
ÜRETİM SÜREÇLERİNDE KULLANILAN TEKNOLOJİ İÇİN SEÇİM KRİTERLERİ VE SÜREÇLERİN YENİDEN YAPILANDIRILMASINDA SİMÜLASYON UYGULAMASI

THE SELECTION CRITERIA FOR TECHNOLOGY USING IN
MANUFACTURING PROCESS THROUGH REENGINEERING
SIMULATION PRACTICE

Araş. Gör. İbrahim GÜRLER, Dokuz Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler
Fakültesi, İşletme Bölümü, ibrahim.gurler@deu.edu.tr

Araş. Gör. Mehmet Emre GÜLER, Dokuz Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari
Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, emre.guler@deu.edu.tr

ÖZET

Amaç: Yapılan bu çalışma, üretim işletmelerinde kullanılan üretim teknolojilerinin seçimi ve bu teknolojinin süreçlere simülasyon metoduyla uygulanması ile ilgilidir. Çalışmanın amacı, işletmelerin amaçlarına uygun teknoloji seçimine katkıda bulunmak ve teknolojinin süreçlere ne gibi katkı sağlayacağını öngörümünü sağlamaktır. Araştırmada üretim teknolojileri ile ilgili işletmenin teknolojiyi kullanırken öngördükleri performans kriterlerinden faydalanılarak uygun teknolojinin seçimi için öncelikler oluşturulmuştur.

Araştırmanın Yöntemi: Çalışmada, literatürde kabul gören, teknoloji seçimi için anahtar performans kriterlerinin AHY ile öncelikleri belirlenmiş ve daha sonra bu önceliklerle birlikte teknolojinin sunduğu özelliklere göre üretim teknolojilerinin simülasyon yöntemi ile süreçlere uygulanması sağlanmıştır. Yüksek maliyet gerektiren üretim teknolojilerinin işletmenin amacına ve ihtiyacına uygun olarak seçilmesi ve başarılı bir şekilde uygulanması gerekmektedir. Kullanılan simülasyon yöntemi, karşılaşılabilecek olası olumsuzlukların önceden tespit edilerek gerekli düzenlemelerin yapılmasına olanak sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Üretim Teknolojileri, Teknoloji Seçimi, Analitik Hiyerarşi Süreci, Süreç Simülasyonu

ABSTRACT

Purpose: This paper presents a selection of manufacturing technology using in company and implementing this technology to processes by simulation techniques. Aim of this study is making a contribution to select appropriate technology for companies and to provide foresight about technology conformity to processes. We also investigate what priorities about technology selection have been determined.

Design/methodology/approach: It has been searched most widely accepted technology selection criteria in literature; we employed Analytic Hierarchy Process analysis and provided with a prioritization of the selection criteria. These criteria are taken into consideration for technology selection among alternative technologies. Selected technology alternative is implemented to process by simulation tool. This simulation tool provides to ascertain possibly problem and complication in advance.

Key Words: Manufacturing Technologies, Technology Selection, Analytic Hierarchy Process, Process Simulation

1. GİRİŞ

Teknoloji seçimi işletmeler açısından son derece önemli bir karar verme alanını oluşturmaktadır. Hızla değişen teknoloji ve bununla beraber sürekli artan teknoloji alternatifleri işletmelerin kendilerine uygun teknolojiyi seçerken güçlüklerle karşılaşmalarına sebep olmaktadır. Bunun yanında doğru teknolojinin seçimi, sürekli gelişen karmaşık iş yaşamında işletmelere çok önemli rekabetçi avantajlar sağlayacaktır. Aynı zamanda işletmelerin yeni teknoloji uygulamaları hem ürün çeşitlemesi hem de yeni iş düşünceleri için fırsatlar sunacaktır.

Teknoloji farklı yazarlar tarafından farklı şekillerde tanımlanmıştır. Steele (1989)'den aktaran Torkkeli ve Tuominen (2002) teknolojiyi bir şeylerin nasıl yapılması gerektiği hakkındaki bilgi olarak tanımlamışlardır. Chirstensen ve Bower (1996) ise üretim faktörleri olan emek, sermaye, hammadde ve bilginin mal ve hizmet üretmek için dönüştürülmesi süreci olarak tanımlamışlardır. Burgelman vd (2001), sunulacak mal ve hizmetle birlikte bunların üretim ve dağıtım sürecinin de gelişmesini sağlayan bilgi ve deneyimleri teknoloji olarak tanımlamışlardır. Doğan İpekgil (2007) araç ve gereç içinde gömülü bulunan, ancak kendini yeni ürün, süreç ve hizmet biçiminde gösteren pratik bir değer olarak belirttiği teknolojiyi, bilimsel ve diğer sistematik bilgilerin pratik alanlarda sistemli bir şekilde uygulanması olarak tanımlamıştır. Özet olarak teknoloji, girdileri çıktılara dönüştürmede kolaylık sağlayan her bilgi, deneyim ve fikir sonucunda ortaya çıkan araç, donanım ve hareketler olarak tanımlanabilir (Güler ve Gürler, 2007: 118).

