge çözüm bulma için ~%96,23 - %98,25, Satın alma çözüm bulma için ~%94,85 - %97,93, üretim-servis çözüm bulma için ~%67,56 - %72,88 arasındaki değerleri almaktadır (Şekil 13). Ortalama kök sebep bulma elemanlarının iş yoğunluğu tahsis edilen kişi adedine göre değişiklik göstermektedir. Kişi adedi 2 iken iş yoğunluğu ~%53,06, bir kişi iken ~%62,29 olmuştur.

5. Sonuç

Müşteri şikâyetlerini değerlendirme sistemini kurmuş kurumsal firmalarda, şikâyetlerin kaydedilmesi, analiz edilmesi, sorumlu bölümlere yönlendirilmesi, yapılan çözüm çalışması ile ilgili olarak müşteriye

bilgi verilmesi ve şikâyet sisteminin devamlılığı gereklidir. Müşteri şikâyet değerlendirme sistemine ait uygulama çalışmaları oldukça sınırlı sayıdadır. Ayrıca, yaptığımız literatür çalışmasına göre müşteri şikâyet değerlendirme sisteminde çalışan kişi sayısı ve bu kişilerin çalışma sürelerinin simülasyon optimizasyonu ile belirlenmesine yönelik çalışmaya rastlanmamıştır. Bu kapsamda müşteri şikâyetlerini beklenen hızda ve kalitede çözmek amacıyla, ülkemizde gerçekleştirilen bu uygulama çalışması bu konudaki boşluğu doldurmuştur. Çalışma hem üretim hem de servis sektörlerinde uygulanabilecektir. Bu araştırma çalışmasında, uygulamadaki müşteri şikâyet sistemi ile müşteri şikâyet zamanlarından faydalanılmıştır. Uygulamada yer alan ana süreçlerin zaman dağılımları istatistiksel olarak bulunmuş ve simülasyon modelinin kurulumunda kullanılmıştır. Simülasyon optimizasyonu programı değişik kişi sayısı ve çalışma saatleri ile çalıştırılmış ve her süreçte harcanan zaman ve kişilerin günlük iş yoğunluğu oranları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kişi sayısı ve toplam çalışma saati düşürüldüğünde çalışan kişilerin iş yoğunluk oranı artış göstermekte ve çözüm bulma zamanları da artmaktadır. Çalışma sonucunda sistemde çalışan elemanların optimizasyonu ile başlangıç durumuna göre fark edilir bir iyileşme elde edilmiştir. Başlangıçta, müşteriden gelen şikâyetler 41 kişi ile günde 143 saat çalışarak kapatılmaktaydı. Çalışma sonucunda, 21 kişi ile günde 73 saat çalışarak şikâyetlere çözüm bulunabileceği belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre eleman sayısında ortalama %48,78, günlük toplam çalışma saatinde ortalama %48,95 oranında iyileşme görülmüştür.

Uygulama çalışması sırasında karşılaşılan güçlüklerin başında bölümlere atanacak eleman sayısının yetersizliği gelmektedir. Çünkü firma fazla eleman tahsis etmede isteksiz davranmaktadır. Bu nedenle müşteri şikâyet sisteminde çalışacak elemanların sayısı ve günlük çalışma saatinin önceden tahmin edilmesi ve atanması çok önemlidir. Şikâyeti kapatma hedef süre kısıtı optimum sayıda eleman atanmasında kilit rol oynamaktadır. Müşteri şikâyet kapatma hedef süresini yakalamak ve daha fazla kuyruk oluşmasını önlemek için atanan elemanların gün içinde daha fazla sürede çalışma ihtiyacı oluşmuştur.

Müşteri şikâyetlerini değerlendirme sistemindeki personel kaynağının atanması için Arena yazılımının OptQuest modülünden faydalanılmıştır. Yapay sinir ağları, bulanık mantık gibi yöntemler kullanarak farklı çözümler bulmaya çalışılabilir ve sonuçlar karşılaştırılabilir. Ayrıca, daha sonraki çalışmalarda araştırmacılar müşteri şikâyet geliş süreleri ve servis sürelerine bağlı olarak kuyruk modelini belli varsayımlarla matematiksel olarak modelleyebilir. Örneğin gelişler arası süreler ve servis süreleri üstel dağılım kabul edilerek kuyruk modeli matematiksel olarak formüle edilip çözülebilir ve aynı şartlarda simülasyon modeliyle elde edilen sonuçlarla karşılaştırılabilir.

Teşekkür

Çalışmayı MMF2011D1 numaralı proje ile destekleyen Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkürlerimi sunarım.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarı olarak herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederim.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Makalede yazar fikrin ve modelin oluşturulması, simülasyon optimizasyon modelinin kurulması ve uygulanması, verilerin analizi, bilimsel literatür taraması, sunulan şekillerin tasarlanması, sonuçların değerlendirilmesi, makale yazımı, denetimi ve kapsam kontrolünde katkı sağlamıştır.

