

EŞANJÖR ÜRETİM HATTINDA SİMÜLASYON KULLANILARAK DARBOĞAZ İSTASYONLARIN BELİRLENMESİ

Simge YELKENCİ¹
Semra TUNALI²

Özet: Kesikli olay sistem simülasyonu üretim, dağıtım ve hizmet sistemlerinin performansını değerlendirmede önemli bir karar destek aracıdır. Bu çalışmada darboğaz istasyonlarını belirlenmesi amacıyla, ısıtma ürünleri üretimi yapan bir işletmenin eşanjör üretim hattında gerçekleştirilen bir simülasyon modelleme çalışması anlatılmaktadır. Çalışmanın ilk aşamasında, mevcut sistem Arena 10.0 ortamında modellenmiş ve doğrulanmıştır. İzleyen aşamalarda da, sistemde darboğaz teşkil eden istasyonlar belirlenmiş ve bu istasyonların kapasitelerini iyileştirmeye yönelik alternatif senaryolar sunulmuştur. Çeşitli deneysel koşullar altında değerlendirilen senaryolardan elde edilen sonuçlara göre en uygun çözüm alternatifi belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Simülasyon, darboğaz belirleme, kapasite iyileştirme

Abstract: Discrete event simulation is an important decision support tool to evaluate performances in manufacturing, distribution or process facilities. The focus of this study is to detect bottleneck stations in a heat exchanger production line using simulation modelling. In the first phase of the study, the existing system is modeled in Arena 10.0 environment and it is verified and validated. In the following phase, bottleneck stations of the system are identified and alternative strategies are suggested to improve the capacity of these stations. Finally, the performance of these strategies are evaluated under varying experimental conditions.

Keywords: Simulation, bottleneck identification, capacity improvement

I. Giriş

Günümüz üretim ortamında işletmeler, ayakta kalabilmek ve rekabet edebilmek için çok çabuk değişen müşteri isteklerine hızlı yanıt verebilen dinamik bir yapıya sahip olmak zorundadırlar. Bu çalışmada, değişken talep koşulları altında faaliyet gösteren ve esnek iş süreçlerinden oluşan bir üretim sistemi analiz edilmiş ve bu sistemde performans iyileştirici çalışmaların gerekliliği araştırılmıştır.

II. Materyal ve Yöntem

İşletmeler, performanslarının düşmesine neden olan problemlerle karşı karşıya kaldıklarında, genelde hemen maliyeti yüksek çözüm alternatiflerini uygulama sürecine girerler. Fakat gerçek hayata uygulandığında, bu çözüm önerilerinin nasıl sonuç vereceği, gerçekten performansı artırıp artırmayacağını önceden tahmin etmek zordur. Bu nedenlerle çözüm önerilerinin gerçek hayatta

¹Arş. Gör., Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

²Prof. Dr., İzmir Ekonomi Üni. İktisadi ve İdari İlimler Fakültesi İşletme Bölümü

değil de aynı davranışı sergileyen bir model üzerinde denenmesi çok yararlı olacaktır. Bu amaçla, simülasyon tekniği gerçek sistemin modelinin tasarımı ve bu model üzerinde sistemin davranışını anlamaya yönelik alternatif stratejileri değerlendirmede önemli avantajlar sağlayan yararlı bir araçtır. Simülasyon modellerinde üretilen çözümler deneylere dayandığı için karar vericilere, değerlendirmek üzere çeşitli alternatifler sunar.

Simülasyon tekniği, birden fazla adımdan meydana gelen bir süreci kapsamaktadır. Bu adımlar; 1. Problemi Tanımlama, 2. Amaçları Belirleme & Proje Planı Oluşturma, 3. Veri Toplama, 4. Model Tasarlama, 5. Kod Yazımı, 6. Kod Doğrulama, 7. Model Doğrulama, 8. Deney Tasarımı, 9. Deney Yapma & Analiz Etme, 10. Uygulama şeklinde sıralanmaktadır.

Bu çalışmada, ısıtma ürünleri üretimi yapan bir işletmenin eşanjör üretim hattında, sistemin kapasitesini kısıtlayan darboğaz istasyonları belirleme ve bu darboğaz istasyonların kapasitelerini iyileştirmeye yönelik bir simülasyon modelleme çalışması yapılmıştır. Girdi verilerin modellenmesi dahil, tüm modelleme aşamalarında ve istatistiksel analizlerde Arena 10.0 simülasyon programından yararlanılmıştır.