İşletmeye uygun üretim teknolojilerinin seçiminde karar vericilerin göz önüne almaları gereken belirli ölçütler vardır. İşletmeden işletmeye farklılık gösterebilecek bu ölçütler alternatif teknolojiler içerisinde eleme yapmayı kolaylaştırarak en uygun teknolojinin seçimine yardımcı olacaktır. Bu ölçütlerin önem sırasının belirlenmesi için çoklu karar verme teknikleri kullanılabilir. Çoklu karar verme yöntemleri bütün karar noktaları için değerlendirme faktörlerini aynı anda çözüme sokar ve karar vericiye tek bir karar dağılımı sunar (Yaralıoğlu, 2004: 7). Mohanty ve Deshmukh (1998) çalışmalarında bilgiyi oluşturan bireysel fikir ve yargıların toplanarak bir grup kararı içerisinde arzulanan çıktının elde edilmesini amaçlayan Nominal Grup Tekniği (NGT)'ni kullanmışlardır. Ayrıca yapısal bir yöntem olan NGT ile benzer olarak, önceliklerin belirlenmesinde objektifliğin sağlanması açısından Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS)'nin tercih edilebilir bir metot olduğunu vurgulamıştır (Mohanty ve Deshmukh, 1998: 298). Bunun yanında Parkan ve Wu (1999) çoklu karar verme tekniklerinden OCRA (Operational Competitiveness Rating) ve TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) tekniklerini robot seçiminde karşılaştırmalı olarak kullanmışlardır. Yaralıoğlu (2004) diğer çoklu karar verme tekniklerinden ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality English) ve Ağırlıklandırılmış Toplam Modelinden eserinde bahsetmiştir. Lowe vd. (2000) yeni üretim teknolojilerinin seçiminde ölçütleri önceliklendirmek için Kalite Fonksiyon Göçerimi yöntemini kullanmışlardır.

Bu çalışmada teknoloji seçiminde göz önüne alınan ölçütlerin önem sırasına göre dizilmesinde AHS kullanılmıştır. 1970'lerde Saaty tarafından geliştirilen bu hiyerarşik karar yapısı, karmaşık ve çoklu karar problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır. Ozdemir ve Saaty (2006), bu süreci, uzman görüşüne ve deneyimlerine bağlı olarak ortaya konan karşılaştırmalı değerlendirmeleri temel alarak somut ve soyut kriterlerin bir ölçek üzerinde değerlendirilmesi ve ölçülmesi olarak tanımlamışlardır (Ozdemir ve Saaty, 2006: 351). AHS, karar vericinin nicel yargılarının ölçülmesini, her bir ölçüt için diğer ölçütlere göre önceliklerinin veya ağırlıklarının belirlenmesini sağlar (Ozdemir, 2005: 708). AHS, stok yönetimi, proje yönetimi, finansal planlama, portföy yönetimi, kredi derecelendirme, bütçeleme kararlar, teknoloji yönetimi, dağıtım kanalları yönetimi, sosyo-ekonomik planlama, enerji kaynakları planlaması gibi problemlerin karar verme sürecinde kullanılmaktadır (Cakir ve Canbolat, 2007: 2). AHS, karar aşamasında kaotik ve karmaşık durumlarda doğal karar verme sürecini yalınlaştırıp hızlandırmakta ve böylelikle karar vermeyi etkinleştirmektedir.

2. TEKNOLOJİ SEÇİMİ VE ÖLÇÜTLERİ

Teknoloji işletmelere birçok olanaklar sunduğu gibi içerisinde bazı sakıncaları da barındırmaktadır. İşletmeler rekabetçi avantaj sağlamak için yapmayı düşündükleri teknoloji yatırımlarını yanlış zamanda yanlış teknolojilere yaptıklarında ya da doğru teknolojiyi seçip çok fazla maliyete katlandıklarında umulanın aksine bir sonuçla karşı karşıya kalabileceklerdir. Doğru teknolojinin seçimi, hem istenilen yere ulaşmada bir avantaj sağlaması açısından hem de

yapılan yatırımların olurlu bir şekilde gerçekleşmesi açısından çok önemlidir. Teknoloji seçim problemini başlatan temel nokta teknolojinin kendisidir. Gün geçtikçe karmaşıklaşan ve fazlaşan teknoloji alternatifleri işletmeleri hem anlayabilecekleri ve kullanabilecekleri bir teknoloji hem de teknoloji yatırımı yapma amaçlarına uygun bir alternatif bulma arayışına sokmuştur.

