

A Simulation Study on a Production System

Burcu Özcan, Edanur Yıldırak*

Kocaeli University, Engineering Faculty, Department of Industrial Engineering, Kocaeli, 41000, Turkey

•Received Date: Jul 06, 2020

•Accepted Date: Dec 21, 2020

•Published Online: Dec 29, 2020

Abstract

In case it is more costly and time consuming to implement system investments, system changes in simulation, it enables the changes to be applied and analyzed in computer environment. It is also a common set of tools and methods to assist researchers and practitioners in reviewing and making decisions for resource allocation to new or existing systems. Modeling with simulation is a method that will give important results in other areas such as production systems and service systems. In this study, the functioning of the current situation in the size-packaging department of a production company operating in the packaging sector is modeled in the Arena 14.0 program. The simulation model 15 replications were made and run one day. It is known that the biggest problem in the packaging department is intermediate stocks. For this reason, in this section, it is aimed to reduce cycle time, increase the number of parts and increase the resource utilization rates according to the results of analyzing the situations that lead to bottlenecks and production complexity. Accordingly, various alternative scenarios have been created. The scenarios created were modeled in Arena 14.0 program and compared with each other, the best results of these scenarios were determined as the situation where the new operator and machine allocation were together. In this way, there has been a significant reduction in cycle time, machine and operator usage rates and queuing times. The number of pieces released has also increased by 80. It was not included in the evaluation because cost data was not shared. A more detailed examination can be made by including the cost data in the study.

Keywords

Simulation, Packaging Industry, Arena

*Corresponding Author: Edanur Yildirak, edayildirak@gmail.com,  [0000-0003-1721-2969](https://orcid.org/0000-0003-1721-2969)

Bir Üretim Sisteminde Simülasyon Uygulaması

Burcu Özcan, Edanur Yıldırak*

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, Kocaeli, 41000, Türkiye

•Gönderi Tarihi: 06 Tem 2020

•Kabul Tarihi: 21 Ara 2020

•Çevrimiçi Yayın Tarihi: 29 Ara 2020

Özet

Simülasyon yapılacak olan yatırımları, sistem değişikliklerini gerçek hayatta uygulamanın daha maliyetli ve zaman alıcı olduğu durumda değişikliklerin bilgisayar ortamında uygulanmasını ve analiz edilmesini sağlar. Aynı zamanda yeni veya mevcut sistemlere kaynak tahsisi için inceleme ve karar verme konusunda araştırmacılara ve uygulayıcılara yardımcı olmak için yaygın olarak kullanılan bir dizi araç ve yöntemdir. Simülasyon ile modelleme genellikle üretim sistemleri olmak üzere servis sistemleri gibi diğer alanlarda da kullanımı önemli sonuçlar verecek bir yöntemdir. Bu çalışmada ambalaj sektöründe faaliyet gösteren bir üretim işletmesinin ebat-ambalaj bölümünde mevcut durumun işleyişi Arena 14.0 programında modellenmiştir. Simülasyon modelinde 15 iterasyon yapılmıştır. Ambalajlama bölümündeki en büyük problemin ara stoklar olduğu bilinmektedir. Bu nedenle bu bölümde darboğazlara ve üretim karmaşıklığına yol açan durumların analiz edilip çıkan sonuçlara göre çevrim süresini azaltmak, çıkan parça adedini artırmak ve kaynak kullanım oranlarını yükseltmek amaçlanmıştır. Bu doğrultuda çeşitli alternatif senaryolar oluşturulmuştur. Oluşturulan senaryolar Arena 14.0 programında modellenerek birbirleriyle karşılaştırılmış bu senaryolardan en iyi sonuç vereni yeni operatör ve makine tahsisinin birlikte olduğu durum olarak belirlenmiştir. Bu sayede çevrim süresi, makine ve operatör kullanım oranlarında, kuyrukta bekleme sürelerinde önemli azalmalar meydana gelmiştir ve çıkan parça sayısı artmıştır.

Anahtar Kelimeler

Simülasyon, Ambalaj Sektörü, Arena

*Sorumlu Yazar: Edanur Yıldırak, edayildirak@gmail.com, [iD 0000-0003-1721-2969](https://orcid.org/0000-0003-1721-2969)

1. GİRİŞ

Günümüzde rekabet avantajı elde etmek için şirketler, üretim maliyetlerini düşürmeyi öncelikli amaç olarak ele alırlar. Bu çalışmanın amacı da bir imalat firmasının üretim süreçlerinin değerlendirilmesi ve iyileştirilmesiyle çevrim süresini düşürerek maliyet minimizasyonunu sağlamaktır. Maliyet minimizasyonunu sağlamak için maliyetlerin en iyi şekilde yönetilmesi gerekir. Bunun için üretim kaynaklarından optimum faydanın sağlanması önemlidir. Ancak kaynak yönetiminde ortaya çıkan kısıtlar bu durumu zorlaştırmaktadır.

Endüstrinin karşılaştığı zorluklar, esnek ve karmaşık bir üretim sistemiyle birlikte gelişmiş çevik iş süreçleri ile uyumlu olması gereken tasarım karmaşıklığı ile karakterize edilir. Bu özellikle doğası gereği çok disiplinli, yüksek değerli, karmaşık ürünlerin üreticileri için geçerlidir [1].

Bu çalışmada karton imalatı yapılan bir işletmeye ait veriler kullanılarak üretim süreçlerinden biri simülasyon ile modellenmiştir.

Karton imalatında değişen koşullarla birlikte tüketim alışkanlıklarının farklılaşması, beraberinde ambalaj tüketimini de artırmıştır. Üretici, müşterisini kaybetmemek için, mecburen, ya türlü genişlikte karton bobinlerini stokta tutarak siparişi karşılamakta ya da daha küçük genişlikteki kalıplardan malzeme kaybına katlanarak, geniş bobinleri kesme işlemi yapmaktadır. Bu da üretim maliyetlerinde artışa neden olmaktadır. Az karla çalışan bu sektörün üretim maliyetlerinin, mutlaka azaltılması gerekmektedir [2].

Üretim de istenen artış ve fazla stok üretim de istenmeyen bir karmaşıklığa yol açmaktadır. Bu nedenle üretim sisteminin öncelikle simülasyon modeli oluşturularak daha sonrasında geliştirilen senaryolar ile çözüm önerileri sunulmuştur.