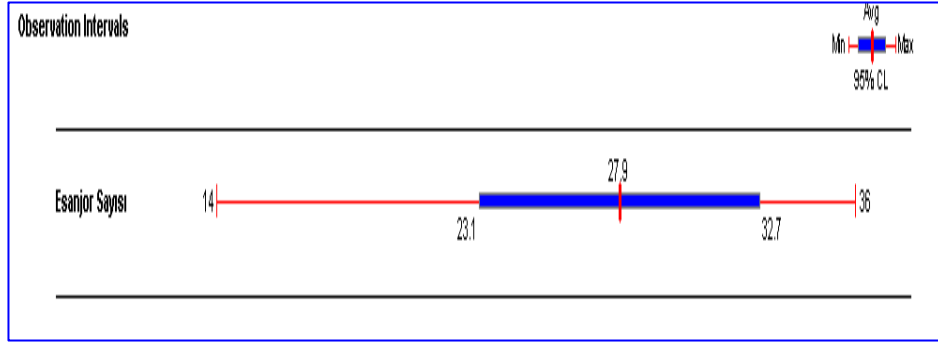
III. Uygulama Çalışması

Bu çalışmanın konusunu, ısıtma ürünleri üretimi yapan bir işletmede eşanjör ürün grupları oluşturmaktadır. Bu ürün grupları genel anlamda presleme, fırınlama, alt montaj, kaynak, ayar ve test işlemleri, paketleme gibi üretim aşamalarından geçmektedir. Temel olarak dört tip eşanjör çeşidi mevcuttur. Mevcut sistem üzerinde yapılan gözlemler sonucunda, bu dört tip eşanjörün farklı rotalar izlediği tespit edilmiştir. Üretim sürecini, dördüncü istasyon hariç, herbirinde bir işçinin çalıştığı toplam 10 istasyonda yapılan çeşitli işlemler oluşturmaktadır. İstasyonlardaki işlem sürelerinin değişkenliği sistemin rassallık kaynaklarını oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, eşanjör üretim hattının modellenmesi için gerek duyulan tüm veriler Arena 10.0 simülasyon modelleme ortamında yer alan "Input Analyzer" aracı yardımıyla test edilmiş ve her istasyondaki işlem süresine uygun bir dağılım belirlenmiştir. Tüm istasyonlarda kuyruk disiplini olarak, "ilk giren ilk çıkar -FIFO" önceliklendirme kuralı kullanılmıştır. İstasyonlar arası tampon mevcut değildir. Ayrıca yapılan gözlemler sırasında makine bozulma olasılıklarının çok düşük olduğu tespit edilmiş, bu nedenle makine bozulmaları göz ardı edilmiştir.

İşletmede günde 8 saat çalışılmakta ve 30 dakikalık yemek arası, 20 dakikalık çay molası ve her vardiya sonunda temizlik için 15 dakikalık bir zaman ayrılmaktadır. Yapılan gözlemler sonucunda işletmede günde ortalama 30 adet eşanjör üretildiği kaydedilmiştir. Ancak işletme, yapılacak kapasite iyileştirme çalışmaları sonucunda günlük ortalama eşanjör üretimini 50-55 adet seviyesine çıkarmayı hedeflemektedir.

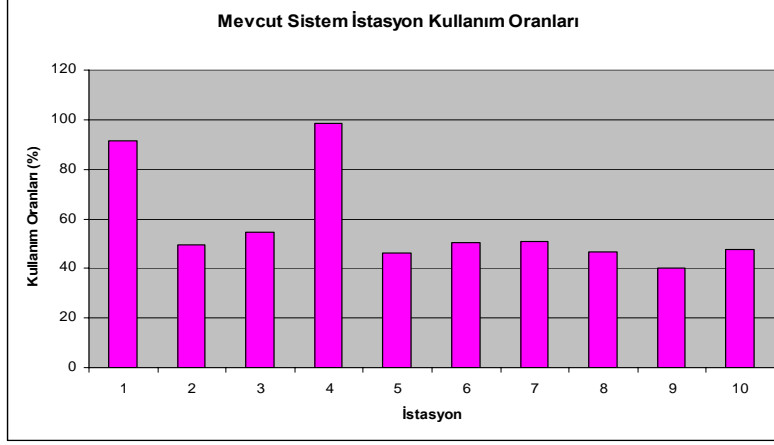
Bu bilgiler doğrultusunda, önce mevcut sistem modellenmiş, geliştirilen simülasyon modeli, her biri 8 saatlik vardiya süresini kapsayacak şekilde 20 kez çalıştırılmış ve sonuçlar, Arena 10.0 simülasyon modelleme ortamında yer alan “Output Analyzer” aracı yardımıyla %95 güven ($\alpha = 0,05$ seçerek) düzeyinde analiz edilmiştir. Bu ön çalışmaya ilişkin sonuçlar, Şekil 1 de özetlenmiştir.