Genelde endüstri işletmeleri olmak üzere işletmeler, teknoloji değerlendirme ve seçiminde karmaşık ve çoklu karar problemleriyle karşı karşıya kalmaktadırlar. İşletmenin farklı alternatifler arasında seçim zorunda olduğu teknoloji seçimi merkezi bir teknoloji yönetim sürecinden geçmelidir. Torkkeli ve Tuominen (2002) çalışmalarında literatürde bazı yazarlar tarafından ortaya konan teknoloji seçiminde ele alınabilecek özellikleri/faktörleri belirtmişlerdir. Bu özellikleri/faktörleri aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

I.Yap - Souder (1993)

- Ticari ve Teknik başarının belirsizliği
- Teknolojinin mali yapısı
- Teknolojiyi geliştirmek için kaynak ihtiyacı
- Teknolojinin beklenen hedeflere ulaştırma derecesi
- Teknolojinin mevcut yaşam döngüsündeki yeri

III.Rippo - Tuominen (1990)

- Teknolojinin kapasitesi
- İşletme stratejileri
- Risk
- Fayda
- Maliyet

II.Fahrni - Spätig (1990)

- Teknolojinin mevcut en kritik probleme yönelimi
- Teknolojinin uygunluğunun ölçülebilir derecesi
- Teknolojiler arası uyumun derecesi
- Teknolojinin bir ya da daha çok amaca uygunluğu
- Risk derecesi

IV.Currie (1990)

- Yatırımın hızlı dönüşü
- Kaynakların etkin kullanımı
- Gerekli teknolojilere yatırım yapılması

Doğru teknolojinin seçimi ve işletmeye adaptasyonunun sağlanması üretim işletmelerinde çok güçlü bir etki yaratacaktır. Bunun sağlanması için seçim aşamasından başlayarak hem iç çevre hem de dış çevre ile ilgili bilgiler toplanmalıdır. Bu bilgileri toplamada anahtar bazı soruların cevaplanması gerekmektedir (Harrison, 1990: 13):

- Teknoloji müşterilere hizmet vermede yeni yollar bulunmasını sağlar mı ya da mevcut hizmet sürecinin maliyetlerini azaltır mı?
- Teknoloji temel olarak işletmenin yönetilmesine nasıl etki eder? İşletme içinde baştan sona kadar bilgi akışına etkileri neler olur?

ÜRETİM SÜREÇLERİNDE KULLANILAN TEKNOLOJİ İÇİN SEÇİM KRİTERLERİ VE SÜREÇLERİN YENİDEN YAPILANDIRILMASINDA SİMÜLASYON UYGULAMASI

- Teknoloji, işletme ve alt sistemleri için aşamalı ya da evrimsel bir durum olarak mı yoksa radikal değişikliklerin olduğu bir oluşum şeklinde mi tanıtılmalı?
- Teknolojinin işletmeye adapte edilmesi ne kadar maliyet ve risk taşımaktadır?
-

Böylelikle tüm bireylerin ve bölümlerin ihtiyaçları, fikirleri belirlenerek teknolojinin işletmeye ne katıp katmayacağı ya da yeniliğin nasıl karşılanacağı bilinen teknoloji seçimi daha iyi sonuçlarla yapılır.

3. ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ

Üretim teknolojileri, sadece üretim sahasındaki değişimi değil bunun yanında yönetsel sistemlerde ve üretim uygulamalarında ürünün tasarımı ve mühendislik faaliyetlerini de kapsayan yeni teknikler ve bu tekniklerin bilgisi olarak açıklanabilir (Harrison, 1990: xvii).

Hızla gelişen ve ilerleyen teknolojiyle beraber üretim teknolojilerinin gelişimi de devam etmekte ve işletmelere büyük fayda sağlamaktadır. Üretim teknolojileri ile ilgili Swink ve Nair (2007)'in 224 yönetici üzerinde yapmış oldukları ampirik bir çalışmada, üretim - süreç teknolojileri ile üretim - planlama teknolojilerinin birbiriyle entegrasyonu sonucunda uygun maliyetleme, kalite, zamanında teslimat, yeni ürün esnekliği ve süreç esnekliği gibi üretim performansı ölçütlerinde iyileşme sağladığını ortaya koymuştur.

