

İMALAT SİSTEMLERİNDE KAYNAK KULLANIM ORANLARININ İYİLEŞTİRİLMESİ

Arzu EREN ŞENARAS

Dr., Uludağ Üniversitesi İ.İ.B.F. Ekonometri Bölümü Görükle

Bursa/Türkiye, E-mail: arzueren@uludag.edu.tr

ÖZET

İmalat sistemlerinde etkinlik ve verimlilik firmalar için önem arz etmektedir. Özellikle imalat firmaları yoğun yaşanan rekabete dayanabilmek için bu konuya büyük önem verirler. Aynı çıktıyı az girdi ile sağlama ve ya aynı girdi ile daha çok çıktı sağlama seçeneklerinin yanında hangi postaya kaynak(yatırım) ve girdi yatırımı ile hattın verimliliği ve çıktı miktarındaki değişimin saptanması kaynakların etkin değerlendirilmesi için önem arz eder. Bu çalışmanın amacı, bir imalat atölyesinde etkinliğin artırılması kapsamında istasyondaki kaynak sayılarının incelenmesi ve verimliliklerinin karşılaştırılmasıdır. Öncelikle iş istasyonlarındaki mevcut durum analiz edilmiş ve kurulan benzetim modeli sayesinde kaynak kullanım oranları çıkarılmıştır. Daha sonra kullanım oranı yüksek olan kaynak değerleri artırılarak sistemin üretebileceği üretim sayıları hesaplanmış ardından veri zarflama analizi ile etkin senaryolar belirlenip işletme yönetimine bildirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kesikli Olay Benzetimi, Veri Zarflama Analizi, Kapasite İyileştirme, İmalat Sistemleri.

JEL Kodları: C63, L60.

IMPROVEMET OF RESOURCE UTILIZATION RATE IN MANUFACTURING SYSTEM

ABSTRACT

Efficiency and effectiveness in production system is getting much more importance for company. Competitiveness force production firms to become much more effective, that's mean to obtain same output with less input or higher output with same input and also it is essential to determine degree of change with investment and number of operators to ensure efficient use of resources. The purpose of this study is analyzing rate of utilization of resource in the manufacturing system and comparing efficiency of scenarios. The scope of the study is a medium size production firm which is located in Bursa. The method using is first to create simulation model to analyze current situation. Simulation model is created in Arena packed program then utilization rate of the resource is calculated. Then 6 different scenarios are created. Then data envelopment analyze is realized to determine efficient scenarios.

Keywords: Discrete Event Simulation, Data Envelopment Analysis, Capacity Improvement, Manufacturing Systems.

Jel Codes: C63, L60.

1.GİRİŞ

Günümüzde sistem yaklaşımı düşüncesinden her alanda yararlanılmaktadır. Sistem yaklaşımı üretim yönetimine geniş bir bakış açısı kazandırmakla birlikte üretim akışını doğrudan etkilemekte ve üretime yön vermektedir.

Üretim yönetimi, işletmenin elinde bulunan malzeme, makine ve insan gücü kaynaklarının belirli miktarlardaki mamulün istenilen niteliklerde, istenilen zamanda ve mümkünse en düşük maliyetle üretimini sağlayacak biçimde bir araya getirilmesidir. Üretim yönetimi disiplininin amacı, uygun araç ve yöntemler kullanarak yöneticinin karar verme yeteneğinin geliştirilmesidir (Kobu, 2010: 5).

Üretim yönetimiyle, kaynakların en etkin biçimde kullanılması, kayıpların en aza indirilmesi ve kalite yönünden istenilen seviyeye çıkarılması hedef alınır. Üretim yönetimi, bir malın istenildiği biçimde ve sürede, en az maliyetle oluşturulmasını ilke olarak kabul eder. Üretim yönetimi, üretim süreçlerini ilgilendiren tüm kararların alınması ile ilgilidir (Demir ve Gümüšoğlu, 2009: 9).

Üretim yönetiminin amacı, miktar, zaman, kalite ve maliyet faktörlerinin en iyi değerlerinin bulunmasına yönelik çalışma yapmaktır. Üretim yönetimi ile bu amaca ulaşmaya çalışılırken hangi ürünlerin, ne miktarda, hangi özelliklerde, nerede ve kim tarafından üretileceği sorularına yanıt aranmaktadır. Bu sorular yanıtlanırken aynı zamanda, maliyetin en düşük düzeyde ya da kârın en yüksek düzeyde tutulmasına çalışılmaktadır. Tüm bunların yanında, müşterilerin istek ve gereksinimlerinin karşılanması, stok düzeyinin olası en düşük düzeyde tutulması ve üretim kaynaklarının etkin ve verimli kullanımı da önemli olmaktadır (Kağncıoğlu vd., 2012: 12).

