

## OPERASYONEL MÜKEMMELLİK İÇİN İSRAF SİMULASYONU ÜZERİNE AMPİRİK BİR ÇALIŞMA

**Hakan Yıldırım**

Marmara Üniversitesi

Prof. Dr.

E-posta: < hakany68@marmara.edu.tr >

**Mehmet Nuri İnel**

Marmara Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr.

E-posta: < mninel@marmara.edu.tr >

### **Türkçe Özet**

*Operasyonel mükemmelliğin önemi işletmeler için günden güne artmaktadır. Operasyonel mükemmelliğin incelediği birçok unsur bulunmaktadır. İsrarlar operasyonel mükemmellik ve yalın için önemli unsurlardandır. Bununla beraber, operasyonel mükemmelliğin hedeflerinden biri israfları minimize etmek hatta sıfıra indirmektir. İsrarların minimum hale getirilmesi için işletmelerde iyileştirme çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmalar belirli program dahilinde hangi israf türününün daha önemli olduğunun belirlenmesi, iyileştirmesi ve sürecin kontrol edilmesi şeklinde uygulanmaktadır.*

*Gelecek planlamalarda israfların miktarının belirlenmesi önemlidir. İsrarların gelecekte oluşabilecekleri miktarların şimdiden belirlenmesi için simülasyonun uygulanabilecektir. Bu çalışmada operasyonel mükemmelliğe ulaşmak için bir fabrikada ortaya çıkan israfların simülasyonu yapılarak değerlendirilecektir.*

**Anahtar Kelimeler:** Operasyonel Mükemmellik, İsrar, Simülasyon

**Alan Tanımı:** İşletme (Sayısal Yöntemler)

### **İngilizce Özet**

## AN EMPIRICAL STUDY ABOUT SIMULATION OF WASTE FOR OPERATIONAL EXCELLENCE

*The importance of operational excellence rises day by day for firms. There are many component about operational excellence. Wastes are important component for lean and operational excellence. Besides, one of the targets of operational excellence is to minimize wastes in fact zero. Firms apply studies that to minimizing wastes. These studies are applied within a schedule to determine which waste type is important, improve and controlling of process.*

*For future planning, it is significant to determine wastes amount. Simulation can apply to determine wastes amount for future. In this study, we applied simulation of wastes to reach operational excellence as an empirical study in the factory.*

**Keywords:** *Operational Excellence, Waste, Simulation*

**JEL Code:** C15, M10, L15

### 1. GİRİŞ

Operasyonel mükemmelliğe ulaşabilmek günümüzde birçok işletmenin amacı olmaktadır. Operasyonel mükemmelliğin hem bir amaç hem de işletmeler için önemli bir serüven olduğu ifade edilmektedir. Bu çalışmada da operasyonel mükemmelliğin önemli unsurlarından biri olan israflarla ilgilenilmektedir. İsrarların azaltılması hatta sıfıra indirilmesini amaçlayan bir süreçte işletmeler için planlama ve hangi israfı minimize etmek gerektiğini belirlemek oldukça önemlidir. Çalışmada israfların gelecekte hangi miktarlarda kendini gösterebileceğini simülasyon ile ortaya çıkarmak amaçlanmıştır. Simülasyon yöntemi olarak Monte Carlo simülasyonunu kullanılmıştır. Literatürde israf (waste) ve simülasyon kavramının birlikteliği incelendiğinde çevre ve atık yönetimi ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır. (Antman vd. 2012:1, Yu vd. 2012: 1) Ancak çalışmada operasyonel mükemmellik için israfların simülasyonu amaçlandığından dolayı operasyonel mükemmellik için simülasyon yöntemlerinin kullanımı araştırılmıştır. Operasyonel mükemmellik amaçlı simülasyon kullanımının yer aldığı çalışmalar literatürde mevcuttur. Redlich ve Gilani yaptıkları çalışmada gerçek olay simülasyonları uygulamışlardır. (Redlich ve Gilani, 2011: 473). Bir başka çalışmada da operasyonel mükemmellik için ürün ve stok kontrol sistemleri simülasyonu uygulanmıştır. (Olhager ve Persson; 2006: 113) Operasyonel mükemmellik ile ilişkili olarak yapılan simülasyon uygulayan