Üretim teknolojileri, Kotha ve Swamidass (2000) tarafından yine Kotha (1991)'nin çalışmasından esinlenerek dört temel grupta incelenmiştir. Üretim teknolojilerinin bu sınıflandırılması aşağıdaki gibi sıralanabilir (Kotha ve Swamidass, 2000: 259):

- Ürün Tasarım Teknolojileri:** Bu gruptaki Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT - CAD), Bilgisayar Destekli Mühendislik (BDM - CAE) ve Otomatik Çizim Teknolojileri gibi teknolojiler birincil olarak bilgi işleme fonksiyonları ile ilişkili olarak ürün tanımlaması, tasarımı ile uğraşmaktadır.
- Süreç Teknolojileri:** Esnek Üretim Sistemleri, Nümerik ve Bilgisayar Kontrollü Nümerik Tezgâhlar (CNC - NC) süreç teknolojileri grubu içerisinde yer almaktadır. Bu teknolojiler üretim süreci yapısına odaklanır. Yani üretim süreçlerinin kontrolü ve işlemesi ile ilgili teknolojilerdir. Esnek üretim sistemleri ve bilgisayar kontrollü CNC tezgâhları gibi süreç teknolojileri, ürün süreçleme maliyetlerini ve süreç değişkenliğini azaltmakta ve böylelikle verimlilik ve ürün kalitesi yükselmektedir.
- Lojistik/Tedarik Planlama Teknolojileri:** Bu gruptaki teknolojileri hammaddenin elde edilmesinden son ürününü ulaştırılmasına kadar olan malzeme akışlarının kontrolüne ve izlenmesine olanak sağlar. Bu

işlemler üretim programlama sistemlerini, üretim hattı kontrol sistemlerini ve malzeme ihtiyaç planlaması sistemlerini içerir.

- iv. **Bilgi Değişim Teknolojileri:** Bu son grup teknolojiler, yukarıda süreç, ürün ve lojistik/tedarik teknolojileri olarak açıklanan üç teknoloji grubu arasındaki bilgi akışının depolanmasını ve değişimini kolaylaştırır. Veritabanları, sistem ekipmanları, veri transfer protokolleri ile intranet ve internet gibi fabrika içinde ağ kurmaya yarayan teknolojiler bu grup içerisinde yer almaktadırlar.

İşletmelerin teknik bilgi kısmını oluşturan üretim teknolojilerini de kendi içinde yine üretimle ilgili yönetsel ve teknik bilgileri işleyen teknolojiler olarak ayırt edilebilir. Yukarıda dört grupta incelenmiş olan üretim teknolojilerinin ilk grubu üretimle ilgili yönetsel bilgiyi işleyerek ikinci ve üçüncü gruptaki süreç ve lojistik/tedarik teknolojisi grubuna bilgi sağlar. Teknoloji gurubu ise bahsedildiği gibi bu üç teknoloji grubu arasında bütünleşmeyi sağlayan üretim teknolojileridir.

4. UYGULAMA

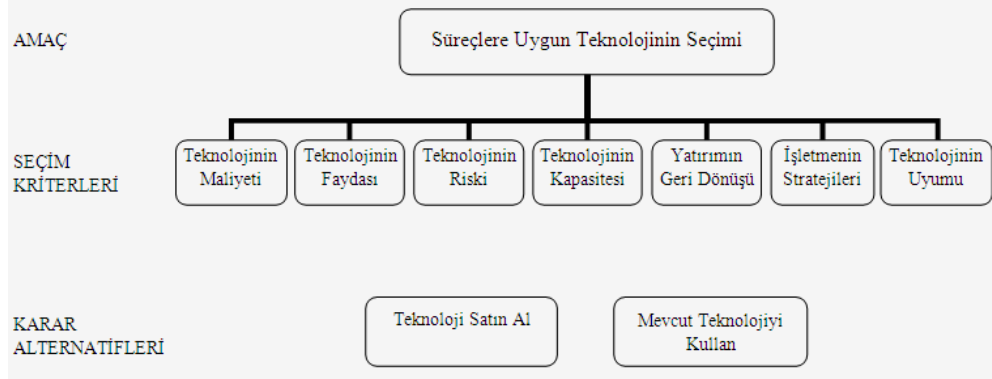
Uygulama Manisa Organize Sanayi Bölgesinde Kurulu bulunan ve otomotiv ana sanayi için aktarma organları üreten bir yan sanayi firmasında gerçekleştirilmiştir. Yan sanayi firmasının tedarikçisi olduğu otomotiv ana sanayi firmasının, küresel piyasada yaşanan talep artışını karşılamak için firmadan tedarik ettiği ürünlerle ilgili olarak üretim kapasitesinin artırmasını istenmiştir. Çalışmanın amacı oluşan talep artışını karşılamak için yan sanayi firması "flanş" parçası üretim kapasitesini arttırmak için üretim sürecini simülasyon yöntemini kullanarak yeniden yapılandırmaktır.