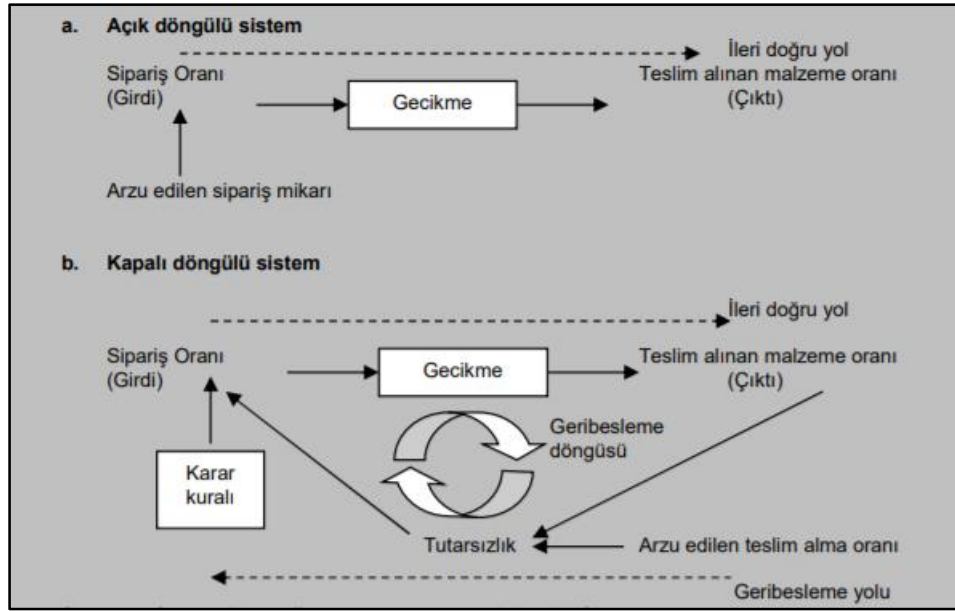
Çalışmanın ilk kısmında sistem kavramından, ikinci kısmında simülasyonun tanımı, çeşitleri, kullanım yerleri ve amacından bahsedilmiştir. Üçüncü kısımda literatürde yer alan bazı simülasyon çalışmaları özetlenmiştir. Dördüncü kısımda ise yapılmış olan uygulama, aşamaları ile anlatılmış ve son olarak çalışmanın sonuç ve bulgularına yer verilmiştir.

2. SİSTEM KAVRAMI

“Parçaların oluşturduğu bütün” anlamına gelen ve köken olarak Yunancadan gelmiş olan, temelde birbirinden etkilenen ve birlikte çalışarak ortak amaçları gerçekleştirmeyi hedefleyen bir kavramdır [3].

Sistem bileşenlerinden girdi, sistem tarafından işlenerek çıktıya dönüştürülür. Proses bir sistemin görevini yerine getirebilmesi için başlangıçta var olan girdileri işleyerek anlamlı

sonuca ulaştırma dizisidir. Geri Besleme ise sistemin davranışlarını kontrol ederek sistemin durumu hakkında karar vericiye bilgi aktarma mekanizmasıdır. Böylece mevcut durumla istenen durumun karşılaştırılması yapılarak önemli bir farklılıkta bilgileri tekrar sürece verir ve denetimi sağlar. Şekil 1’de sistem bileşenleri gösterilmiştir.



Şekil 1. Sistem bileşenleri [4]

İmalat ortamında sistemler; Fiziksel/ Kavramsal, Statik/Dinamik, Açık/Kapalı, Sürekli/Farklılık gösteren, Deterministik/Stokastik şeklinde sınıflandırılır.

Dinamik sistemler, dördüncü sistem kategorisinde sürekli ve farklılık yaratan sistemler olarak adlandırılır. Bu sınıf, sistem değişkenlerinin zamana bağlı olarak nasıl farklılık gösterdiğini dikkate alır. Sürekli sistemlerde değişkenler zamanla devamlı olarak değişime uğrar. Farklılık gösteren sistemler farklı olaylar simülasyonu denilen bir yöntem yardımı ile incelenebilir. Matematiksel bir model yerine bilgisayar simülasyon modeli bir programlama dili yardımı ile direkt olarak geliştirilebilir. Programlama dili kullanmanın dışında bilgisayar programı kullanarak da sistem simüle edilebilir [4].

3. SİMÜLASYON

Simülasyonun kullanımı öncelikle askeri alanda stratejik planlama konusunda olmuştur. Son yıllarda ise üretim ve hizmet alanında kullanımı artmıştır [5]. Heim (1997) Simülasyon modellerinin kompleks sistemlerin tasarımı için gerekli olan bilgileri sağladığını ve operasyonlarla bağlantılı olan riskleri azaltma imkanına sahip olduğunu belirtmiştir [6]. Simülasyon, gerçek bir sistemi analiz etmek incelemek için yapılabilecek şeylerden en iyisidir. Simülasyon bilgisayar tarafından oluşturulan modeli çalıştırarak sistemin durumu ile ilgili

mevcut bilginin bütünleştirilmesini sağlar. Toplanan bu veriler tasarımı yapılacak gerçek sistem için girdi oluşturur [7].

Sistem tasarımında, simülasyon çıktı analizinde örneğin darboğazlar, atıl kaynaklar görülebilir. Bunlar üzerinde çeşitli senaryolar oluşturularak değerlendirmeler yapılır. Oldukça stokastik, karmaşık sistemlerle uğraşırken, Simülasyon-Optimizasyon yaklaşık deterministik prosedürlerden daha iyi performans gösterir [8].

Kesikli Simülasyon Tabanlı Optimizasyon (KSTO), yeni veya mevcut sistemlere kaynak tahsisi için inceleme ve karar verme konusunda araştırmacılara ve uygulayıcılara yardımcı olmak için yaygın olarak kullanılan bir dizi araç ve yöntemdir [9].

Üretim sistemlerinde simülasyonun kullanılmasının sebebi, sistemi birçok yönden analiz edebilmesi, böylelikle gerçek üretimin maliyetli ve riskli bir şekilde uygulanmasından kaçınılması, üretim sistemi bileşenlerinin hangi kombinasyonlarının mevcut ve stratejik işletme ihtiyaçlarına dinamik olarak uyacağı belirlenebilmesidir [10].