Esnek üretim sistemi, mekanik, otomatik bilgi aktarma ve bilgisayar kontrol düzeyler açısından farklılıklar gösteren bir dizi sistemi temsil eder (Demir ve Gümüšoğlu,2003:183).

2. LİTERATÜRE KISA BAKIŞ

Literatürde, imalat sistemlerinde performans iyileştirmesinde benzetim yöntemini kullanan çeşitli çalışmalar mevcuttur. Yapılan çalışmalara örnek olarak aşağıdaki çalışmalar sunulmuştur:

Haskose vd.(2004) çalışmalarında farklı kontrol rejimli iş yükleri altında sistem performansının nasıl yapılacağını incelemiştir. İş yükü kontrollerini dört farklı sorun için modelleme ve algoritma teknikleri ile inceleme yapılmıştır. Rivero (2004) çalışmasında benzetimin, dinamik sistemlerinin değerlendirilmesi ve sistem performansını artırmak için yapılan gerçek olaylar için davranış türeten bir hayali üreme olduğunu belirtmiştir. Günümüzde ise, lojistik ağlarının analizi gibi karmaşık dinamik sistemlerin animasyonlu benzetim modelinin geliştirilmesinin, gelişen yüksek bellekli ve modern bilgisayarlar sayesinde benzetim kullanılarak yapılabileceğini söylemiştir. ProModel programının, lojistik süreçlerini verimli bir şekilde modelleyebilen animasyonlu bir benzetim yazılımı olduğunu belirtmiştir. Ayrıca ProModel yazılımı ile benzetim modelleri kurulabilecek sistemleri; çapraz sevkiyat benzetimi; olası rotalar arasında daha iyi alternatif seçimi, taşımacılık operasyonlarında yükleme gibi, insan kaynakları, fiziki kaynaklar, müşteri siparişlerini bilgi akışının benzetimi, çağrı merkezleri ve bütünleşik lojistik dinamik sistemlerin benzetimi olarak da bilinen tedarik zinciri boyunca operasyon kontrolü ve bilgi akışı sağlayan, ulaşım yolları görmek için daha karlı alternatifler elde edilebilen sistemler yaratıldığını ortaya sürmüştür. Lu ve Wong (2007) çalışmalarında SDESA ve PROMODEL modelleme tekniği ile oluşturulmuş sistemleri karşılaştırmışlardır. SDESA (Simplified Discrete Event Simulation Approach, Basitleştirilmiş Ayrık Olay Simülasyon Yaklaşımı) ile kurulan sistemi

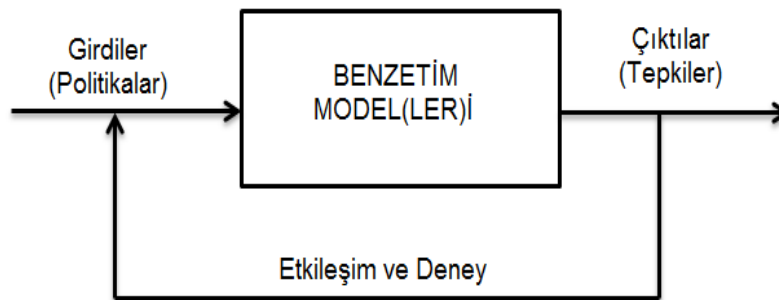
PROMODEL ile kontrol etmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda SDESA sisteminin daha esnek bir yapıya sahip olduğunu belirlemişlerdir. Nguyen ve Takakuwa (2008) çalışmasında bir otomotiv firması için üretim hattının tasarımında benzetim yöntemini kullanmıştır. Mühendislik deneyimlerine dayanan yöntem ile hızlı model geliştirilmesi için bir çerçeve önermiştir. Durmaz (2008), kauçuk prosesine Taguchi metodu uygulanarak kalite kayıpları önlenmeye çalışılmıştır. Kalitenin ürüne tasarım aşamasında kazandırıldığı düşünülerek Taguchi deneysel tasarım metodu uygulanmıştır. Uygulama yapılan firmanın problemi, imalatını gerçekleştirmiş olduğu ürünlerin istenen müşteri memnuniyetini sağlamayarak iade edilmesidir. Bu durumda amaç, ürün dayanıklılığını etkileyen faktörlerin üretim aşamasındaki en iyi değerini bulmak olmuştur. Doğrulama deneyleri sonucunda bulunan yanıt da belirlenen güven aralıkları içinde yer almıştır. Optik kontrol makinesinde hatalı çıkan ürün sayısı, en iyi üretim şartları sağlandığında %60 azalmıştır. Ruiz C vd. (2009) çalışmalarında firmaları maliyetlerini ve süreçlerdeki kayıpları engellemek için sınırlandırılmış eş zaman yöntemi (BTC, bounded true concurrency) adı verilen zaman süreçli cebir yöntemi kullanmışlardır. Bu yöntemde uygulanan süreçlerin sürelerini dikkate almışlardır. Çalışmalarında benimsedikleri üç değişik yöntemi karşılaştırmışlar ve hesaplamalar sonucunda esnek imalat hücresinin BTC yöntemi kullanılarak sistem performanslarını hesaplamışlardır. Steinemann vd. (2012), otomotiv firmasında montaj hattı için benzetim deneylerinden yararlanabilen üretim sistemi için bir yaklaşım önermişlerdir. Amaç kesikli olay benzetimini üretim hattında yaygınlaştırmak ve iyileştirme süreçlerinde benzetim denemelerine destek olmaktır. Feng vd. (2013), otomobil motor parçalarının üretiminde kesikli olay benzetimini kullanarak çalışanların farklı çizelgeleme politikalarını incelemişlerdir. Bae vd.(2015) çalışmasında üretkenliği arttırmak için gerçekçi üretim planlarının sağlanması amaçlanmaktadır. Optimal sistem konfigürasyonlarını belirlemek ve istenen imalat seviyesine ulaşmak için çeşitli alternatif sistem bileşenlerinin değişimini önermişlerdir. Elde ettikleri benzetim sonuçlarına göre mantıklı gelişim stratejileri önermişlerdir.