4.1. Teknoloji Seçim Kriterlerinin Önem Ağırlıklarının Belirlenmesi

Teknoloji seçimi ve uygulanması ile ilgili karar probleminde diğer bütün karar problemlerinde olduğu gibi o kararla ilgili önemli faktörleri seçmektir. Cakir ve Canbolat (2007) AHS tekniğinde bu önemli noktaların bir amaca bağlı olarak karar problemini daha kolay anlama ve değerlendirmeyi sağlayacak hiyerarşik bir düzen içerisinde alt bileşenlere ayırdığını belirtmişlerdir. Bu ayrıntılara inerken uygun düzey belirlenmeli ve sonuçların sağlığını etkileyecek derecede derinleşmelerden kaçınılmalıdır. Çalışmada hiyerarşik tasarımda fazla ayrıntıya gidilmeden tek kademeli bir hiyerarşi kullanılmıştır. Hiyerarşik yapı Şekil 1'de görülmektedir.

ÜRETİM SÜREÇLERİNDE KULLANILAN TEKNOLOJİ İÇİN SEÇİM KRİTERLERİ VE SÜREÇLERİN YENİDEN YAPILANDIRILMASINDA SİMÜLASYON UYGULAMASI

Şekil 1. Uygulamada Kullanılan Seçim Kriterleri İçin Hiyerarşik Yapı



Bu hiyerarşik yapı içerisindeki seçim kriterleri, işletme içerisindeki mühendis ve bölüm sorumluları tarafından bir form aracılığıyla doldurularak AHS hesaplama sürecine sokulmuştur. Buna göre sonuç vektörü aşağıdaki gibi hesaplanmıştır;

Teknolojinin Maliyeti:	0,208
Teknolojinin Faydası:	0,175
Teknolojinin Riski:	0,158
Teknolojinin Kapasitesi:	0,082
Yatırımın Geri Dönüşü:	0,276
İşletmenin Stratejileri:	0,039
Teknolojinin Uyumu:	0,061

Elde edilen sonuç vektöründeki teknoloji seçim kriterlerinin önem ağırlıklarına göre bir sıralama yapıldığında; Yatırımın Geri Dönüşü (0,276), Teknolojinin Maliyeti (0,208), Teknolojinin Faydası (0,175), Teknolojinin Riski (0,158), Teknolojinin Uyumu (0,061), İşletmenin Stratejileri (0,039) olarak sıralamak mümkündür. Yapılan bu hesaplamanın devamında ise Tutarlılık Göstergesi (CI) 0,0408 ve Tutarlılık Oranı (CR) ise 0,05385 olarak hesaplanmıştır. Yaralıoğlu (2004) hesaplanan CR değerinin 0,10'dan küçük olmasının karar vericinin tutarlı olduğunu göstergesi olduğunu belirtmiştir. Bu oranlara göre sonuç vektöründe elde edilen ağırlıklar karar aşamasında kullanılabilir.

4.2. Yeniden Yapılandırma Kararı ve Simülasyon Uygulaması

İşletmeden alınan veriler doğrultusunda şu anki süreçlere ilişkin elde edilen veriler aşağıdaki şekilde belirtilmiştir.

Tablodaki bilgilere ek olarak üretim sürecinde aşağıdaki verilerden faydalanılmıştır.

- Her tezgâhta bağımsız birer operatör olmak üzere toplam 7 çalışan üretim sürecinde yer almaktadır.
- Tezgâhlar arasında belirtilen taşıma mesafeleri forklift yardımıyla ortalama 1'er dakika sürmektedir.