Simülasyonun kullanım alanlarına bakılacak olursa; Simülasyon üretim sistemlerinde, kaynak ve personel planlaması, ihtiyaçların saptanması, performans ve verimlilik analizi, sistem için zaman etüdü, gibi pek çok alanda uygulama alanına sahiptir [11].

Simülasyon yöntemleri geleneksel olarak çoğunlukla sistem tasarımı ve mühendislik alanlarında kullanılırken, gelecekte çok disiplinli simülasyonun her mecrada özellikle üretimde artış olduğu durumlarda bile çok az bir sürede doğru karar alabilme için kullanılacağı düşünülmektedir.

Simülasyonun avantaj ve dezavantajlarına bakılacak olursa:

- i. Gerçek istemdeki karmaşıklığa girmeden sınırlı sayıda sistem davranışına odaklanılmasını sağlar [12].
- ii. Pek çok değişkenin sistem üzerindeki etkisi eş zamanlı olarak incelenebilir.
- iii. Her senaryonun simüle edilmesi mümkün olmayabilir. Bu nedenle denenen senaryolar içinden en iyi sonuç bulunabilir ama simüle edilmeyen diğer olabilecek senaryolar içinden daha iyi bir sonucun olup olmayacağını bilmenin imkanı yoktur.
- iv. Her benzetim modeli probleme özeldir. Çoğunlukla çözümler ve çıkarsamalar başka problemlerin çözümünde kullanılamaz.
- v. Mevcut sistemin modeli bilgisayar ortamında oluşturulduktan sonra, farklı senaryoların analizi için tekrar tekrar kullanılabilir.
- vi. Deneme esas alınarak gerçekleştirilen bir teknik olduğu için optimum sonucu vermeyebilir. Yöneticiler incelemek istedikleri senaryolar için tüm şartlar ve kısıtları belirlemelidir; Çünkü mevcut durumun simülasyon modellemesi sonucu ile tek başına çözüm üretmez [13].

- vii. Simülasyon zaman alabilen ve kaynak gerektiren bir yöntemdir [14].
- viii. Bir simülasyon modeli ile, doğrudan üzerinde çalışılan sisteme ait deneylerin kullanımı ile mevcut durumun düzenlenmesine izin verir.
- ix. Deneyler hızlı bir şekilde test edilerek yöneticilerin hızlı bir şekilde karar almasını sağlar [15].

4. LİTERATÜR ÖZETİ

Bu bölümde simülasyon ile modelleme konusunda bu zamana kadar yapılmış olan çalışmalardan bazılarına yer verilmiştir. Literatür araştırmasında, simülasyon alanında yapılan çalışmaların güncelliğini koruduğu, gelişen teknoloji ile beraber bu alanda daha fazla çalışma yapıldığı görülmüştür.

Dengiz ve ark (2016) Türkiye'deki bir otomotiv firmasında boyahane bölümü için bir üretim kontrol modeli geliştirilmiştir. Otomotiv şirketinin bir boyahane üretim hattının optimum çalışma ortamı, hibrit simülasyon optimizasyon yaklaşımı kullanılarak belirlenmiştir. Çalışmanın optimizasyon aşamasında deney tasarımı ve çoklu regresyon analizinden yararlanılmıştır. Yapılan çalışma sonunda üretim hızı %15 artırılmıştır [16].

AlKeheder ve ark. (2019) Kuveyt Uluslararası Havalimanına ait veriler kullanılarak yapılan çalışmada bagaj taşıma sisteminde ve kontrol noktasında mevcut performansın iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Arena yazılımında süreç simüle edilmiştir. 30 replikasyon sonunda en yüksek bekleme süresine sahip sistem için yeni operatörler eklenerek toplam bekleme süresi 270 dakikadan 78 dakikaya düşürülmüştür [17].

Nouri ve Nour (2019) mobilya endüstrisi karma montaj hattında simülasyon çalışması ile Taguchi yöntemini uygulayarak teslimat süresi ve diğer değişkenlerin analizini yapmıştır [18].

Frough ve ark. (2019) Bir makinenin performansını ve kullanım faktörü tahmini için simülasyon çalışması yapmıştır. Modelin doğruluğunun araştırılması için iki proje verileri kullanılmıştır. Modelleme için Arena yazılımı kullanılmıştır. Öngörülen performans parametreleri ile gözlemlenen makine kullanımı arasında iyi bir korelasyon gösterdiği sonucuna varılmıştır [19].

Aroua ve Abdounour (2018) bir hastanedeki acil servis departmanındaki süreç performansını iyileştirmek için simülasyon çalışması yapmıştır. Çeşitli senaryoları uygulayarak deneysel tasarım ile hastaların bekleme sürelerinin, tedavi sürelerinin ve sedye kapasitelerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda yatışı kabul edilen hastalar için yatak kapasitesinin iyileştirilmesi diğer hastalar için ise tedavi sürelerinde

iyileştirme yapılmasının gerekliliği vurgulanmıştır. Öneri olarak yalın düşünce anlayışı üstünde durulmuştur [20].

Nyemba ve Mbohwa (2017) çok ürünlü bir mobilya endüstrisinde simülasyon ile analizi kullanarak montaj hattında minimum maliyetle ürün teslimatını sağlayacak bir çözüm geliştirmiştir [21].

Li ve ark (2015) sipariş üzerine üretim yapan bir işletmede müşterilere doğru teslim süresi verilmesi amacıyla yönelik simülasyon çalışması ile deney tasarımı yapmıştır. Sistemin simülasyon modeli Microsoft Visual C ++ ile kodlanmıştır. Doğru teslim süresinin belirlenmesi için doğru akış zamanı tahmin edilerek istenen güvenilirlik ve hizmet seviyesi için hesaplamalar yapılmıştır. Yapılan diğer yayın taramaları Tablo 1 ve Tablo 2’de özet şeklinde verilmiştir[22].