Bu çalışmada esnek imalat sistemlerinde operatör kullanım oranlarının incelenmesine ilişkin Micro Saint Sharp paket programında geliştirilen benzetim modelinde deneyler gerçekleştirilmiştir.

3. KESİKLİ OLAY BENZETİMİ

Bilgisayarlı benzetim, sistemin bilgisayar tabanlı modeli üzerinde denemeler yapma olanağı sunar. Geliştirilen model, genellikle “deneme-yanılma” yoluyla farklı politikaların sistem üzerindeki olası etkilerini göstermek amacıyla denemeler için bir araç olarak kullanılır. Böylece, modelde en iyi sonuçları üreten seçenekler gerçek sistemde uygulanmak için aday olurlar. Temel fikir Şekil 1’de gösterilmiştir (Sezen ve Günel, 2009: 9-10).

Şekil 1: Deney Olarak Benzetim



(Kaynak: Sezen ve Günel, 2009: 10)

Bir taşıma sistemini modellerken incelenen konular taşıtların hareketleri, çarpmaların engellenmesi, araçların rotalarının belirlenmesi ve çizelgelenmesidir(Chung, 2004: 15-41). Bilgisayarla benzetimin imalat sektöründe çok farklı uygulamaları mevcuttur. Benzetim, fiziksel atölyelerin yapımına başlamadan önce, model üzerinde tasarım ve politika seçeneklerinin karşılaştırılmasına olanak sağlar. Geniş ölçekli hataların risk ve maliyetinin azaltılmasına imkan sağlar. Benzetim yaklaşımları mevcut atölyelerde işlemlerin daha iyi yapılma yollarının bulunmasında da kullanılır ve bu çalışmalar bir kereye özgü yapılabileceği gibi sistemin çalıştırılmasına ilişkin periyodik kontrolün bir parçası da olabilir (Sezen ve Günal, 2009:5). Üretim sistemlerinin benzetim modeli, bu sistemlerin performanslarının tahminine ve önemli tasarım parametrelerinin sistem performansı üzerindeki etkilerinin araştırılmasına olanak vermektedir.