çalışmalarda israf konusuna odaklanılmadığı görülmektedir. (Abdulmalek ve Rajgopal, 2007: 223, Yang vd. 2007: 104). Literatür incelemesinde yayınlanmamış bir yüksek lisans tezinde sadece yalın üretim ve simülasyon ilişkisi üretim simülasyonları uygulayarak konfeksiyon sektöründe incelenmiştir. (Bilget, 2015, 1) Operasyonel mükemmellik için israfların modellendiği bir çalışmada da israflar üzerinden modelleme yapılmıştır. (İnel ve Yıldırım, 2016: 243) Bu çalışmada operasyonel mükemmelliğe ulaşmak için israfların gelecekte oluşabilecek miktarlarını saptamada simülasyon tekniği kullanılarak literatüre katkı sunmak amaçlanmıştır.

## **2. OPERASYONEL MÜKEMMELLİK VE İSRAFLAR**

Operasyonel mükemmellik işletmedeki kaynakların etkin şekilde kullanılarak zamanında kaliteli ve hızlı bir şekilde ürünün veya hizmetin müşteriye sunumu ve bunun karşılığında elde edilen girdi ile bütün sosyal paydaşların mutlu olduğu bir sistemler bütünü olarak ele alınabilmektedir (Apilioğulları, 2013:13). Operasyonel mükemmellik yalın altı sigma kullanımıyla ve tedarik zincirinin aracılığıyla müşteri değerinin aktarılması olarak tanımlanmıştır. Mükemmelliğe ulaşma konusunda yalın, altı sigma yöntemlerinin kullanılabilmesi ifade edilmiştir. (Martin, 2008:46). İşletmede tüm seviyelerde sürekli iyileştirmeyi gerçekleştirmek ve kaynakların en iyi şekilde kullanımı operasyonel mükemmellik için gerekmektedir. (Bansal vd., 2011: 36). İşletme için yaratılacak değer artırılması amacıyla yalının kullanılması ile operasyonel mükemmellik için başarı sağlanabileceği ifade edilmektedir. Ayrıca israfların azaltılmasının verimliliğin artmasında etkili bir yol olabileceği de belirtilmektedir (Campisi, 2013:21).

Literatürde operasyonel mükemmelliğin bu denli önem verdiği israf türleri sınıflandırılmıştır. İsrafin yedi türü bulunmaktadır. Bunlar: fazla üretim, bekleme, kusurlar, gereksiz hareket, gereksiz taşıma, fazla stok, fazla / yanlış işlem olarak ifade edilmektedir. Bunlarla beraber çalışanın yaratıcılığında yararlanmamak diye bir israf türü daha tanımlanmıştır (Bergmiller vd., 2011: 59) (Liker, 2012: 52).

## **3. MONTE CARLO SİMÜLASYONU**

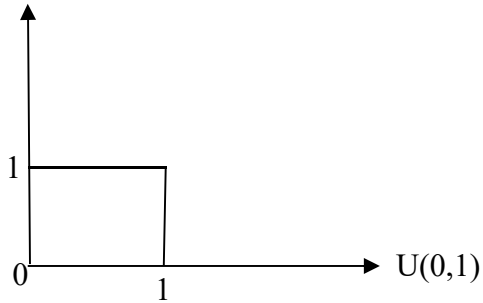
Kurulan modelde rastgele sayıların kullanımıyla yapılan çözümlere Monte Carlo simülasyonu adıyla adlandırılmaktadır (Öztürk ve Özbek 2004:110). Simülasyonun uygulamaları genel olarak Monte Carlo tekniğindeki örnekleme düşüncesine dayanmaktadır (Taha, 2007; 666-671). Bu yöntemin temeli rassal sayıların türetilmesidir (Kroese vd. 2011; 1). Gerçek durumun stokastik bir modelini oluşturarak bu modelden örnekleme deneyleri oluşturma tekniği adıyla