Kaynakça

- Ahmed RR., Vveinhardt J., Warraich UA., Hasan SS., Baloch A. Customer satisfaction & loyalty and organizational complaint handling: economic aspects of business operation of airline industry. *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics* 2020; 31(1): 114–125.
- Akdeniz HA., Tatar B. Hava limanında kuyruk simülasyonu: İzmir-Gazimir Adnan Menderes Havalimanı uygulaması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 2009; 11(3): 03-12.
- Altıok T., Melamed B. *Simulation modelling and analysis with arena*. USA, Academic Press, Elsevier, 2007.
- Armaneri Ö. Bir montaj hattı üretim sisteminde optimal işgücü dağılımının arena proses analyzer (PAN) ve OptQuest kullanılarak belirlenmesi. *Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik Dergisi* 2005; 11(1): 1-16.
- Baş İ., Tosun Ö., Bayram V. Robot yer seçimi ve işçi-istasyon ataması düşünceleri altında hat dengeleme optimizasyonu. Bir bulaşık makinesi fabrikası vaka analizi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 2021; 27(4): 495-503.
- Bahari A., Asadi F. A simulation optimization approach for resource allocation in an emergency department healthcare unit. *Global Heart* 2020; 15(1): 1-6.
- Baykoç ÖF., Abacı S., Duyar M. Tam zamanında üretim sisteminin servis sistemlerine uygulanabilirliği. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi* 2002; 17(4): 139-155.
- Belgin Ö. Hybrid approach in a production line for multi-objective simulation optimization. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* 2019; 34(4): 1847-1859.
- Carson Y., Maria A. Simulation optimization: Methods & applications. *Winter Simulation Conference* 1997; 118-125.
- Chen PS., Chen GYH., Liu WL., Zheng CP., Huang WT. Using simulation optimization to solve patient appointment scheduling and examination room assignment problems for patients undergoing ultrasound examination. *Healthcare* 2022; 10(1): 164.
- Çekici V. Müşteri şikayet değerlendirme süreçleri için kavramsal bir model ve simülasyon optimizasyon yöntemi ile değerlendirilmesi. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi*, sayfa no:247, Adana, Türkiye, 2013.

- Çekici V., Yüregir OH. Investigation and analysis of customer complaints handling system of the companies in Turkey. *Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture* 2020; 35(3): 753-768.
- Çekici V., Yüregir OH. Process optimization of the customer complaints handling system and a new customer oriented model proposal. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* 2021; 36(2): 855-869.
- Davidow M. University of Haifa, organisational responses to customer complaints: What works and what doesn't. *Journal of Service Research* 2003; 5(3): 225-250.
- Düzgüt Z., Toy AÖ., Çoban S., Alibaşoğlu Z., Tok Ö., Özkeskin Ö.T., Karakaya M., Bayrak Y. Hizmet lojistiğinde iş atama ve rotalama politikaları tasarımı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 2019; 25(9): 1071-1079.
- Einwiller SA., Steilen S. Handling complaints on social network sites – An analysis of complaints and complaint responses on Facebook and Twitter pages of large US companies. *Public Relations Review* 2015; 41(2): 195–204.
- Estelami H. The profit impact of consumer complaint solicitation across market conditions. *Journal of Professional Services Marketing* 2000; 20(1): 165-195.
- Fae A., Chang E., Saberki M., Hussain OK., Azadeh A. Intelligent customer complaint handling utilising principal component and data envelopment analysis (PDA). *Applied Soft Computing* 2016; 47(1): 614-630.
- Greasley A., Barlow S. Using simulation modelling for BPR: resource allocation in a police custody process. *International Journal of Operations & Production Management* 1998;18(9/10): 978-988.
- Güler ME. Application of simulation technique to provide forecasting in reengineering. *Celal Bayar University Social Science Institute* 2010; 8(1): 147-168.
- Im I., Hiltz Y., Fjermestad JR. An analysis of online customer complaints: implications for web complaint management. *Proceedings of the 35th Hawaii International Conference on System Sciences* 2002; (HICSS-35.02).
- İşgüder HO. GI/M/3/K kuyruk sisteminin yarı-markov süreciyle analizi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 2020; 26(1): 195-202.
- Akın HK., Ordu M. A novel simulation-based two stage optimization approaches for nurse planning. *International Journal of Simulation Modelling* 2022; 21(4): 591-601.
- Lee CH., Wang YH., Trappey AJC. Ontology-based reasoning for the intelligent handling of customer complaints. *Computers & Industrial Engineering* 2015; 84(C): 144–155.
- Liu WK., Yen CC. Optimizing bus passenger complaint service through big data analysis. *Systematized Analysis for Improved Public Sector Management Sustainability* 2016; 8(12): 1-21.
- Mattila AS., Mount DJ. The impact of selected customer characteristics and response time on E-complaint satisfaction and return intent. *Hospitality Management* 2003; 22: 135–145.

- Mutlu Ö., Karagül., K, Şahin Y. Ulaştırma probleminin başlangıç uygun çözümünün belirlenmesi için en büyük maliyetten kaçınma yöntemi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 2022; 28(4): 569-576.
- Nabiyev VV. Yapay zeka, İnsan Bilgisayar Etkileşimi. 3. Baskı. Ankara, Seçkin Yayıncılık, 2010.
- Ordu M., Korhan E. Simülasyon destekli tesis yerleşim tasarımı ve iyileştirme çalışmaları: Bir tekstil firması örneği. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2022; 5(Özel Sayı): 26-39.
- Rossetti MD. Simulation modeling and arena. first ed, Danvers USA, John Wiley & Sons, Inc., 2010.
- Şenses S., Gölbaşı O., Bakal İS. Madencilikte bir yedek parça envanter optimizasyonu çalışması. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 2022; 28(1): 128-138.
- Tian X., Vertommen I., Tsiami L., Thienen,P., Paraskevopoulos S. Automated customer complaint processing for water utilities based on natural language processing. Case Study of a Dutch Water Utility Water 2022; 14, 674.
- User's Guide, OptQuest for Arena, Allen-Bradley, Publication Arena O-UM001G-EN-P–April 2010,