Tablo 1: Literatür Özeti

YIL	YAZAR	SEKTÖR	AMAÇ	PROGRAM	METHOD	YIL	YAZAR	SEKTÖR	AMAÇ/PROBLEM	PROGRAM	METHOD
2014	Viena&ark [23]	Sağlık Sektörü	Etkili Hizmet Yönetimi	Simul8, Excel,VENSIM	A.O Simülasyonu	2019	Guizzi&ark [33]		Üretim ve Bakım Çözümleme	PowerSim	Entegre Parametrik Simülasyon
2015	Phanden&ark[24]	Üretim Sektörü	Üretim Çözümleme	ProModel	GKO-Simülasyon	2019	Alkheder&ark	Havalimanı Hizmetleri	Süreç İyileştirme	ARENA	Simülasyon-DT
2016	Dengiz&ark	Otomotiv Sanayi	Üretim Kontrolü	ARENA, Minitab, Excel Solver	Meta-Model Tabanlı Hibrid Simülasyon	2019	Sime&ark [34]	Tekstil Endüstrisi	Montaj Hattı Dengeleme	ARENA	Simülasyon-DT
2016	Huang&ark [25]	Havalimanı Hizmetleri	İşgücü Planlaması	ARENA, Code Blocks	Delphi Yöntemi – Sez. Algoritma Simülasyon	2019	Mourtzis&ark [35]	Metal Endüstrisi	Üretim Sistemi Tasarımı	Matlab	A.O Simülasyonu
2016	Bağ & Aslan [26]	Tekstil Endüstrisi	Maliyet Minimizasyonu	ProModel	Simülasyon-DT	2019	Uludag&ark [36]	Vagon Sanayi	Darboğaz Yönetimi	ProModel	Simülasyon-DT
2017	Alegre&ark [27]	Ulaştırma Sektörü	Tasarım ve Planlama	Matlab/Simulink	Simülasyon ve GO	2019	Afrapoli&ak [37]	Ulaştırma Sektörü	Lojistik Yönetimi	ARENA, IBM CPLEX, MS Excel	HP, Simülasyon
2017	Nyemba&ark	Mobilya Endüstrisi	Maliyet Minimizasyonu	ARENA	Simülasyon-DT	2019	Joshi&ark [38]	Gıda Endüstrisi	Bakım Yönetimi	ARENA	Simülasyon ile Desteklenmiş ÇKK
2017	Li&Pan	Çelik Endüstrisi	Lojistik Sürecini İyileştirme	ARENA	Simülasyon-DT	2019	Güneş&ark [39]	Yapı Sektörü	Akıllı Ev Tasarımı	Node.js	Simülasyon-DT
2018	Lopez&ark [28]	Ulaştırma Sektörü	Süreç İyileştirme	ProModel, PTV-VISSIM, Minitab	Simülasyon-DT	2019	Sebatlı&Çavdur [340]	Sivil Toplum Örgütü	Dağıtım ve Envanter Kontrolü	Promodel	YSA ile desteklenmiş simülasyon
2018	Hamidi&ark [29]	Denizcilik Endüstrisi	Süreç İyileştirme	ARENA,Minitab	A.O Simülasyonu	2019	Frough&ark	İnşaat Sektörü	Performans Tahmini	ARENA	A.O Simülasyonu
2018	Scarf&ark [30]	Kağıt Endüstrisi	Bakım ve Yedek Parça Envanter Planlaması	ProModel	A.O Simülasyonu	2020	Chakravarthy [41]	Üretim Sektörü	Envanter Kontrolü	ARENA	Simülasyon-DT
2019	Taşoğlu&Yıldız [31]	Deniz Taşıma	Atama ve Çözümleme	ARENA,Matlab	TB bazlı Simülasyon	2020	Caterino&ark [42]	Otomotiv Endüstrisi	Montaj Hattı Performans Kontrolü	Tecnomatix Process Simulate	A.O Simülasyonu
2019	Dias&ark [32]	Otomotiv Yan Sanayi	Tedarik Zinciri Yönetimi	SIMIO,ARENA,SAP	Büyük Veri ile Simülasyon						

YSA :Yapay Sinir Ağları ÇKK: Çok Kriterli Karar Verme HP:Hedef Programlama DT: Deney Tasarımı AO:Ayrık Olay TB: Tavlama Benzetimi GO:Genetik Algoritmalar
YSA:Yapay Sinir Ağları

5. UYGULAMA

5.1 Araştırmanın Amacı

Günümüzde artan taleple birlikte rekabetin de artması işletmeleri üretim maliyetlerini düşürme aynı zamanda üretim miktarını artırma yönündeki uygulamalara zorlamaktadır. Bu amaçla

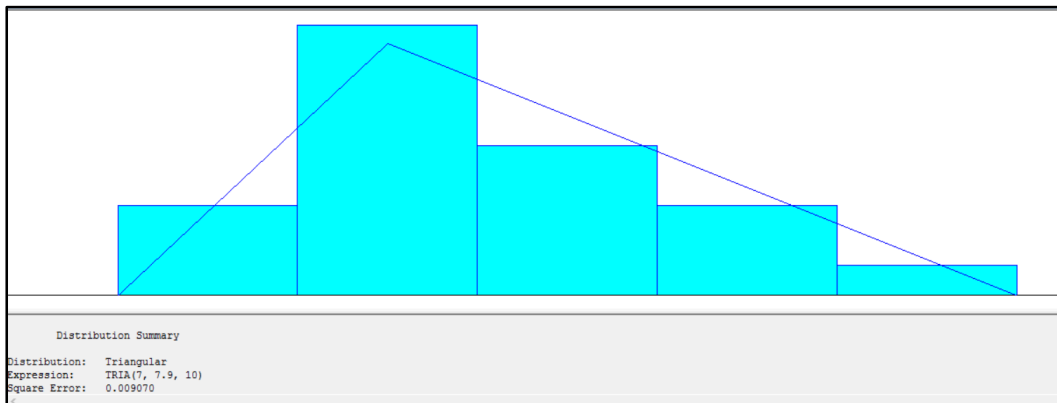
araştırmada bir üretim sisteminde yer alan ebat-ambalajlama sürecinin simülasyon çalışması yapılarak mevcut durum analizi yapmak ve önerilerde bulunmaktır.

