



Araştırma Makalesi / Research Article

**STATISTICAL ANALYSIS ABOUT PERCEPTION OF CONCURRENT
ENGINEERING AND LEAN MANUFACTURING APPROACHES THROUGH
MANUFACTURING INDUSTRY**

Ali GÖRENER^{*1}, Mustafa AKKURT¹, Serdar ÇINAR²

¹Fatih Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Büyükçekmece-İSTANBUL

²Kastamonu Entegre A.Ş., KASTAMONU

Geliş/Received: 28.09.2007 Kabul/Accepted: 26.05.2008

ABSTRACT

New approaches about manufacturing systems, such as concurrent engineering and lean manufacturing technologies, provides certain competitive advantage like less manufacturing costs and short delivery period. In this study, awareness and perception about concurrent engineering and lean manufacturing are investigated through survey. These survey outcomes are examined statistically; both results of approaches are compared and findings are interpreted.

Keywords: Concurrent engineering, lean manufacturing, statistical analysis, survey.

**EŞ ZAMANLI MÜHENDİSLİK VE YALIN ÜRETİM ANLAYIŞLARININ İMALAT SEKTÖRÜ
AÇISINDAN ALGILANMASINA YÖNELİK İSTATİSTİKSEL BİR ANALİZ**

ÖZET

İmalat işletmelerinde son yıllarda uygulanmaya başlanan eş zamanlı mühendislik ve yalın üretim gibi yeni yaklaşımlar, imalat maliyetlerini azaltmasının yanında mamul teslim süresinin kısalığı gibi önemli rekabet avantajlarının elde edilmesine imkan vermiştir. Bu çalışmada, eş zamanlı mühendislik ve yalın üretim anlayışlarının imalat işletmelerinde bilinirliğine ve algılanmasına yönelik bir araştırma yapılmıştır. Yapılan anketlerin sonuçlarından elde edilen veriler istatistiksel olarak incelenmiş, her iki anlayış için varılan sonuçlar karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Eş zamanlı mühendislik, yalın üretim, istatistiksel analiz, anket.

1. GİRİŞ

Rekabetin giderek arttığı günümüzde işletmelerin; esnek, değişikliklere kolay adapte olabilen, en iyi ürün karışımını en kısa sürede, en ucuz ve istenen kalite düzeyinde üretebilecek yapıya sahip olmaları gerekmektedir. Bu sebepten ötürü şirketler, teknoloji kullanımı ile sistemlerini güncellerken, yeni üretim yaklaşımlarını da göz önünde bulundurmalıdırlar. Yalın üretim, hücresel imalat, eş zamanlı mühendislik, çevik üretim gibi yaklaşımlar işletmelerin rekabet avantajı kazanmasında kullanılabilir yeni yöntemler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu anlayışların ve içerdikleri tekniklerin imalat endüstrisindeki bilinirliği, bu sektörde çalışan

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: e-mail/e-ileti: aligorener@fatih.edu.tr, tel: (212) 866 33 00

firmalar açısından önemlidir. Özellikle firmalarda çalışan orta düzey yöneticiler ve mühendislerin bu yaklaşımların getirmiş olduğu avantajları bilmesi, içerisinde buldukları kurumun rekabet üstünlüğü kazanması açısından fayda sağlayacaktır.