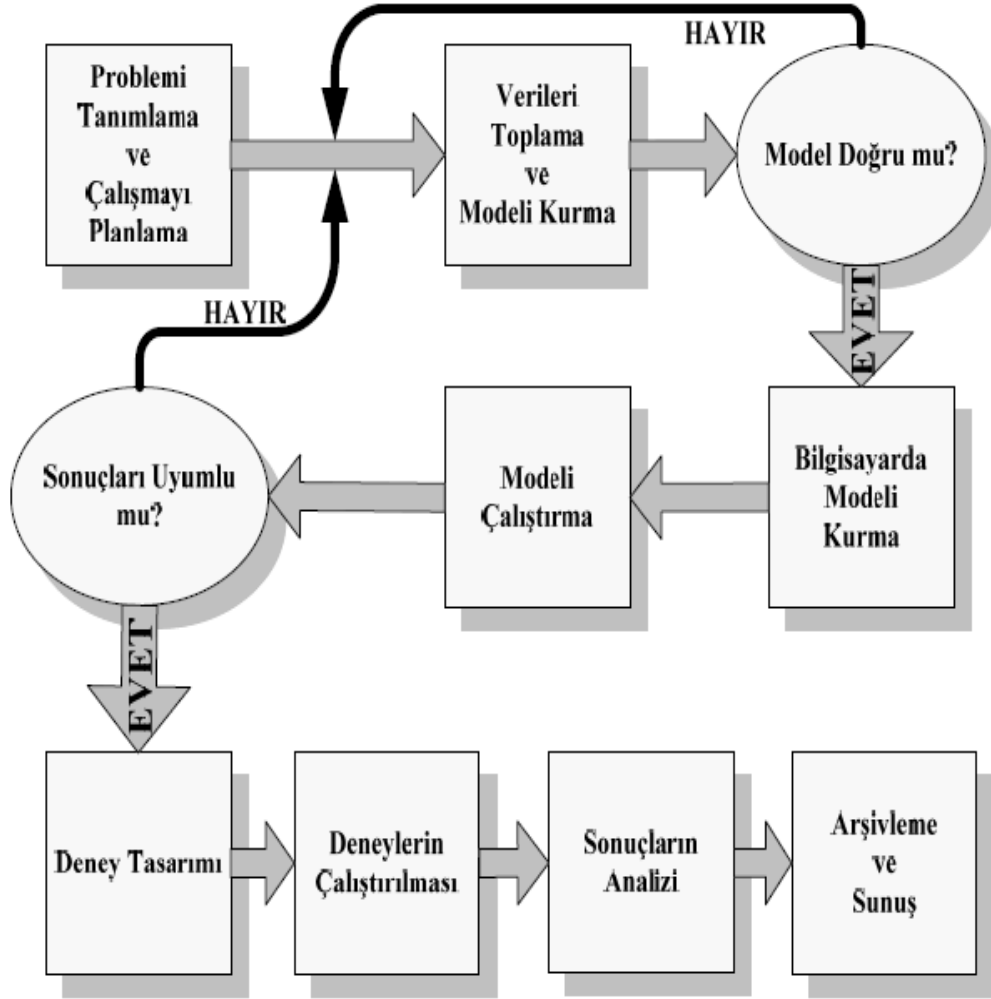
Benzetim, gerçek hayat kaynaklarının ve süreçlerinin farklı şekillerdeki operasyonlarının bilgisayar ortamında modellenmesi ve benzetilmesi tekniğidir. Bir benzetimde model karakteristiklerini doğru tahmin etmek için toplanan verileri sayısal olarak bilgisayar aracılığıyla değerlendirebilir.

Bir benzetim modeli, temel olarak “ne-eğer (... olursa ne olur) ” (“what-if”) analizlerinin yapılmasını sağlayan bir araç olarak ele alınmalıdır. Kullanıcısına değişik tasarım ve işletim stratejilerinin genel sistem performansı üzerindeki etkisini gösterir.

Benzetim, gerçek dünyanın temsiline oluşturulması ve onunla deney yapmaktan oluşur; bu sebeple benzetimin bir alternatifi gerçek dünyada deney yapmaktır. Gerçek denemelere karşın, benzetim aşağıdaki avantajlara sahiptir (Pidd,çev. Sezen ve Günal):

- ❖ **Maliyet:** Benzetim zaman alabilen ve böylece nitelikli işgücü anlamında pahalı olmasına rağmen, gerçek denemeler; özellikle bazı şeyler yanlış gittiğinde pahalı olabilir.
- ❖ **Zaman:** Herkesin kabul edeceği gibi, benzetim modelleri için çalışan bilgisayar programlarını üretmek önemli miktarda zaman alır. Ancak bir kez yazıldıktan sonra büyük fırsatlar sunarlar. Şöyle ki haftaların, ayların ve hatta yılların saniyelik bilgisayar zamanıyla benzetimini yapmak olasıdır. Böylece politikalar bütünüyle düzenli olarak karşılaştırılabilir.
- ❖ **Tekrar (Replication):** Ne yazık ki gerçek dünyada bir deneyin tam olarak tekrarlanması nadiren mümkündür. Fiziki bilimlerle uğraşanların niteliklerinden biri diğer bilim adamlarınca tekrarlanabilen deneylerin tasarımıdır. Bu, yönetim biliminde nadiren olasıdır. Bir organizasyonun rakiplerinin, bir indirimde en iyiyi bulmak için fiyat politikalarının tüm türlerinin denenmesini boş boş oturup beklemeleri olası görünmektedir. Yine düşmanın savaşın yinelenmesine izin vermesi oldukça az olasıdır. Benzetimler kesinlikle tekrarlanabilir.
- ❖ **Güvenlik:** Bir benzetim çalışmasının amaçlarından biri uç koşulların etkilerinin tahmin edilmesi olabilir ve gerçek dünyada bunu yapmak tehlikeli ve hatta yasak olabilir. Bir havaalanı yönetimi havaalanının kapasitesini öğrenmek için, onlar da istiyor olsa, günlük uçuşların ikiye katlanmasına izin vermek konusunda belki ikna edilebilirler. Benzetilmiş uçaklar benzetilmiş uzayda yakıtları bittiği zaman küçük hasarlara yol açarlar.
- ❖ **Yasallık:** Mafya tarafından çalıştırılmasa da analistin yasalardaki değişikliğin etkilerini belirleme isteği olduğu anlar vardır. Örneğin, bir şirket sürücülerin çalışma saatlerinde olacak yasal değişikliklerin şirketin ürün teslim performansı üzerindeki etkisini görmek isteyebilir.