Bu çalışmanın uygulaması karton üretimi yapan bir işletmenin üretim verileri doğrultusunda yapılmıştır. İşletmede dört çeşit ürün üretilmektedir. Bu ürünler arasında çok büyük işlem farklılıkları yoktur. Makine kapasiteleri yüksektir ve ufak değişiklikler ile ürün çeşitlerine adapte edilirler. Çalışma hızları bu nedenle yüksektir. Üretilen kartonlar bobinler halinde işlemden geçerler. Müşteriler tarafından ebat halinde istenen kartonlar bobin şeklinde çıktıkları bobin makinesinden kesilmek üzere ebat ambalajlamadaki makaslara gelir. Gelen bobinlerden yaklaşık %20'si önceki süreçte mavi tebeşirle belirtilen hafif kusurlu ikinci kalite kısım içerir. %80 ise normal bobindir. Öncelikle bobinlerin kesimi için hazırlık işlemi yapılır. Daha sonra kesme işlemi ve ardından kontrol yapılır. Mavi işaretli bobinler buradan istif makinesine geçerler. Ve mavi olarak belirtilen kısım istif makinesinde ayrılır. Daha sonra ambalajlama yapılır ve ambara sevk edilir. Modelleme Arena programında yapılmıştır.

Adımları şu şekilde ifade edilebilir:

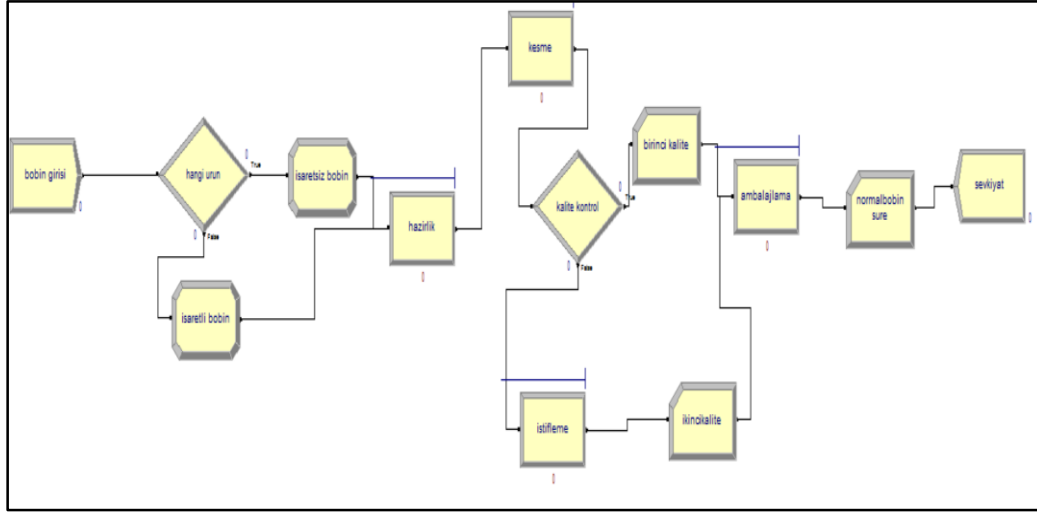
1. Mevcut üretim sürecinin incelenmesi ve akış şemasının çıkarılması
2. Analiz yapılacak sürece ilişkin zaman etütünün yapılması
3. Verilerin dağılımlarının belirlenmesi
4. Simülasyonun hazırlanması
5. Verilerin analizi
6. İyileştirme önerilerinin denenmesi
7. Sonuç ve yorum

Sürecin akış şeması oluşturulup ölçümler yapıldıktan sonra Arena programında yer alan input analyzer ile verilerin dağılımları bulunmuştur. Hazırlıkta gerçekleşen sürece ilişkin örnek bir veri dağılımı gösterilmiştir (Bkz. Şekil 2).



Şekil 2. Hazırlık Süreci Veri Dağılımı

Tüm verilere uygun dağılım belirlendikten sonra süreç modellenmiştir. Model Şekil 3’de gösterildiği gibidir.



Şekil 3. Süreç Akışı

Simülasyon çalıştırıldıktan sonra rapor oluşturularak çıktı analizi yapılmıştır. Çıktı sayısının 120 olduğu görülmüştür. Tablo 2’de simülasyon sonuçlarına yer verilmiştir. İşçi B olarak belirtilen operatör arzani makasta çalışırken İşçi A ile ifade edilen operatör ambalajlamada çalışmaktadır. İşaretlili bobin olarak belirtilen bobin ise ikinci kalite olarak kesme işlemine gönderilen bobindir.

Tablo 2. Mevcut duruma ait simülasyon sonuçları

Kaynaklara ilişkin sonuçlar	Kaynaklar	ORT Kullanım Oranları	Çıkan Parçalar	Varlıklara	Varlıklar	Bekleme Süreleri (dk)	Çıkan Parçalar	Çevrim Süresi
	Arzani Makas1	0.99	41		İşaretlili Bobin	İşaretlili Bobin	361.87	22
Arzani Makas2	0.98	41	İşaretsiz Bobin	402.43		98	448.95	
Süreçlere	Arzani Makas3	0.98	41	Süreçler	Süreçler	Kuyrukta Bekleme Süreleri	Kuyrukta Bekleyen Parça Sayısı	
	İşçiA	0.25	1.2		Ambalajlama	0	0	
	İşçiB	1	1.4		Hazırlık	300.75	60	
	İstif Makinesi	0.03	20		İstifleme	0	0	
					Kesme	187.26	23	

Ambalajlamada ve istifleme makinelerinde kuyruk oluşmadığı görülür. Ancak kesme ve hazırlıkta kuyruk oluşmaktadır. Yüksek çıkmasının nedeni ise stokta çok fazla ürün olması ve bazı aksaklıkların sık yaşanması. Kaynakların kullanım oranlarına bakılacak olursa Arzani makas 1 de 0.99, 2 de 0.98, 3’te 0.98 olduğu görülür. En yüksek meşguliyet ise hazırlık işlemi yapan işçide olduğu görülür.

5.2 Senaryolar

Kullanım oranlarını düşürmeden çevrim süresini minimize etmek için bazı senaryolar geliştirilmiş ve sonuçlara tekrar bakılmıştır.

5.2.1 Senaryo 1

Mevut durumda hazırlık işleminde çalışan işçinin kullanım oranının çok yüksek olduğu görülmektedir bu nedenle öncelikle hazırlık işlemini yapan operatörün sayısı 2 ye çıkarılarak model tekrar simüle edilerek 15 kez çalıştırılmıştır. Çıkan sonuçlar Tablo 3’deki gibidir.