Literatüre bakıldığında, yalın üretim ve eş zamanlı mühendislik konuları hakkında çeşitli çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Trygg[1] imalat endüstrisinde eş zamanlı mühendislik uygulamalarının araştırılması, Birgün vd.[2] yalın üretim kapsamında iş süreçlerinde kayıpların yok edilmesi, Ertay vd.[3] imalat endüstrisinde yalın üretim uygulamalarının gerçekleştirilmesi, Pillai vd.[4] eş zamanlı mühendislikte performans ölçümü, Maylor ve Gosling[5] eş zamanlı mühendisliğin yeni ürün geliştirme çalışmalarında kullanımı, Oliver vd.[6] otomotiv parçaları üretici firmalarındaki yalın üretim uygulamalarının karşılaştırılması, Chun Wu[7] yalın üretimde tedarikçi ilişkilerinin lojistik kapsamındaki önemi, Yusuf ve Adeleye[8] yalın ve çevik üretim uygulamalarına ilişkin İngiltere’de bir anket çalışması yaparak performans göstergelerinin tespit edilmesi, White vd.[9] Amerika’daki küçük ve büyük ölçekli firmalara yönelik yapılan bir anket çalışması ile yalın üretim uygulamalarının farklılıklarının tespit edilmesi, Duffy vd.[10] işletmelere uygulanan anketler neticesinde elde edilen bulgular ışığında insani ve organizasyonel faktörlerinde içinde bulunduğu eş zamanlı mühendislik uygulamalarının başarılı olması konularında çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalar içerisinde, eş zamanlı mühendislik ve yalın üretim anlayışlarının imalat işletmelerinde bilinirliğine ve algılanmasına yönelik bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmada, yalın üretim ve eş zamanlı mühendislik kavramlarının sanayideki bilinirliğine ve algılanmasına yönelik bir araştırma yapılmış, bu sayede sözü edilen üretim anlayışlarının endüstride çalışan mühendisler açısından ne şekilde algılandığına yönelik bulguların elde edilmesi ve yorumlanması hedeflenmiştir. Çalışmada öncelikle, yalın üretim ve eş zamanlı mühendislik kavramları açıklanmış, sonrasında uygulamaya geçilmiştir. Uygulama kısmında ise imalat sektöründeki iki büyük firmada yapılan anket çalışması ve analizi sunulmuştur. Sonuç kısmında ise çalışmanın bulguları değerlendirilerek yorumlanmıştır.

2. YALIN ÜRETİM

Yalın üretim, Japonların II. Dünya Savaşı sonrasında içinde buldukları ekonomik şartlarda ortaya çıkmış bir anlayıştır. Savaşın sonra, sınırlı olan doğal kaynaklara, işgücü ve sermaye kaynaklarının da yetersizliği ilave edilince Japonya, iktisadi varlığını devam ettirebilmek için kaynakları mümkün olan en düşük maliyetle kullanmayı öğrenmek durumunda kalmıştır. Bir felsefe olarak da ifade edilen yalın üretimin ortaya çıkışında bu tür ihtiyaçlar önemli yer tutmaktadır. İlk olarak Toyota firmasında uygulanmaya başlanan yalın üretim tekniklerinin önemi, 1971 petrol krizi sonrasında diğer Japon işletmelerince de anlaşılmış ve yalın üretim ülke genelinde uygulama alanı bulmuştur. Bu felsefeye dayalı üretim 1980’lerin başından itibaren Amerika ve Avrupa’da da uygulanmaya başlanmış ve hızla bütün dünyaya yayılmıştır[11].

Yalın üretim anlayışı dört prensip üzerine kuruludur. Bu prensipler; Sıfır kayıp, Kusursuz ilk ürün kalitesi, Esnek üretim hatları ve Sürekli gelişme olarak sıralanabilir [12]. Yalın üretimin en önemli özelliklerinden biri Tam zamanında üretim(JIT) yöntemini içermesidir. Yapılan işe değer katmayan her türlü faaliyetin ortadan kaldırılması tam zamanında üretim sisteminin esasını oluşturmaktadır. Amaç israf unsuru olan tüm aktivitelelerin yok edilmesidir. Toyota Üretim Sistemi olarak da adlandırılan bu sistemin kurucusu Taiichi Ohno, israfı “üretilebilir üretilen herhangi bir değer katmayan fakat maliyete yol açan faaliyet” olarak tanımlamıştır[20]. Tam zamanında üretim, çekme sistemine dayalı bir üretim sistemidir. Çekme kavramı hem ardışık üretim süreçlerinde ve hem de tedarikçilerle ilgili olarak kullanılır. Çekme sistemi, üretim ve dağıtım talebini gerçekleştirmek için iş istasyonları arasında çeşitli sinyaller kullanır. Örneğin, bir ürün talebi geldiğinde bu talep son istasyona iletilir ve kanban kartlarıyla istasyonlar arası malzeme çekimi sağlanır. Çekme sistemi sadece ihtiyaç olduğunda küçük partilerden oluşan malzemelerin üretilmesini sağlar. Bu sistem, stokların oluşumunu engeller ve dolayısıyla stoklara

yapılan yatırımı azaltırken imalat çevrim zamanlarını da düşürür. JIT anlayışında en büyük israf kaynağı olarak stoklar dikkate alınır. Ancak tedarikçilerine olan güvensizlikten dolayı imalatçı firmaların hammadde kaynaklı stok tutma eğiliminde oldukları görülmektedir. Günümüzün süreç odaklı sistemlerinde ise tedarikçi ve alıcı firmalar birbirini takip eden ardışık süreçler olarak düşünülmekte ve karşılıklı faydaya dayalı tedarikçi ilişkileri dikkate alınmaktadır[13,18].