da ifade edilmektedir (Öztürk 2004: 119). Literatür araştırmasında özellikle Monte Carlo simülasyon yönteminin tahmin tekniği olarak kullanıldığı ve ağırlıklı olarak tekstil sektöründe uygulanan çalışmalar bulunmaktadır (Demirdöğen, 1998: 229; Eren ve Çıkrıkçı, 2014. 349; Karahan ve Ütkür, 2015: 125; Whiteside, 2008: 1; Davies vd., 2014: 1152; Patır ve Yıldız, 2003: 327; Livingstone, 1989: 589; Sabır ve Batuk, 2014: Naylor vd. 1967: 1338; İnel, 2017:91).

İşletmecilik alanında bu tekniğin farklı kullanımına rastlanılmaktadır. Simülasyon örnek olarak; üretim sistemlerinde, montaj hatlarındaki dengelemede, işgücü planlamalarının uygulanmasında, iletişim sistemleri ve bu sistemlerin tasarımında, en az araç sayılarının belirlenmesinde, finans sistemlerinin analizinde, dağıtım kanallarının belirlenmesi ve analizi gibi alanlarda kullanılabilir. Literatürde simülasyonun esnek bir yöntem olması, anlaşılmasının kolay olması, aşamalı bir şekilde uygulamaya imkan tanınması, büyük karmaşık problemlerin çözümünde etkin olması, kısa sürede yapılan analiz süreci modellenen sistemin üzerinde herhangi bir değişiklik yapmadan uygulanabilmesi gibi üstünlükleri ifade edilmektedir. (Hançerlioğulları, 2006: 548).

Belirlenen dağılıma göre örnekleme deneyleri oluşturabilmek için 0-1 aralığında düzgün dağılımdan sayı üretimleri gerçekleştirilir. Rastgele sayı üretimi yapılacak düzgün dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu gösterimi Şekil 1'deki gibidir. (Mahadevan,1997:125)

Şekil 1. Çalışmada Kullanılan Düzgün Dağılım Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu



Bu çalışmada ise operasyonel mükemmelliğin önemli unsurlarından biri olan israflar için simülasyon uygulanacaktır. Çalışmada belirlenen kümülatif olasılık dağılımı kullanılarak, düzgün dağılımda türetilen rassal değerleri karşılık gelen aralıklar içerisinde bu aralığa karşılık gelen değerler alınarak simülasyon yapılmaktadır (Öztürk, 2004: 119).

#### 4. İSRAF SİMÜLASYONU UYGULAMASI

Kumaş üretim fabrikasında yapılan uygulamada, işletme yöneticileri ile derinlemesine mülakatlar neticesinde üretimde kullanılan bir makinenin çalışma prensibi gereği kumaşlarda tahribat olduğu ve bu tahribat sebebiyle kumaşlarda bir miktarda azalma olduğu ifade edilmiştir. Bu azalma Operasyonel mükemmelliğin önemli kavramlarından biri olan yalın düşünce içerisinde yer alan kusur israfına karşılık gelmektedir.

Ortaya çıkan bu durumda operasyonel mükemmelliğin önemli unsurlarından biri olan israfların minimizasyonu için kusur israfına odaklanılması gerekmektedir. Ampirik olarak uygulanan bu çalışmada kusur israfının analizi gerekmektedir. Bu doğrultuda 31 dönemde (Vardiya hesabı da dikkate alındığından dönem tanımlaması yapılmıştır) meydana gelen kusurlu kumaş miktarlarına ait veriler toplanmıştır.

İşletmede operasyonel mükemmelliğe ulaşmak amacıyla belirlenmiş olan bu israfın (kusur) önüne geçmek için geleceğe yönelik planlama yapılması gerekmektedir. Planlamada veri azlığı nedeniyle ve gelecek kusur miktarlarının belirlenmesi için simülasyon yöntemi tercih edilmiştir. Bu çalışmada operasyonel mükemmelliğe ulaşma serüveninde özellikle israfların gelecekteki etkilerini öngörebilmek için simülasyonun yönteminin kullanım amaçlanmış, iki kavramın birlikteliği ile literatüre farklı bir boyut kazandırmak amaçlanmıştır.