Tablo 3. Senaryo 1’e Ait Simülasyon Sonuçları

Kaynaklara ilişkin sonuçlar	Kaynaklar	ORT Kullanım Oranları	Çıkan Parçalar	Varlıklara	Varlıklar	Bekleme Süreleri (dk)	Çıkan Parçalar	Çevrim Süresi
	Arzani Makas1	0.99	41		Varlıklara	İşaretili Bobin	321.87	29
Arzani Makas2	0.99	41	İşaretsiz Bobin	411.27		91	447.56	
Arzani Makas3	0.98	41	Süreçlere	Süreçler	Kuyrukta Bekleme Süreleri	Kuyrukta Bekleyen Parça Sayısı		
İsciA	0.28	1.2		Ambalajlama	0.03	0		
İsciB	0.85	1.4		Hazırlık	0.2	0		
İsciC	0.83	1.4		İstifleme	0	0		
İstif Makinesi	0.03	29		Kesme	400	81		

Kaynaklara ilişkin sonuçlara bakıldığında yeni eklenen operatörle birlikte işçi B’nin kullanım oranında düşüş olduğu görülmektedir. Ancak bu önemsenmeyecek bir miktardadır. Çünkü sürece yeni eklenen operatörün kullanım oranı yüksektir. Yani ekleme sonucundan verim alınmıştır. Makinelerin kullanım oranlarına bakıldığında da değişikliğin olmadığı görülmektedir. Sürece ilişkin sonuçlarda da operatörün aktif olduğu hazırlık sürecinde kuyrukta beklemenin önemli ölçüde azaldığı parça sayısının simülasyon sonucuna göre 0 olduğu görülmektedir. Varlıklara ait sonuçlarda önemli bir parametre olan çevrim süresinde azalış yaşandığı söylenebilir.

Tablo 4. Senaryo 2’ye Ait Simülasyon Sonuçları

Kaynaklara ilişkin sonuçlar	Kaynaklar	ORT Kullanım Oranları	Çıkan Parçalar	Varlıklara	Varlıklar	Bekleme Süreleri (dk)	Çıkan Parçalar	Çevrim Süresi
	Arzani Makas1	0.99	41		Varlıklara	İşaretili Bobin	234.37	38
Arzani Makas2	0.99	41	İşaretsiz Bobin	355.83		122	355.83	
Arzani Makas3	0.98	41	Süreçlere	Süreçler	Kuyrukta Bekleme Süreleri	Kuyrukta Bekleyen Parça Sayısı		
Arzani Makas4	0.98	41		Ambalajlama	0.1	0		
İsciA	0.33	1.6		Hazırlık	0.01	0		
İsciB	0.83	1.4		İstifleme	0	0		
İsciC	0.83	1.4		Kesme	300	60		
İstif Makinesi	0.05	38						

5.2.2 Senaryo 2

Mevcut durumun sonuçlarına göre denenebilecek bir diğer senaryo ise hazırlık sürecindeki işçi sayısını 2'ye çıkarıp aynı zamanda işletmede bulundurulmuş ancak kullanılmayan iki arzani makastan birinin devreye sokulduğu durumdur. Senaryo Arena programında modellenmiştir. Sonuçlar Tablo 4'deki gibidir.

Çıkan sonuçlarda kaynaklara bakıldığında görüldüğü gibi yeni eklenen arzani makasın da kullanım oranının yüksek olduğu aynı şekilde eklenen yeni operatörle birlikte senaryo 2'deki operatörlerin kullanım oranında düşüş olmadığı görülmektedir. Varlıklara ilişkin sonuçlara bakıldığında çıkan parça sayısının 40 adet arttığı görülmektedir. Toplam çevrim süresinde de aynı şekilde yaklaşık 182 dk. azalma olduğu görülmektedir. Kesme de yaşanan kuyrukta bekleme süresinin ve parça sayısının da azaldığı görülmektedir.

5.2.3 Senaryo 3

Senaryo 3'te ise arzani makasların sayısını 5'e çıkararak hazırlık işlemindeki operatör sayısını ise 2 de tutarak tekrar model çalıştırılmıştır. Sonuçlar Tablo 5'de görülmektedir.

Tablo 5. Senaryo 3'e Ait Simülasyon Sonuçları

Kaynaklara ilişkin sonuçlar	Kaynaklar	ORT Kullanım Oranları	Çıkan Parçalar	Varlıklara	Varlıklar	Bekleme Süreleri (dk.)	Çıkan Parçalar	Çevrim Süresi
	Arzani Makas1	0.99	41		İşaretli Bobin	165.55	43	213.93
	Arzani Makas2	0.99	41		İşaretsiz Bobin	201.89	157	248.73
	Arzani Makas3	0.98	41	Süreçlere	Süreçler	Kuyrukta Bekleme Süreleri	Kuyrukta Bekleyen Parça Sayısı	
	Arzani Makas4	0.98	41		Ambalajlama	0.09	0	
	Arzani Makas5	0.98	41		Hazırlık	0.01	0	
	İşçiA	0.83	2		İstifleme	0	0	
	İşçiB	0.83	1.4		Kesme	199	40	
	İşçiC	0.84	1.4					
	İstif Makinesi	0.03	43					

Çıkan sonuçlarda kaynakların kullanım oranlarının hala yüksek olduğu üretilen parça sayısında 40 adet artış olduğu çevrim süresinde azalma olduğu görülmektedir. Süreçlerde kuyrukta bekleyen parça sayısında da önemli bir azalış olduğu görülmektedir.

5.2.4 Senaryo 4

Bu denemede ise işçi alımı yapmadan hazırlıkta 1 işçi çalıştırarak makine sayısı 5'e çıkarılmış ve model tekrar çalıştırılarak sonuçlarına bakılmıştır. Sonuçlar Tablo 6'daki gibidir.