Tablo 1: Flanş Parçası Eski Üretim Süreci

	Operasyon	Operasyon Süreleri (saniye)	Üretim Teknolojisi	Katedilen Yol (metre)
OP.10	Ön taraf ve delik tornalama	110	CNC Torna Tezgâhı I	0
OP.20	Arka taraf tornalama	130	CNC Torna Tezgâhı I	0
OP.30	Broş çekme	30	Broş Tezgâhı	4
OP.40	Salgı alma	50	CNC Torna Tezgâhı II	65
OP.50	Arka taraf son tornalama	90	CNC Torna Tezgâhı III	15
OP.60	Ön taraf son tornalama	150	CNC Torna Tezgâhı III	0
OP.70	Bağlantı deliklerini delme+Kılavuz çekme	115	CNC Dik İşleme Tezgâhı	75
OP.80	Markalama	8	CNC Dik İşleme Tezgâhı	0
OP.90	İzleme kodunun vurulması	10	CNC Dik İşleme Tezgâhı	0
OP.100	Keçe çapını taşlama	65	Taşlama Tezgâhı	3
OP.110	Toz saçının çakılması	15	El Presi	68
		<u>773</u>		<u>230</u>

Tablo 1'de özetlenen veriler Promodel 7.0 simülasyon programına girilerek, yapılan simülasyon sonucu elde edilen istatistik veriler, fabrika ortamından elde edilen gerçek üretim süreci verileri ile karşılaştırılmıştır. Bunun sonucunda 24 saat 3 vardiya çalışılan flanş üretim hattı günlük üretim kapasitesi gerçek fabrika koşullarında 160 adet olmakta iken, Promodel programı ile yapılan simülasyon sonucu 157 adet bulunmuştur.

ÜRETİM SÜREÇLERİNDE KULLANILAN TEKNOLOJİ İÇİN SEÇİM KRİTERLERİ VE
SÜREÇLERİN YENİDEN YAPILANDIRILMASINDA SİMÜLASYON UYGULAMASI

Tablo 2: Eski Süreç İçin Simülasyon Sonucu I

Tezgâh	Simülasyon Zamanı (saat)	Toplam Parça Girişi	Tezgâhlardan Faydalanma Oranı %
CNC Torna 1	24	180	100,00
Broş	24	179	12,43
CNC Torna 2	24	179	20,71
CNC Torna 3	24	159	87,96
CNC Dik İşleme	24	158	48,44
Taşlama	24	157	23,62
Pres	24	157	5,45

Program % 98 oranında gerçeğe yakın sonuçlar vermektedir. Bu sonuç yapılacak olan yeniden yapılanma çalışmasında Promodel programının kullanılmasının gerçeğe yakın sonuçlar vereceğini göstermektedir.

Tablo 3: Eski Süreç İçin Simülasyon Sonucu II

Operatör	Simülasyon Zamanı (Saat)	Parça Başına Kullanım Zamanı (Dakika)	Faydalanma Oranı %
Operatör 1	24	4,00	100,00
Operatör 2	24	0,50	12,43
Operatör 3	24	0,83	20,71
Operatör 4	24	4,00	87,96
Operatör 5	24	2,21	48,44
Operatör 6	24	1,08	23,62
Operatör 7	24	0,25	5,45

Simülasyon tamamlandığı anda toplam 157 parça sistemden çıkmış olup bir parça için elde edilen bilgiler aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- Ortalama Sistemde Kalış Süresi = 152,51 dakika
- Ortalama Taşıma Süresi = 6 dakika
- Ortalama Bekleme Süresi = 68,79 dakika
- Ortalama İşlem Süresi = 61,45 dakika
- Kapasite Yetersizliği Sebebiyle Bekleme Süresi = 16,27 dakika

Sonuç olarak; tablo 2'deki ve tablo 3'teki bilgiler incelendiğinde CNC Torna 1 ve Operatör 1 (100,00) ile CNC Torna 3 ve Operatör 4 (87,96) için kapasite kullanım oranının daha fazla olduğu görülmektedir. Sistemde bir parçanın bir parçanın kalış süresinin büyük çoğunluğunun değer yaratmayan bekleme ve taşıma sürelerinden oluştuğu sonucuna varılmıştır.

Bu bilgiler ve belirlenen teknoloji seçim kriterleri ağırlıkları ışığında istenilen üretim kapasite artışına ulaşmak için sistemdeki değer yaratmayan tüm faaliyetleri ortadan kaldırmak ve sistemde faydalı hale getirmek için mevcut üretim teknolojilerinin verimli bir şekilde kullanılması kararı alınmıştır. Bu karar alınırken mevcut yatırımların kullanımında alınan geri dönüş, bu teknolojiler için katlanılan maliyetler ve elde edilen üretim faydaları dikkate alınmıştır. Bunun yanında yeni bir yatırım yapılırken eski yatırımlarda olduğu gibi atıl zamanlar ortaya çıkması ve mevcut teknolojiye uyum zorluğu yani teknoloji riski ve uyumu da göz ardı edilmemiştir.