Tam zamanında üretimin getirdiği yalın düşünce kapsamında üretimde israf kavramını detaylandırırsak; talep yokken üretilen ve envantere biriken ürünler, yeniden işlenmeyi gerektiren hatalı ürünler, gerekli olmayan süreç aşamaları, çalışanların ve ürünlerin gerekmediği halde bir yerden başka bir yere nakledilmesi, önceki aşamalarda zamanında tamamlanamayan işlemler nedeniyle boş bekleyen işçiler ve müşterinin beklentilerini karşılamayan ürün ve hizmetler olarak ifade edebiliriz. Yalın üretimin amacı, israfa yol açan unsurları yok etmek veya bu unsurları en aza indirmektir [14,22].

3. EŞ ZAMANLI MÜHENDİSLİK

Eş zamanlı mühendislik, müşteri isteklerine hızlı ve ekonomik bir şekilde cevap verebilmek için, ürünün tasarım aşamasında ürünle ilgili bölümlerin (pazarlama, tasarım, finans, imalat, montaj, mühendislik, lojistik vd.) bir araya gelip bir takım oluşturarak ürünün kaliteli, düşük maliyetli, müşteri isteklerinin karşılanabileceği özelliklerde tasarımının ve diğer süreçlerinin yürütülmesinin gerçekleştirildiği bir yöntemdir.

Eş zamanlı mühendisliğin dört temel ögesi vardır. Bunlar:

- Eş zamanlılık: Ürün ve süreç tasarımı beraber ilerler ve aynı zamanda oluşur.
- Kısıtlar: Süreç kısıtları ürün tasarımının bir parçasıdır.
- Koordinasyon: Ürün ve süreçlerin etkin olabilmeleri için bütünsel olarak koordine edilmeleri gerekir.
- Karar ve amaç bütünlüğü: Kararlar bütün takımın katılımıyla alınmalıdır. Dolayısıyla ortak amaçlara sahip olunmalıdır.

Eş zamanlı mühendisliğin temel amacı; işletmenin üretim, pazarlama, muhasebe, satış, satın alma, kalite ve finans fonksiyonlarının işleyişini, ürünün tasarımından son ürün alıncaya kadar ki süreç içinde eş zamanlı olarak gerçekleştirmektir.

Temel amaca bağlı diğer amaçlar ise;

- Ürün geliştirme ve pazara sunum sürelerinin kısaltılması,
- Kalitede iyileşme,
- Sürekli iyileştirme,
- Maliyetleri azaltma,
- Kayıpların azaltılması (zaman, emek, sermaye kayıpları),
- İşletmenin rekabet gücünü artırmak olarak sıralanabilir [15,19].

Eş zamanlı mühendislik anlayışında ürünle ilgili sorumluluklar ilgili tüm birimler tarafından paylaşılır. Ayrıca bilgi alışverişinde çapraz fonksiyonel ekipler sayesinde tüm birimler arasında sağlanabilmektedir [21].

Eş zamanlı mühendislik anlayışını otomobil endüstrisinin önemli firmaları (Ford, Benz, Opel) ve Japon elektronik parça üreticileri uzun yıllar adlandırmadan uygulamışlardır. Eş zamanlı mühendislik, ABD Savunma Bakanlığı'nın savunma sistemleri elde etme konusuna özel önem vermesinden sonra popüler olmuştur. 1980'li yıllarda özellikle Amerikan otomobil endüstrisi, pazar paylarının düştüğünü görünce daha kısa zamanda, daha ucuz maliyetli ürünlerin üretilmesinde aynı düşünceyi uygulamışlardır[16,17]. Günümüzde de eş zamanlı mühendislik uygulamaları birçok firmada görülmektedir.

4. UYGULAMA

4.1. Anket Çalışmasının Açıklanması

Eş zamanlı mühendisliğin yalın üretimle kıyaslanmasında kullanılmak üzere 22 sorudan oluşan bir anket düzenlenmiştir. Anket sorularının özelliği, hem eş zamanlı mühendislik hem de yalın üretimin teknik özelliklerini içermesi ve bunların kıyaslanmasında sorudan çok bir değerlendirme etkeni özelliği taşımalarıdır.