Tablo 6. Senaryo 4'e Ait Simülasyon Sonuçları

Kaynaklara ilişkin sonuçlar	Kaynaklar	ORT Kullanım Oranları	Çıkan Parçalar	Varlıklara	Varlıklar	Bekleme Süreleri (dk.)	Çıkan Parçalar	Çevrim Süresi	
	Arzani Makas1	0.86	36		Varlıklara	İşaretili Bobin	261.73	34	310
	Arzani Makas2	0.84	35			İşaretsiz Bobin	285.76	134	332
	Arzani Makas3	0.83	35	Süreçlere	Süreçler	Kuyrukta Bekleme Süreleri	Kuyrukta Bekleyen Parça Sayısı		
	Arzani Makas4	0.82	34		Ambalajlama	0	0		
	Arzani Makas5	0.78	33		Hazırlık	290	58		
	İsciA	0.34	1.6		İstifleme	0	0		
	İsciB	1	1.7		Kesme	0	0		
	İstif Makinesi	0.04	34						

Senaryo 4'ün sonuçlarına bakıldığında makine kullanım oranlarında mevcut duruma göre düşüş olduğu operatör kullanım oranının aynı olduğu çevrim süresinin ise düştüğü görülmektedir. Çıkan ürün sayısında ise artış olduğu görülmektedir. Hazırlık işleminde ise kuyrukta bekleme süresi azalmıştır.

6. SONUÇLAR

Üretim sürecinin analizi için simülasyon bir gün için çalıştırılmış 15 iterasyon yapılmıştır. Mevcut sonuçlara göre çevrim süresinin düşürülüp çıktı sayısı ve kullanım oranlarının artırılmasına yönelik alternatif senaryolar modelde uygulanmıştır. Mevcut durumda uygulanması maliyetli ya da zor olan senaryolar bilgisayar ortamında denenerek çevrim süresi, kullanım oranı, bekleme süreleri, kuyruktaki parça sayısı, toplam çıkan ürün sayısı gibi değişkenleri ne derece etkilediği tespit edilmiştir. Maliyet verileri paylaşılmadığı için değerlendirmeye katılmamıştır. Üretim sisteminin tamamına ait süreler ve akışlar bilinmediği için sadece ebat-ambalajlama bölümü ele alınmıştır. Hazırlık sürecine bir operatörün dahil edilmesi, mevcut operatörün iş yükünü bir miktar hafifleteceği, bu sayede yorgunluk, dikkatsizlik kaynaklı hatalarda azalma olacağı beklenmektedir. Kesme sürecinde kullanılan üç makineye aynı işlevde iki makine eklenerek çıktı sayısının artacağı ve çevrim süresinin de azalacağı öngörülmektedir.

Tablo 7. Senaryoların Karşılaştırılması

Alternatif Senaryolar	Toplam Çevrim Süresi	Toplam Çıktı Sayısı	Ortalama Kaynak Kullanım Oranları
Senaryo 1	820.56	120	0.70
Senaryo 2	638.49	160	0.75
Senaryo 3	462.66	200	0.78
Senaryo 4	642	168	0.69

Bunları sağlayan senaryo 3'ün işletmeye önemli katkıları olacağı söylenebilir. Model üzerinde yapılan denemeler sonunda senaryolar Tablo 7'deki gibi karşılaştırılabilir.

Tablodan da görüldüğü üzere modelin simülasyonu sonucunda en iyi çözümü sunan senaryonun üçüncü senaryo olduğu görülür. En düşük çevrim süresi, en yüksek çıktı ve kullanım oranı senaryo 3'tedir. Çevrim süresinde %46.15 azalma, çıktı sayısında %66.6 artma, kullanım oranında ise %10'luk bir artma söz konusudur. İşletme bir operatör ve 2 arzani makas tahsis ettiği durumda bu sonuca ulaşacağı söylenebilir.

KAYNAKLAR

- [1] W. El Maraghy, H. El Maraghy, T. Tomiyama, L. Monostori, Complexity in Engineering Design and Manufacturing. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 61 (2012) 793-814.
- [2] F.S. Onursal, Kesme Kaybı ve Stok Maliyetlerinin Optimizasyonuna Yönelik Bir Model Önerisi. Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, 2014.
- [3] M. Yalvaç, *Kütüphane ve Bilgi Merkezlerinde Sistem Analizinin Önemi ve Uygulanabilirliği: Bir Örnek: İstanbul Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığına Bağlı Birimlere Yayın Sağlama Alt Sistemi'nde Sistem Analizi Çalışması*. (Çantay Kitapevi, İstanbul, 2000).
- [4] O.H. Yüregir, *Bilişimde Sistem Analizi ve Tasarımı*. (Nobel Kitapevi, Adana, 2001) pp. 17-23.
- [5] C. Yeroğlu, *Üretim ve Servis Sistemlerinde Pratik Simülasyon Teknikleri*. (Nobel Kitapevi, İstanbul, 2001).
- [6] N. Ruiz, A. Giret, V. Botti, V. Fera, An Intelligent Simulation Environment for Manufacturing Systems. *Computers and Industrial Engineering*, 76 (2014) 148-168.
- [7] H.A. Taha, *Yöneylem Araştırması*. Çev., Ş.A. Baray ve Ş. Esnaf. (Literatür Yayıncılık, İstanbul, 2000) pp. 665.
- [8] T. Lin, C. Chen, Simulation Optimization Approach for Hybrid Flow Shop Scheduling Problem in Semiconductor Back-end Manufacturing *Simulation Modelling Practice and Theory*, 51 (2015) 100-114.
- [9] W. Junior, J. Montevechi, T. Miranda, A. Campos, Discrete simulation-based optimization methods for industrial engineering problems: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 128 (2019) 526-540.
- [10] M. Li, H. Shurrab, Simulation of Production Systems Sim's Coffee Cups-Project Report 2015.
- [11] Ö. Ergüt, Üretim Sistemlerinde Bir Simülasyon Uygulaması. *Osmaniye Korkut Ata University İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3(2) (2019) 244-258.
- [12] A. Anglani, A. Grieco, M. Pacella, T. Tolia, Object-Oriented Modeling and Simulation of Flexible Manufacturing Systems: A Rule-Based Procedure Simulation of Modelling Practice and Theory, 10 (2002) 209-234.
- [13] A. Sözen, Hız Kesicilerin Trafik Yükleme Altındaki Dinamik Simülasyonu. Yüksek lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.