Flanş parçası üretim hattı için planlanan yeniden yapılanma Promodel 7.0 simülasyon programı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Eski süreçte yer alan değer yaratmayan operasyonlar birleştirileceği, kullanılan tezgâhların yetersiz bakımından ve ayarsızlığından dolayı katlanılan operasyonların gerekli bakım ve ayarların yapılarak ortadan kaldırılacağı varsayılmıştır. Üretim hattı boyunca yer alan taşımaları ortadan kaldırmak ve akışta sürekliliği sağlamak amacıyla yeniden yapılandırma sürecinde hücrenel üretim modeli uygulanmıştır. Bu varsayımlar ve kısıtlar ışığında Promodel programına aşağıdaki veriler girilerek yeni bir süreç simülasyon modeli oluşturulmuş ve çalıştırılmıştır.

Tablo 4: Flanş Parçası Yeni Üretim Süreci

	Operasyon	Operasyon Süreleri (saniye)	Üretim Teknolojisi	Katedilen Yol (metre)
OP.10	Ön taraf son tornalama	105	CNC Torna Tezgâhı I	0
OP.20	Broş çekme	30	Broş Tezgâhı	0
OP.30	Arka taraf son tornalama	115	CNC Torna Tezgâhı II	0
OP.40	Bağlantı deliklerini delme+Kılavuz çekme	115	CNC Dik İşleme Tezgâhı	3
OP.50	Bağlantı deliklerini havşalama	8	CNC Dik İşleme Tezgâhı	0
OP.60	Markalama ve izleme kodunun vurulması	10	CNC Dik İşleme Tezgâhı	0
OP.70	Keçe çapını taşlama	65	Taşlama Tezgâhı	3
OP.80	Toz saçının çakılması	15	EI Presi	0
		463		6

Tablodaki bilgilere ek olarak hücrenel üretim sürecinde yer alan toplam 6 adet tezgâh için 2 operatörün yeterli olacağı varsayılmıştır. Buna göre, yapılan yeniden yapılandırma çalışmaları sonucunda Promodel programından aşağıdaki bilgiler elde edilmiştir.

ÜRETİM SÜREÇLERİNDE KULLANILAN TEKNOLOJİ İÇİN SEÇİM KRİTERLERİ VE
SÜREÇLERİN YENİDEN YAPILANDIRILMASINDA SİMÜLASYON UYGULAMASI

Simülasyon tamamlandığı anda toplam 253 parça sistemden çıkmış olup bir parça için elde edilen bilgiler aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- Ortalama Sistemde Kalış Süresi = 49,78 dakika
- Ortalama Taşıma Süresi = 0 dakika
- Ortalama Bekleme Süresi = 11,49 dakika
- Ortalama İşlem Süresi = 31,42 dakika
- Kapasite Yetersizliği Sebebiyle Bekleme Süresi = 6,87 dakika

Tablo 5: Yeni Süreç İçin Simülasyon Sonucu I

Tezgâh	Simülasyon Zamanı (saat)	Toplam Parça Girişi	Tezgâhlardan Faydalanma Oranı %
CNC Torna 1	24	257	96,79
Broş	24	256	94,00
CNC Torna 2	24	255	96,48
CNC Dik İşleme	24	254	46,31
Taşlama	24	253	23,37
Pres	24	253	10,19

Operatör	Simülasyon Zamanı (Saat)	Parça Başına Kullanım Zamanı (Dakika)	Faydalanma Oranı %
Operatör 1	24	0,83	99,86
Operatör 2	24	0,53	79,87

5. SONUÇ

Teknoloji seçimi işletmeler için önemli bir karar noktasını oluşturmaktadır. İyi bir teknoloji yatırımı yapmak ya da mevcut yatırımlardan etkin bir şekilde yararlanmak için işletme ihtiyaçlarının ve uygulanacak ya da uygulanmış teknolojilerin iyi etüt edilmesi gerekmektedir. Çalışmada bu kriterler literatürden ve işletme içindeki mühendis ve yöneticilerin deneyimleri sonucunda belirlenerek Analitik Hiyerarşi Sürecine sokulmuş ve bir önem sırasına konmuştur. Buradan hareketle mevcut sistem incelendiğinde tezgâhlarda ve operatörlerde bir çok aylak zaman olduğu tespit edilerek elde edilen öncelik kriterleri ışığında yatırımlardan geri dönüş oranını optimize etmek, ana sanayi firmasının isteklerini gerçekleştirmek için fazladan teknoloji yatırımı yaparak maliyet oluşturmamak, mevcut yatırımlardan sağlanacak faydayı arttırmak için sürecin yeniden yapılandırılması sırasında mevcut teknolojilerin seçilmesi yoluna gidilmiştir.