Şekil 1: Ortalama Günlük Üretim Miktarı Güven Aralığı

Simülasyon modelinin doğrulanması, simülasyon sürecinde en önemli aşamalardan biridir. Modelin doğrulanması için ilk aşamada, Arena 10.0 ortamındaki “Trace” elementi yardımıyla modeldeki tüm bloklar adım adım incelenmiştir. Daha sonra, aynı ortamda modelin animasyonu izlenerek görsel anlamda değerlendirilmesi sağlanmıştır. İzleyen aşamada da model çıktıları ile gerçek sistem çıktıları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olup olmadığı araştırılmıştır. Bu amaçla, günlük eşanjör üretim miktarına ilişkin %95 güven düzeyinde alt ve üst sınırlar $[-23,1 \sim 32,7]$ olarak saptanmıştır. Bu aralığın, gerçek sistemden gözlenen günlük ortalama çıktı miktarını (30 birim) içerdiği gözlenmiş ve geliştirilen modelin gerçek sistemi doğru yansıttığı sonucuna varılmıştır.

Doğrulan simülasyon modeli, darboğaz istasyonları belirlemek amacıyla tekrar çalıştırılmış ve Şekil 2’de gösterilen her bir istasyona ait ortalama kullanım oranları elde edilmiştir. Bu durumda, sistemin darboğaz istasyonları, % 91,4 kullanım oranına sahip presleme işleminin yapıldığı birinci istasyon ve % 98,7 kullanım oranına sahip manuel kaynak işleminin yapıldığı dördüncü istasyon olarak belirlenmiştir.



Şekil 2: Mevcut Durum Makine/Süreç Kullanım Oranları

IV. Deneysel Çalışmalar

Daha önce giriş bölümünde de bahsedildiği üzere, bu işletme günlük eşanjör üretim miktarını ortalama 50-55 adet seviyesine çıkarmayı hedeflemektedir. Hedeflenen üretim miktarına ulaşabilmek amacıyla darboğaz yaratan istasyonlar için alternatif kapasite iyileştirme politikaları geliştirilmiş ve her alternatifin performansı simülasyon tekniği ile değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, sistemdeki darboğaz teşkil eden istasyonların kapasitelerini iyileştirmeye yönelik önerilen alternatif senaryolar şunlardır:

- Alternatif 1: Presleme makinesinin sayısını birden ikiye çıkartmak
- Alternatif 2: Manuel kaynak işleminin yapıldığı istasyonda operatör sayısını ikiden üçe arttırmak
- Alternatif 3: Presleme işleminin görüldüğü istasyonda standart kalıplar kullanarak, hazırlık sürelerini azaltmak

Mevcut simülasyon modeli üzerinde, bu üç alternatifi yansıtan değişiklikler yapılmış ve her bir model 415 dakikalık süre ile 20 kez çalıştırılarak Tablo 1'de özetlenen sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 1: Günlük Üretim Miktarına İlişkin Deneysel Sonuçlar

	Günlük Eşanjör Miktarı			
	Ortalama Değer	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Mevcut Sistem	27	6,68	23	36
Alternatif 1	41,2	7,55	29	53
Alternatif 2	30,05	7,88	15	41
Alternatif 3	33,8	6,79	25	46

Mevcut sistem ile kapasite iyileştirmeye yönelik bu üç alternatifin performansı Bonferroni çoklu karşılaştırma testi kullanılarak %95 güven düzeyinde karşılaştırılmış ve ilgili sonuçlar Tablo 2’de özetlenmiştir.

Tablo 2: *Bonferroni Çoklu Karşılaştırma Testi*

	<i>Aralık</i>		
	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Mevcut sistem	(-23,17;-4,84) *	(-12,27;6,066)	(-15,67;2,666)
Alternatif 1		(1,734;20,07) *	(-1,666;16,67)
Alternatif 2			(-12,57;5,766)

* farkların istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde önemli olduğunu işaret etmektedir.