- [14] E. Mouayni, A. Etienne, A. Lux, A. Siadat, J.Y. Dantan, A Simulation-Based Approach for Time Allowances Assessment During Production System Design with Consideration of Worker's Fatigue, Learning And Reliability. *Computers & Industrial Engineering*, 139 (2020) 105650.
- [15] M. Kikolski, Study of Production Scenarios with the Use of Simulation Models. *Procedia Engineering*, 182 (2017) 321-328.
- [16] B. Dengiz, Y.T. İç, Ö. Belgin, A meta-model based simulation optimization using hybrid simulation-analytical modeling to increase the productivity in automotive industry. *Mathematics and Computers in Simulation*, 120 (2016) 120-128.
- [17] S. Alkeheder, A. Alomair, B. Aladwani, Hold Baggage Security Screening System in Kuwait International Airport Using Arena Software. *Ain Shams Engineering Journal*. 11 (2020) 687-696.
- [18] K. Nouri, G. Nour, Optimization via Computer Simulation of a Mixed Assembly Line of Wooden Furniture - A Case Study. *Procedia Manufacturing*, 39 (2019) 956-963.
- [19] O. Frough, A. Khetwal, J. Rostami, Predicting TBM utilization factor using discrete event simulation models. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 87 (2019) 91-99.
- [20] A.Aroua, G.Abdulnour, Optimization of the emergency department in hospitals using simulation and experimental design: Case study. *Procedia Manufacturing*, 17 (2018), 878-885.
- [21] W. Nyemba, C. Mbohwa, Modelling, Simulation and Optimization of the Materials Flow of a Multi-product Assembling Plant. *Procedia Manufacturing*, 8 (2017) 59-66.
- [22] M. Li, F. Yang, H. Wan, J. Fowler, Simulation-based experimental design and statistical modeling for lead time quotation. *Journal of Manufacturing Systems*, 37(1) (2015) 362-374.
- [23] J. Viana, S.C. Brailsford, V. Harindra, P.R. Harper, Combining Discrete-Event Simulation and System Dynamics in A Healthcare Setting: A Composite Model for Chlamydia Infection. *European Journal of Operational Research*, 237(1) (2014) 196-2061.
- [24] R. Phanden, A. Jain, Assessment of Makespan Performance for Flexible Process Plans in Job Shop Scheduling. *IFAC-Papers Online*, 48(3) (2015) 1948-1953.
- [25] P. Huang, T. Yu, Y. Chou, Y. Lin, Simulation Method for Dispatching National Border Security Manpower to Mitigate Manpower Shortage. *Journal of Air Transport Management*, 57 (2016) 43-51.
- [26] M. Bağ, E. Aslan, Bir Tekstil Fabrikasında Simülasyon Uygulaması. *Journal of International Management, Educational and Economics Perspectives*, 4(1) (2016) 38-54.
- [27] S. Alegre, J. Carpio, J. Miguez, Modelling of Electric and Parallel-Hybrid Electric Vehicle using Matlab/Simulink Environment and Planning of Charging Stations Through A Geographic Information System and Genetic Algorithms. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74 (2017) 1020-1027.
- [28] J. Mondragon, J. Garcia, J. Flores, J. Lopez, S. Vazquez, Experiments simulation and design to set traffic lights' operation rules. *Transport Policy*, 67 (2018) 2-12.
- [29] B. Rahimikelarijani, A. Abedi, M. Hamidi, J. Cho, Simulation modeling of Houston Ship Channel vessel traffic for optimal closure scheduling. *Simulation of Modelling Practice and Theory*, 80 (2018) 89-103.

- [30] F. Hosseini, P. Scarf, A. Syntetos, Joint maintenance-inventory optimisation of parallel production systems, *Journal of Manufacturing Systems*, 48 (2018) 73-86.
- [31] G. Tasoglu, G. Yildiz, Simulated annealing based simulation optimization method for solving integrated berth allocation and quay crane scheduling problems. *Simulation of Modelling Practice and Theory*, 97 (2019) 101948.
- [32] A. Vieira, L. Dias, M. Santos, G. Pereira, J. Oliveira, On the use of simulation as a Big Data semantic validator for supply chain management. *Simulation of Modelling Practice and Theory*, 98 (2020) 101985.
- [33] G. Guizzi, D. Falcone, F. Felice, An Integrated and Parametric Simulation Model to Improve Production and Maintenance Processes: Towards A Digital Factory Performance. *Computers and Engineering*, 137 (2019) 106052.
- [34] H. Sime, P. Jana, D. Panghal, Feasibility of Using Simulation Technique For Line Balancing in Apparel Industry, *Procedia Manufacturing*, 30 (2019) 300-307.
- [35] D. Mourtzis, A. Vasilakopoulos, E. Zervas, N. Boli, Manufacturing System Design using Simulation in Metal Industry towards Education 4.0. *Procedia Manufacturing*, 31 (2019) 155-161.
- [36] F. Uludag, Y. Olabi, E. Günay, G. Kremer, Mitigating the Effects of Bottlenecks in Wagon Manufacturing. *Procedia Manufacturing*, 39 (2019) 1010-1019.
- [37] A. Afrapoli, M. Tabesh, H. Nasab, A Multiple Objective Transportation Problem Approach to Dynamic Truck Dispatching in Surface Mines. *European Journal of Operational Research*, 276 (2019) 331-342.
- [38] R. Joshi, Q. Tian, A. Shaurya, P. Arora, W. Guo, Simulation and Analysis of Preventive Maintenance Scheduling Techniques for Fruit-Roll Packaging Line. *Procedia Manufacturing*, 39 (2019) 1762-1772.
- [39] H. Güneş, S. Bıçakçı, E. Orta, D. Akdaş, Development of Simulation for Artificial Intelligence Techniques in Smart Homes. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(3) (2019) 554-563.
- [40] A. Sebatlı, F. Çavdur, Analysis of Relief Supplies Distribution Operations via Simulation. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 34(4) (2019) 2079-2096.
- [41] S. Chakravarthy, A. Rumyantsev, Analytical and Simulation Studies of Queueing-Inventory Models with MAP Demands in Batches and Positive Phase Type Services. *Simulation of Modelling Practice and Theory*, 103 (2020) 102092.
- [42] M. Caterino, A. Grego, S. D'Ambra, P. Manco, M. Fera, R. Macchiaroli, F. Caputo, Simulation Techniques for Production Lines Performance Control. *Procedia Manufacturing*, 42 (2020) 91-96.