Yapılan simülasyon analizleri sonucunda istenilen kapasite artışının % 62 oranında gerçekleşeceği ve bunun yanında bir parçanın üretim sisteminde kalış süresi % 67 azalarak 49,78 dakikaya, ortalama işlem süresi ise % 49 azalarak 31,42 dakikaya düşeceği ayrıca kullanılan işgücü 7 operatörden 2 operatöre ineceği ve taşıma olmayacağı içinde forklift taşıma aracının kullanılmayacağı öngörülmektedir.

Tablo 6: Eski ve Yeni Sürecin Karşılaştırılması

	Yeni Süreç	Eski Süreç
Ortalama Sistemde Kalış Süresi	49,78 dakika	152,51 dakika
Ortalama Taşıma Süresi	0 dakika	6 dakika
Ortalama Bekleme Süresi	11,49 dakika	68,79 dakika
Ortalama İşlem Süresi	31,42 dakika	61,45 dakika
Kapasite Yetersizliği Sebebiyle Bekleme Süresi	6,87 dakika	16,27 dakika

Kullanılan simülasyon programıyla, işletmeler için uygulaması zor olan yeniden yapılanma sürecinin öngörümü sağlıklı ve gerçekçi bir şekilde yapılarak uygulamacılara kolaylık sağlaması düşünülmüştür.

Bulunan bu değerler; varsayımlar ve kısıtlar Promodel programında daha farklı şekilde optimize edilebilir. İlerleyen çalışmalarda bu optimizasyon gerçekleştirilerek bir proje olarak uygulamaya geçirilecektir.

KAYNAKÇA

BURGELMAN, R. A., MAIDIQUE, M. A., & WHEELWRIGHT, S. C. (2001): Strategic Management of Technology and Innovation, 3rd Edition., McGraw-Hill Irwin, Boston.

ÇAKIR, O., CANBOLAT, M.S. (2007): "A Web - Based Decision Support System for Multi - Criteria Inventory Classification Using Fuzzy AHP Methodology", Expert Systems with Applications, doi: 10.1016/j.eswa.2007.08.041

CHRISTENSEN, C. M., BOWER, J. L. (1996): "Customer Power, Strategic Investment, and The Failure of Leading Firms", Strategic Management Journal, 17: 197 - 218.

DOĞAN İPEKGİL Ö (2007): Teknoloji, Yenilik ve Kalite Yönetimi, Altın Nokta Basımevi, İzmir.

GÜLER M. E., GÜRLER İ. (2007): "Bilgi Teknolojilerinin Kullanımında Sağlanacak Fayda - Verimlilik İlişkisi", 4. KOBİ'ler ve Verimlilik Kongresi, 117 - 128

HARRISON M. (1990): Advanced Manufacturing Technology Management, Pitman Publishing, London.

KOTHA S., SWAMIDASS P. M. (2000): "Strategy, Advanced Manufacturing Technology and Performance: Empirical Evidence from U.S. Manufacturing Firms", Journal Of Operations Management, 18: 257 - 277.

LOWE A., RIDGWAY K., ATKINSON H. (2000): "QFD in New Production Technology Evaluation", International Journal of Production Economics, 67: 103 - 112.

MOHANTY R. P., DESHMUKH S. G. (1998): "Advanced Manufacturing Technology Selection: A Strategic Model for Learning and Evaluation", International Journal of Production Economics, 55: 295 - 307.

OZDEMIR M. S. (2005): "Validity and Inconsistency in the Analytic Hierarchy Process", Applied Mathematics and Computation, 161 - 3: 707-720

OZDEMIR M. S., SAATY T. L. (2006): "The Unknown in Decision Making: What to Do about It", European Journal of Operational Research, 174: 349-359

PARKAN C., WU M. (1999): "Decision - Making and Performance measurement Models with Applications to Robot Selection", Computers & Industrial Engineering, 36: 503 - 523.

SWINK M., NAIR A. (2007): "Capturing the Competitive Advantages of AMT: Design - Manufacturing Integration as a Complementary Asses", Journal of Operations Management, 25: 736 - 754.

TORKKELI M., TUOMINEN M. (2002): "The Contribution of Technology Selection to Core Competencies", International Journal of Production Economics, 77: 271 - 284.

YARALIOĞLU K. (2004): Uygulamada Karar Destek Yöntemleri, İlkem Ofset, İzmir.