Şekil 2: Benzetim Çalışmasının Aşamaları



(Kaynak: Law ve Kelton, 2000: 107)

Kesikli olay, zaman içerisinde herhangi bir noktada oluşan bir anlık olaydır. Uçağın hava meydanına inmesi, dağıtım bölümüne varan bir parça, bankaya giren bir müşteri, deniz otobüsüne binen bir yolcu, kesikli olaya verilebilen birkaç örnektir. Bu olayların olması sistem durumunun değişmesine sebep olur. Kesikli olay modellerinin benzetiminde, bilgisayar, benzetim saati adı verilen, zaman içinde belirli bir noktada gerçekleşen her olayda ölçüm yapan bir zaman belirleyici mekanizma içerir.

Kesikli olay benzetim modelinde en önemli konu, her adımda benzetim zamanının bilinmesi gerekliliğidir. Benzetim zamanını gösteren değişkene “Benzetim Saati” denir. Kesikli olay benzetiminde her olayda benzetim zamanının bulunduğu değerden ileri bir değere geçmesini sağlayacak bir işlem yapılması gerekmektedir.

4. VZA

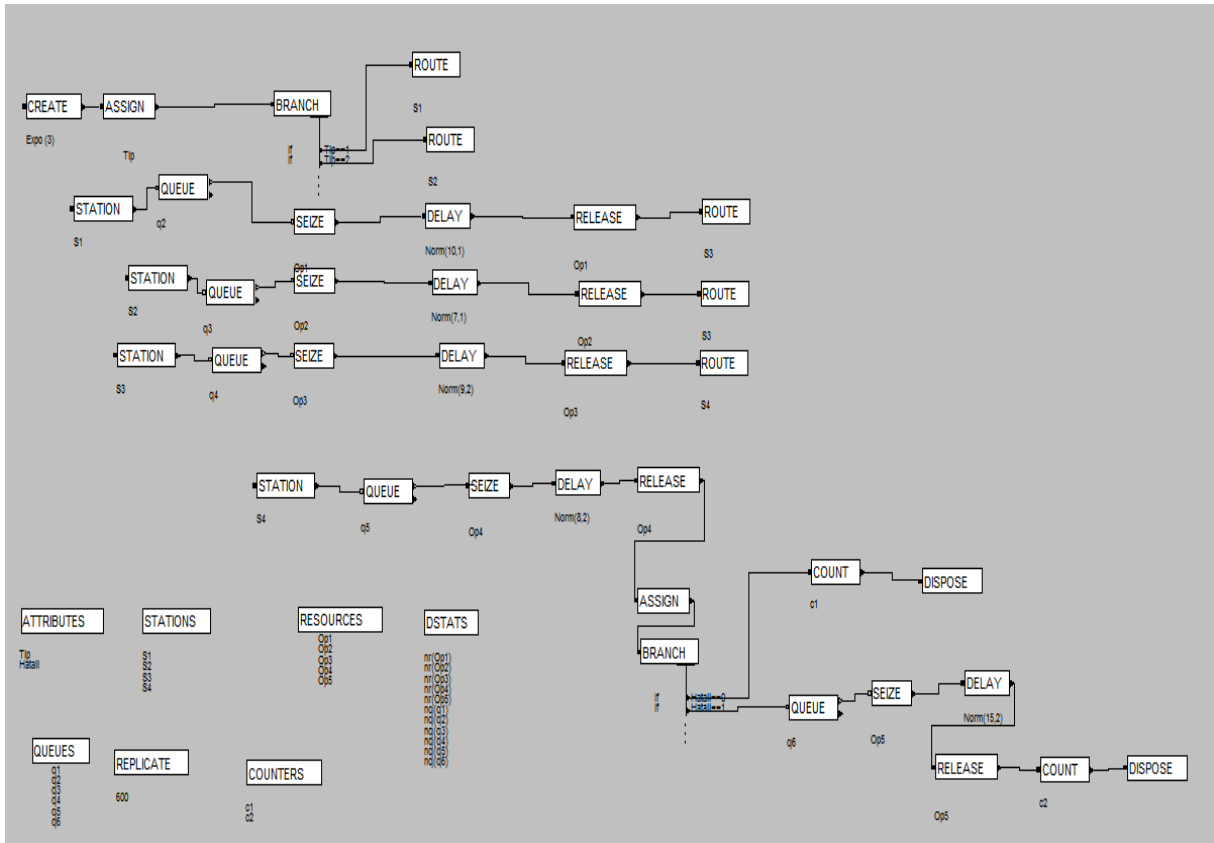
VZA, karşılaştırılmaları zor olan çok sayıda girdi ve çıktının söz konusu olduğu; hastaneler, okullar, bankalar gibi organizasyonel birimlerin görelî etkinliklerini ölçmekte kullanılan doğrusal programlama esaslı bir metottür. Bunu biraz genişlettiğimizde, girdi ve çıktıların ortak bir birimle ifade edilemediği organizasyonlarda da etkinlik ölçümüne olanak sağlayan bir tekniktir. Tekniğin bu özelliğinden dolayı etkinliğin kolaylıkla ölçüldüğü ve