Soruların cevaplanabilmesi için eş zamanlı mühendislik ve yalın üretim hakkında teknik bilgiye sahip olan mühendislere ihtiyaç vardır. Bunun için ABC A.Ş ve XYZ A.Ş' de çalışan toplam 24 mühendis seçilmiştir.

ABC A.Ş, kamyon fren sistemlerini ve fren kalıplarını tasarlayan ve üreten bir yan sanayi işletmesidir. XYZ A.Ş ise traktör üretimi yapan ve sektöründe lider olan bir ana sanayi işletmesidir. Her iki firmada da eş zamanlı mühendislik, hücresel imalat ve yalın üretim anlayışları benimsenmektedir.

Çizelge 1. Yalın Üretim İçin Yapılan Ankete İlişkin Sorular ve Verilen Cevap Sayıları

| | ANKET A | YALIN ÜRETİMİN DEĞERLENDİRİLMESİ | | | | | Toplam |
|----|---|----------------------------------|------|------|-----|---------|--------|
| | | Çok Kötü | Kötü | Orta | İyi | Çok İyi | |
| 1 | Tasarımın müşteri odaklılığı açısından değerlendiriniz | | 6 | 3 | 15 | | 24 |
| 2 | Tasarımda yenilik oluşturabilme açısından değerlendiriniz | | 1 | 12 | 9 | 2 | 24 |
| 3 | Tasarlanan ürünün üretilebilirliği açısından değerlendiriniz | | 1 | 9 | 13 | 1 | 24 |
| 4 | Ürünün pazara kısa zamanda sunulabilmesi açısından değerlendiriniz | | 7 | 8 | 8 | 1 | 24 |
| 5 | Müşteri isteklerinin ürüne yansıtılabilmesi açısından değerlendiriniz | | 3 | 13 | 6 | 2 | 24 |
| 6 | Ürün ve süreçler için parametre tasarımının etkinliği açısından değerlendiriniz | | 1 | 6 | 15 | 2 | 24 |
| 7 | Kalite yönetimi araçlarının etkin kullanımı açısından değerlendiriniz | | | 6 | 13 | 5 | 24 |
| 8 | Hata önleme çalışmalarının yapılabilmesi açısından değerlendiriniz | | 1 | 5 | 14 | 4 | 24 |
| 9 | Ürün ve süreç kalitesindeki iyileştirmeler açısından değerlendiriniz | | | 2 | 16 | 6 | 24 |
| 10 | Çalışanların kalite ile ilgili faaliyetlere katılımı açısından değerlendiriniz | | 1 | 11 | 9 | 3 | 24 |
| 11 | Ürünün üretim süresinin kısalığı açısından değerlendiriniz | | 4 | 7 | 8 | 5 | 24 |
| 12 | İş akışının basitliği açısından değerlendiriniz | | 2 | 4 | 11 | 7 | 24 |
| 13 | Üretimde esneklik açısından değerlendiriniz | | 4 | 9 | 10 | 1 | 24 |
| 14 | Üretimde hataların azlığı açısından değerlendiriniz | 1 | | 7 | 13 | 3 | 24 |
| 15 | Çalışanın ve ekipmanın verimliliği açısından değerlendiriniz | | 3 | 3 | 14 | 4 | 24 |
| 16 | Üretimde sürekli gelişim faaliyetleri açısından değerlendiriniz | | | 6 | 11 | 7 | 24 |
| 17 | Üretimde çevrim süresi açısından değerlendiriniz | | 1 | 6 | 12 | 5 | 24 |
| 18 | Bilgi akışı homojenliği açısından değerlendiriniz | | 2 | 6 | 14 | 2 | 24 |
| 19 | Bölümler arası iş birliği açısından değerlendiriniz | | 3 | 11 | 9 | 1 | 24 |
| 20 | Mühendislik çalışmalarında sadeleşme açısından değerlendiriniz | | 3 | 10 | 10 | 1 | 24 |
| 21 | Talep değişimlerine karşılık verebilme açısından değerlendiriniz | 2 | 3 | 12 | 5 | 2 | 24 |
| 22 | Çalışanların motivasyonu ve verimlilikleri açısından değerlendiriniz | | 1 | 8 | 12 | 3 | 24 |