31 dönem için kusurlu kumaş miktarlarının ağırlıklarına ait veri toplanmıştır. Toplanan bu verilerle öncelikle Tablo-1'de görülen sıklık dağılımı oluşturulmuştur.

Tablo 1. Kusurlu Ürün Ağırlıkları Sıklık Dağılımı

Alt Limit	Üst Limit	Sıklık
570	776	1
776	982	0
982	1188	1
1188	1394	2
1394	1600	0
1600	1806	4
1806	2012	5
2012	2218	12
2218	2424	6

Sıklık dağılımından hesaplanan olasılık dağılımı Tablo-2’de yer almaktadır.

Tablo 2. Kusurlu Ürün Ağırlıkları Dağılımı

Alt Limit	Üst Limit	Olasılık
570	776	0,032
776	982	0,000
982	1188	0,032
1188	1394	0,065
1394	1600	0,000
1600	1806	0,129
1806	2012	0,161
2012	2218	0,387
2218	2424	0,194

Tablo 3’de görüldüğü üzere simülasyon uygulayabilmek için kümülatif olasılıklar hesaplanmış, her bir sınıf için rastgele sayı aralıkları belirlenmiştir. Aynı tabloda ayrıca her bir sayı aralığında alınacak israf miktarı “Değer” sütununda ifade edilmiştir. Bu seviyede sınıf aralıklarına bölme işlemi işletme yöneticileri ile yapılan görüşmeler neticesinde oluşturulmuştur. Veri azlığı sebebiyle fazla sayıda sınıf oluşturmaktan kaçınılmıştır. Az sayıda sınıf sayısı olmamasına da dikkat edilmiş, bazı sınıflardaki sıfır sıklık miktarları o sınıflarda değer oluşmaması amacıyla kümülatif toplamda değerlendirilmiştir.

Tablo 3. Simülasyon Sayı Aralıkları

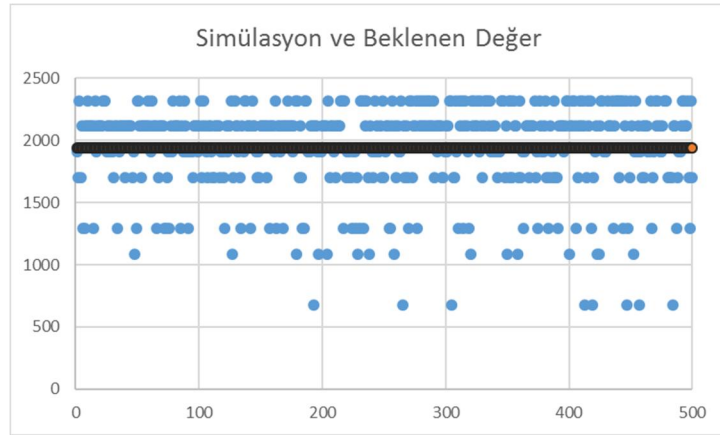
Alt Limit	Üst Limit	Olasılık	Kümülatif Olasılık	Değer	Rastgele Sayı Aralıkları
570	776	0,032	0,000	673	0,000 0,032
776	982	0,000	0,032	879	0,032 0,032
982	1188	0,032	0,032	1085	0,032 0,065
1188	1394	0,065	0,065	1291	0,065 0,129
1394	1600	0,000	0,129	1497	0,129 0,129
1600	1806	0,129	0,129	1703	0,129 0,258
1806	2012	0,161	0,258	1909	0,258 0,419
2012	2218	0,387	0,419	2115	0,419 0,806
2218	2424	0,194	0,806	2321	0,806 1,000

Rastgele sayı aralıkları da oluşturulduktan sonra 500 denemelik bir simülasyon yapılmıştır. Simülasyon Microsoft Excel programında uygulanmıştır. Rastgele sayı aralıklarına karşılık gelen değerlerin beklenen değeri hesaplanarak bir sonraki dönemde oluşabilecek kusur israfı miktarı ortaya konulmaya çalışılmıştır.