kıyaslanabildiği üretim sektörünün dışında, kar amaçlı olmayan kuruluşlar, belediyeler, okullar, hastaneler, mağazalar, kütüphaneler gibi hizmet üreten sektörlerde de kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. VZA birden fazla girdi ve çıktıya sahip örgütler kümesinde, hem girdilerin, hem de çıktılarının nesnel biçimde bir verimlilik indeksi içinde birleştirilemediği durumlarda göreceli verimlilik ölçümü için kullanılan bir yöntemdir(Kıyıldı, 2006: 392).

5. BENZETİM MODELİ

İmalat sanayinde faaliyet gösteren firmanın iş atölyesinde ürün işlenmektedir. Mevcut sistem incelendiğinde dört adet istasyon ve beş tür operatör yer almaktadır. Ürün iş atölyesinde geldiğinde öncelikle Operatör tarafından ürün türüne göre İstasyon1 veya İstasyon 2'ye yönlendirilir. %60 olasılıkla İstasyon 1'e %40 olasılıkla ise İstasyon 2'ye yönlendirilmektedir. İstasyon 1'de Operatör 1 tarafından ve İstasyon 2'de Operatör 2 tarafından işlem gören ürünler İstasyon 3'e aktarılır. İstasyon 3 'te Operatör 3 gerekli işlemi gerçekleştirir. Ürün son olarak İstasyon 4'te Operatör 4 tarafından işlem görerek diğer departmana yönlendirilir. Geçmiş deneyimlere bağlı olarak İstasyon 4'te işlemi tamamlanan ürünlerin %3'ünün hatalı ürün olduğu belirlenmiş ve benzetim modelinde de tanımlanmıştır. Benzetim modeli Arena paket programında geliştirilmiş ve senaryolar denenmiştir.

Şekil 3: Benzetim Modeli



Üstel dağılım ile 2 dakika ortalama ile atölyeye ürün gelişi olmaktadır. Benzetim modeli 650 dakika için koşturulmuştur. Süreç içerisinde ısınma periyodu olarak 50 dakika tanımlanmıştır.

6. BULGULAR

Benzetim modelinin koşturulmasıyla elde edilen sonuçlara göre mevcut duruma ilişkin Operatör, Operatör 1, Operatör 2, Operatör 3 ve Operatör 4'ün kullanım oranları Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1: Mevcut Durumda Kullanım Oranları

Varlıklar	Sayı	Kullanım Oranı
Operatör	1	100%
Operatör1	1	91,5%
Operatör2	1	100%
Operatör3	1	88,9%
Operatör4	1	7%

Benzetim modelinden elde edilen sonuçlara göre her bir istasyona ilişkin ürün çıktı sayıları Tablo 2'deki gibidir.

Tablo 2: Mevcut Durumda Ürün Sayıları

	Ürün sayısı
Çıktı	60
Hatalı Ürün	3

Mevcut durum analiz edildiğinde İstasyon 3'te görev yapan Operatör 3'ün ise % 96 doluluk oranıyla çalıştığı tespit edilmiştir. Geliştirilen benzetim modeli yardımıyla farklı senaryoların denenmesiyle etkin politikalar tasarlanabilir. Öncelikle Operatör ve Operatör 2 sayısını artırarak benzetim modelini koşturduğumuzda elde edilen senaryo sonuçları Tablo 3'teki gibidir.