Tablo 2’de özetlenen Bonferroni çoklu karşılaştırma testine göre, mevcut sistem ile pres makinası yatırımı olarak tanımlanan birinci alternatif ve birinci alternatif ile manuel kaynakta operatör sayısının artırılması olarak tanımlanan ikinci alternatif arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu gözlenmiştir.(ilgili farklar %95 güven aralığında 0’ı içermemektedir.) Bu deneysel sonuçlara göre, pres makinası yatırımının, mevcut sistemde üretimi arttırmakta başarılı olduğu, ayrıca pres makinası yatırımı ile manuel kaynakta operatör sayısının artırılması alternatiflerinin ikili karşılaştırılması sonucunda da (bkz Tablo 2) pres makinası yatırımının günlük ortalama eşanjör üretim miktarındaki artışa daha fazla etkisi olduğu görülmüştür.

V. Sonuç

Bu çalışma, ısıtma ürünleri üretimi yapan bir işletmenin eşanjör üretim hattında darboğaz istasyonları belirlemek amacıyla bir simülasyon modelleme çalışması yapılmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında, mevcut sistemin modeli Arena 10.0 ortamında geliştirilmiş, modelin gerçek sistemi temsil ettiği doğrulandıktan sonra darboğaz teşkil eden istasyonlar belirlenmiştir. İzleyen aşamada da sistemin kapasitesini kısıtlayan bu darboğaz istasyonları gidermek üzere üç alternatif çözüm önerilmiş ve bu alternatiflerin performansı günlük üretim miktarına etkileri açısından karşılaştırılmıştır. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda, mevcut sistem için önerilen tasarımlardan darboğaz istasyonlardan biri olan presleme istasyonuna pres makinesi yatırımı alternatif önerisi en uygun olarak görülmüştür. Ancak yatırım kararı almadan önce bu yatırım maliyeti ile bu yatırımın getireceği üretim artışı sonucunda ortaya çıkabilecek kar artışının karşılaştırılmasında yarar vardır.

Kaynaklar

- AIDURGHAM, M.M. & BARGHASH, M.A., (2008) “A generalised framework for simulation-based decision support for manufacturing”, *Production Planning & Control*, Vol. 19, No. 5, July 2008, 518–534.
- BANKS, J., CARSON, B. & NELSON, D.M., (2001), *Discrete-Event System Simulation*, Upper Saddle River, NJ : Prentice Hall.
- BUTLER, T., (2008), *Design in a Simulation Environment*, A Thesis Presented to The Academic Faculty, Georgia Institute of Technology.
- DE VIN, L. J. AMOS, H.C. Ng & OSCARSSON, Jan., (2004) “Simulation Based Decision Support for Manufacturing System Life Cycle Management”, *Journal of Advanced Manufacturing Systems*, Volume 3 Number 2, December 2004, pp 115-128.
- DUVİVİER, D., ROUX, O., DHAEVERS, V., MESKENS, N. & ARTİBA, A., (2007), “Multicriteria optimisation and simulation: an industrial application”, Springer Science+Business Media.
- FAGET, P., ERİKSSON, U. & HERRMANN, F., (2005), “Applying Discrete Event Simulation And An Automated Bottleneck Analysis As An Aid to Detect Running Production Constraints”, *Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference*.
- HASGÜL, S. & BÜYÜKSÜNETÇİ, A.S., (2005), “Simulation Modeling And Analysis Of A New Mixed Model Production Lines”, *Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference*.
- LAW, A. M. & MCCOMAS, M. G., (1999), “Simulation of Manufacturing Systems”, *Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference*.
- LAW, A.M. & KELTON, W.D., (2000), *Simulation modelling and analysis*, McGraw- Hill Companies, 754 p.
- LAWRENCE, S. & BUSS, A. H., (1994), “Shifting Production Bottlenecks: Causes, Cures, And Conundrums”, *Production and Operations Management* Vol. 3, No. I, Winter 1994, Printed in U.S.A.
- SCHOLL, A., (1998), *Balancing and Sequencing of Assembly Lines*, A Springer – Verlag Company.
- SWAIN, J. J. & FARRINGTON, P.A., (1994), “Designing Simulation Experiments for Evaluating Manufacturing Systems”, *Proceedings of the 1994 Winter Simulation Conference*.