#### 4.1 Bulgular

Kusur İsrافی olarak ifade edilen kumaş miktarının gelecek dönem için yapılmış simülasyonu sonucu beklenen değeri 1942,37 Kg olarak hesaplanmıştır. Geçmiş değerlerden oluşan olasılık dağılımına göre yapılan simülasyonda beklenen kusurlu kumaş miktarı ortaya çıkarılmıştır. Şekil 2’de 500 denemenin sonuçları noktalarla, beklenen değer de düz çizgi olarak ifade edilmiştir.

Şekil 2. Simülasyon ve Beklenen Değer



## 5. SONUÇ

Bu çalışmada operasyonel mükemmelliğin odaklandığı kavramlardan biri olan israfların planlanmasında simülasyon yöntemi kullanılmıştır. Uygulamanın yapıldığı işletmede yöneticilerle gerçekleştirilen görüşmeler sonucunda kusur israfı olarak ifade edilen kusurlu kumaş miktarına ait veriler toplanmıştır. Toplanan bu verilerle kusur israfının işletmeye olan etkilerini ve gelecekteki değişimini planlayabilmesi için Monte Carlo simülasyonu uygulanmış olup gelecek dönemde oluşabilecek israf miktarı ifade edilmiştir. Buna göre bir sonraki dönemde 1942,37 Kg'lık kumaş miktarından doğan kusur israfı ortaya çıkacaktır. Bu miktarın işletmede yapılacak iyileştirme planlamasını etkilemesi beklenmektedir. İsraf miktarının maliyete etkileri ve detaylı analizleri planlama için uygulanabilecektir. Burada ortaya çıkan israf miktarının yapılabilecek diğer israf miktarı simülasyonları ile kıyaslanması durumunda hangi iyileştirme planına öncelik verilmesi gerektiğini etkilemektedir. Operasyonel mükemmellik için yalın, altı sigma, yalın altı sigma tekniklerinden yararlanarak sürecin iyileştirilmesi ve israf miktarının minimum seviyeye indirilmesi planlanmalıdır.

Bu ampirik çalışmanın gelecek çalışmalara öneri olması açısından, simülasyon yöntemi iyileştirme amaçlı da kullanılabilir. Ayrıca bu çalışmadaki yaklaşım farklı sektörlerde ve farklı israf türleri için de uygulanabilir.

## KAYNAKLAR

Abdulmalek F. A., Rajgopal J. “Analyzing The Benefits Of Lean Manufacturing And Value Stream Mapping Via Simulation: A Process Sector Case Study” *Int. J. Production Economics*, 107, 2007, 223–236

Antmann E.D., Celik N., Shi X., Dai Y. “Simulation-based Optimization of Solid Waste Management and Recycling Programs” *Proceedings of the 2012 Industrial and Systems Engineering Research Conference*, 2012, 1-10

Apilioğulları, L. *Operasyonel Mükemmellik*, 1. Baskı, İstanbul: Sistem yayıncılık 2013.

Bansal A., Hans, J., Rathore, A. S. *Operational Excellence: More Data or Smarter Approach?*. *Biopharm International*, 24 (6), 2011, 36-41

Bergmiller, G.G., Mc Cright, P. R., Weisenborn, G. *Lean And Sustainability Programs: Evidence Of Operational Synergy For Lean Manufacturers And*



Logical Growth Toward Sustainability, *Review of Business Research*, 11 (5), 2011, 58-68

Bilget S. Konfeksiyonda Simülasyon Tekniğiyle Yalın Üretim Sistemlerinin İncelenmesi (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi) Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2015.