Tablo 3: Senaryo 1 Durumunda Kullanım Oranları

Varlıklar	Sayı	Kullanım Oranı
Operatör	2	90%
Operatör1	1	92,2%
Operatör2	2	100%
Operatör3	1	100%
Operatör4	1	5%

Tablo 4: Senaryo 1 Durumunda Elde Edilen Ürün Sayısı

	Ürün sayısı
Çıktı	67
Hatalı Ürün	2

Tablo 4'te senaryo 1 durumunda elde edilen ürün sayısı gösterilmektedir.

Tablo 5: Senaryo 2 Durumunda Kullanım Oranları

Varlıklar	Sayı	Kullanım Oranı
Operatör	2	93%
Operatör1	1	89%
Operatör2	3	95,33%
Operatör3	2	100%
Operatör4	1	16%

Tablo 6: Senaryo 2 Durumunda Elde Edilen Ürün Sayısı

Ürün sayısı	
Çıktı	136
Hatalı Ürün	6

Tablo 6’da senaryo 2 durumunda elde edilen ürün sayısı gösterilmektedir.

Tablo 7: Senaryo 3 Durumunda Kullanım Oranları

Varlıklar	Sayı	Kullanım Oranı
Operatör	2	91%
Operatör1	1	84,9%
Operatör2	3	90%
Operatör3	3	83%
Operatör4	1	23%

Tablo 8’de senaryo 3 durumunda elde edilen ürün sayısı gösterilmektedir.

Tablo 8: Senaryo 3 Durumunda Elde Edilen Ürün Sayısı

Ürün sayısı	
Çıktı	159
Hatalı Ürün	8

Tablo 9: Senaryo 4 Durumunda Kullanım Oranları

Varlıklar	Sayı	Kullanım Oranı
Operatör	2	86%
Operatör1	2	44%
Operatör2	3	91%
Operatör3	3	83%
Operatör4	1	23%

Tablo 10’da senaryo 4 durumunda elde edilen ürün sayısı gösterilmektedir.

Tablo 10: Senaryo 4 Durumunda Elde Edilen Ürün Sayısı

Ürün sayısı	
Çıktı	159
Hatalı Ürün	8

Tablo 11: Senaryo 5 Durumunda Kullanım Oranları

Varlıklar	Sayı	Kullanım Oranı
Operatör	2	97%
Operatör1	1	93%
Operatör2	4	72%
Operatör3	3	88%
Operatör4	1	21%

Tablo 12’de senaryo 5 durumunda elde edilen ürün sayısı gösterilmektedir.

Tablo 12: Senaryo 5 Durumunda Elde Edilen Ürün Sayısı

Ürün sayısı	
Çıktı	172
Hatalı Ürün	8

Tablo 13’de senaryo 6 durumunda elde edilen ürün sayısı gösterilmektedir.

Tablo 13: Senaryo 6 Durumunda Kullanım Oranları

Varlıklar	Sayı	Kullanım Oranı
Operatör	3	66%
Operatör1	2	51%
Operatör2	4	76,5%
Operatör3	3	91%
Operatör4	1	22%

Tablo 14’te senaryo 6 durumunda elde edilen ürün sayısı gösterilmektedir.

Tablo 14: Senaryo 6 Durumunda Elde Edilen Ürün Sayısı

Ürün sayısı	
Çıktı	176
Hatalı Ürün	8

Tablo 15’te senaryolara ilişkin operatör sayıları ve toplam çıktı miktarları gösterilmiştir.

Tablo 15: Senaryolara Göre Toplam Çıktılar

	Operatör	Operatör1	Operatör2	Operatör3	Operatör4	Toplam Çıktı
Mevcut	1	1	1	1	1	63
S1	2	1	2	1	1	69
S2	2	1	3	2	1	142
S3	2	1	3	3	1	167
S4	2	2	3	3	1	167
S5	2	1	4	3	1	180
S6	3	2	4	3	1	184

Tablo 16’da VZA sonuçları yer almaktadır.

Tablo 16: VZA Sonuçları

Senaryo	Operatör	Operatör 1	Operatör 2	Operatör 3	Operatör 4	Operatör 5	RHS
Mevcut	0,3492	0	0,254	0,3968	0	0,159	1
1	0	0	0	1	0	0,0141	0,9718
2	0	0,0775	0,1901	0,1761	0	0,007	1
3	0	0,0659	0,3114	0	0	0,006	1
4	0	0	0,3114	0	0,0659	0,006	0,9898
5	0,1472	0	0,0722	0,1389	0	0,0056	1
6	0	0	0,0924	0,1359	0,2228	0,0054	0,9789

Tablo 16’den görüldüğü gibi Senaryo 1, Senaryo 4 ve Senaryo 6 dışındaki tüm senaryoların aldıkları 1 değeri ile en yüksek performans değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda firma kendisi için uygun olan senaryoyu seçebilir.

7. SONUÇ ve ÖNERİLER

Kesikli olay benzetimi Eğer öyleyse (what-if) analizini gerçekleştirirken bu deneylerin planlanması, tasarlanması ile optimal çözüm daha kısa sürede ve daha yüksek güven düzeyi ile elde edilmektedir.

Geliştirilen benzetim modeli sayesinde farklı senaryoların denenmesiyle imalat sisteminde iyileştirme gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen model ile iř istasyonlarında görev yapan operatörlerin sayısı ve her bir istasyondan çıkan ürün sayısının belirlenmesiyle uygun imalat planı önerilmektedir. Farklı senaryolar model üzerinde denenmiştir. Elde edilen senaryolar Veri Zarflama Analizi ile etkinlikleri değerlendirilmiş olup, mevcut durum, Senaryo 2, Senaryo 3 ve Senaryo 5'in operatör sayılarının planlanması ve elde edeceği çıktı miktarlarına bağlı olarak firma için uygun değerler sunduğu söylenebilir.

KAYNAKÇA

- BAE KI-HWAN G., ZHENG LONG, IMANI FARHAD, 2015, “A Simulation Analysis Of The Vehicle Axle And Spring Assembly Lines”, Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference.
- DEMİR, M., H., GÜMÜŞOĞLU, Ş., 2009, Üretim Yönetimi. İstanbul: Beta Yayın Dağıtım.
- DURMAZ, S., 2008, Taguchi Metodunun Kauçuğun Vulkanizasyonu Prosesine Uygulanması, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- FENG, Y., W. FAN, Y. QIN., 2013, “A Discrete Event Simulation Based Production Line Optimization through Markov Decision Process.” Communications in Computer and Information Science 402: 385-390.
- HASKOSE A., KINGSMAN B.G., WORTHINGTON D., 2004, “Performance Analysis Of Make-To-order Manufacturing Systems Under Different Workload Control Regimes”, Int. J. Production Economics, 90: 169-186.
- KAĞNICIOĞLU, H., AYDIN, S., HASGÜL, S. VE ANAGÜN, S., 2012, Üretim Yönetimi. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- KIYILDI R. K., KARAŞAHİN M., 2006, “Türkiye’deki Hava Alanlarının Veri Zarflama Analizi İle Altyapı Performansının Değerlendirilmesi”, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10-3 (2006),391-397
- KOBU, B., 2010, Üretim Yönetimi. İstanbul: Beta Basım.
- LAW A. M., KELTON D. W., (2000). Simulation Modeling and Analysis, McGraw Hill, Boston.
- LU M. VE WONG L., (2007). “Comparison of two simulation methodologies in modeling constructionsystems: Manufacturing-oriented PROMODEL vs. constructionoriented SDESA”, Automation in Construction, 16: 86-95.
- NGUYEN, M. D. AND S. TAKAKUWA., 2008, “Emergence of Simulation for Manufacturing Line Designs in Japanese Automobile Manufacturing Plants.” In Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference, edited by S. J. Mason, R. R. Hill, L. Mönch, O. Rose, T. Jefferson, and J. W. Fowler, 1847-1855. Piscataway, New Jersey: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc..
- PIDD M., 2009, Computer Simulation In Management Science, Yöneylem Araştırmasında Benzetim, Çev. H. Kemal SEZEN, M. Murat GÜNAL, Bursa.
- RIVERO, Luis Ernesto Blanco 2004, "Applications In Logistics Using Simulation With ProModel", Second LACCEI International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2004), 2-4.06.2004, Miami, Florida, USA, ss.1-6.
- RUIZ C., CAZORLA D., CUARTERO F., VE MACIA H., 2009, “Improving Performance In Flexible Manufacturing Systems”, The Journal Of Logic And Algebraic Programming, 78: 260-273.
- STEINEMANN, A., TAIBER, J., FADEL, G., WEGENER, K., KUNZ, A., 2012, “Adapting Discrete-Event Simulation Tools to Support Tactical Forecasting in the Automotive Industry.” In Proceedings of TMCE, Karlsruhe, Germany, 319 –332.