Campisi, V. “Using Lean to Add Value, Achieve Operational Excellence”, *Plant Engineering*, 67(4), 2013, 21

Davies R, Coole T, Osipyw D, “The Application of Time Series Modelling and Monte Carlo Simulation: Forecasting Volatile Inventory Requirements”, *Applied Mathematics*, 5, 2014, 1152-1168

Demirdöğen O., “Talep Tahmininde Monte-Carlo Simülasyon Tekniğinin Kullanılması”, *Atatürk Üniversitesi İİBF Dergisi*, 12, 1998, 229-240

Eren Ö, Çıkrıkçı M, “Monte Carlo Simülasyonu ile Beklenmeyen Operasyonel Kayıpların Tahmini”, *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4;2, 2014, 349-361

Hançerlioğulları, A. “Monte Carlo Simülasyon Metodu Ve Mcnp Kod Sistemi” *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 14, 2, 2006, 545-556

İnel M. N.; İş Geliştirme Analitiği Uygulamaları, Beta Yayınları, İstanbul, 2017

İnel M. N.ve Yıldırım H., Operasyonel Mükemmellik Üzerine İraflar İçin Bir Model Denemesi, *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 2016 Kasım Özel Sayısı, 2016, 243-257

Karahan M., Ütkür Ö., “Monte Carlo Simülasyonu ile Makine Arızalarının Tahmini: Döküm Sanayisinde Bir Uygulama”, *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 7;3, 2015, 125-135

Kroese D.P. Handbook of Monte Carlo Methods. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

Liker, J. K. Toyota Tarzı, Ümit Şensoy (çev.), 1. Baskı, İstanbul: Optimist, 2012

Livingston D. L., Sommerfeld J. T., “Discrete-Event Simulation in the Design of Textile Finishing Processes”, *Textile Research Journal*, 1989, 589-596

Mahadevan S. “Monte Carlo Simulation” , içinde: *Reliability Based Mechanical Design*, (Editör: Thomas A Cruse) Marcel Dekker, New York, 1997, ss.123-146

Martin, J. W. Operational Excellence, 1. Baskı, Taylor and Francis Group, 2008

Naylor T. H., Wallace W. H. ve Sasser W. E., “A Computer Simulation Model of the Textile Industry”, *Journal of the American Statistical Association* 62; 320, 1967, 1338- 1364

Olhager J. ve Persson F. “Simulating Production And Inventory Control Systems: A Learning Approach To Operational Excellence” *Production Planning & Control*, Vol. 17, No. 2, March 2006, 113–127

Öztürk, F. Ve Özbek, L. Matematiksel Modelleme ve Simülasyon. Ankara: Gazi Kitabevi, 2004.

Öztürk, L. “Monte-Carlo Simülasyon Metodu Ve Bir İşletme Uygulaması”, *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 3:1, 2004, 116-122

Patır S., Yıldız M. S., “Talep Tahmininde Monte Carlo Simülasyonunun Uygulanması”, *EKEV Akademi Dergisi* 7;17, 2003, 327- 336

Redlich D. Ve Gilani W. “Event-Driven Process-Centric Performance Prediction via Simulation”, içinde : *Business Process Management Workshops*,(Editörler: Florian Daniel, Kamel Barkaoui, Schahram Dustdar), Springer, Berlin, 2011, ss.473-478

Sabır E. C., Batuk E., “Modeling of Textile Dyeing-Finishing Mill Production Cost and Time Under Variable Demand Conditions With Simulation”, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 24;4, 2014, 371-379

Taha, H. Yöneylem Araştırması. İstanbul: Literatür yayınları, 2007.

Whiteside J. D., “A Practical Application of Monte Carlo Simulation in Forecasting”, *Aace International Transactions*,. 2008, 1-12

Yang T, Fu H.P., Yang K.Y. “An Evolutionary-Simulation Approach for The Optimization Of Multi-Constant Work-In-Process Strategy—A Case Study” *Int. J. Production Economics*, 107, 2007, 104–114

Yu H., Solvang W.D., Yuan S. “A Multi-Objective Decision Support System For Simulation and Optimization of Municipal Solid Waste Management System” *Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)*, 2012 *IEEE 3rd International Conference on* 2012, 1-7