Yapılan ankette soruların cevaplandırılması için; çok kötü, kötü, orta, iyi, çok iyi cevap seçenekleri bulunmaktadır. Eş zamanlı mühendislik ve yalın üretim anlayışlarının değerlendirilmesinde kullanılan anket ve verilen cevaplar Çizelge 1 ve Çizelge 2’de gösterilmektedir. Örnek olarak; Tasarımın müşteri odaklılığı sorusuna yalın üretim açısından(Çizelge 1’de) 6 mühendis kötü, 3 mühendis orta, 15 mühendis iyi; eş zamanlı mühendislik açısından(Çizelge 2’de) 2 mühendis orta, 16 mühendis iyi, 6 mühendis çok iyi cevabını vermiştir. Her ikisinde de ayrı ayrı toplam cevap sayısı 24’tür.

Çizelge 2. Eş Zamanlı Mühendislik İçin Yapılan Ankete İlişkin Sorular ve Verilen Cevap Sayıları

| | ANKET B | EŞ ZAMANLI MÜHENDİSLİĞİN DEĞERLENDİRİLMESİ | | | | | |
|----|---|--|----------|------|------|-----|---------|
| | | SORULAR | Çok Kötü | Kötü | Orta | İyi | Çok İyi |
| 1 | Tasarımın müşteri odaklılığı açısından değerlendiriniz | | | 2 | 16 | 6 | 24 |
| 2 | Tasarımda yenilik oluşturabilmesi açısından değerlendiriniz | | 3 | 10 | 7 | 4 | 24 |
| 3 | Tasarlanan ürünün üretilebilirliği açısından değerlendiriniz | | | 1 | 16 | 7 | 24 |
| 4 | Ürünün pazara kısa zamanda sunulabilmesi açısından değerlendiriniz | | 1 | 1 | 15 | 7 | 24 |
| 5 | Müşteri isteklerinin ürüne yansıtılabilmesi açısından değerlendiriniz | | | 4 | 13 | 7 | 24 |
| 6 | Ürün ve işlem tasarımı için parametre tasarımının etkinliği açısından değerlendiriniz | | 3 | 12 | 7 | 2 | 24 |
| 7 | Kalite yönetimi araçlarının etkin kullanımı açısından değerlendiriniz | | 3 | 7 | 11 | 3 | 24 |
| 8 | Hata önleme çalışmalarının yapılabilmesi açısından değerlendiriniz | | 1 | 13 | 9 | 1 | 24 |
| 9 | Ürün ve işlem kalitesindeki iyileştirmeler açısından değerlendiriniz | | 4 | 9 | 7 | 4 | 24 |
| 10 | Çalışanların kalite ile ilgili faaliyetlere katılımı açısından değerlendiriniz | | 2 | 11 | 8 | 3 | 24 |
| 11 | Ürünün üretim süresinin kısalığı açısından değerlendiriniz | | 1 | 8 | 7 | 8 | 24 |
| 12 | İş akışının basitliği açısından değerlendiriniz | | 4 | 12 | 6 | 2 | 24 |
| 13 | Üretimde esneklik açısından değerlendiriniz | | 3 | 12 | 7 | 2 | 24 |
| 14 | Üretimde hataların azlığı açısından değerlendiriniz | | 4 | 8 | 9 | 3 | 24 |
| 15 | Çalışanın ve ekipmanın verimliliği açısından değerlendiriniz | | 6 | 6 | 7 | 5 | 24 |
| 16 | Üretimde sürekli gelişim faaliyetleri açısından değerlendiriniz | | 6 | 10 | 6 | 2 | 24 |
| 17 | Üretimde çevrim süresi açısından değerlendiriniz | | 6 | 8 | 9 | 1 | 24 |
| 18 | Bilgi akışı homojenliği açısından değerlendiriniz | | 3 | 7 | 9 | 5 | 24 |
| 19 | Bölümler arası iş birliği açısından değerlendiriniz | | 1 | 5 | 10 | 8 | 24 |
| 20 | Mühendislik çalışmalarında sadeleşme açısından değerlendiriniz | | 1 | 6 | 11 | 6 | 24 |
| 21 | Talep değişimlerine karşılık verme açısından değerlendiriniz | | 2 | 6 | 10 | 6 | 24 |
| 22 | Çalışanların motivasyonu ve verimlilikleri açısından değerlendiriniz | | 7 | 9 | 4 | 4 | 24 |

4.2. Anket Çalışmasının İstatistiksel Olarak Yorumlanması

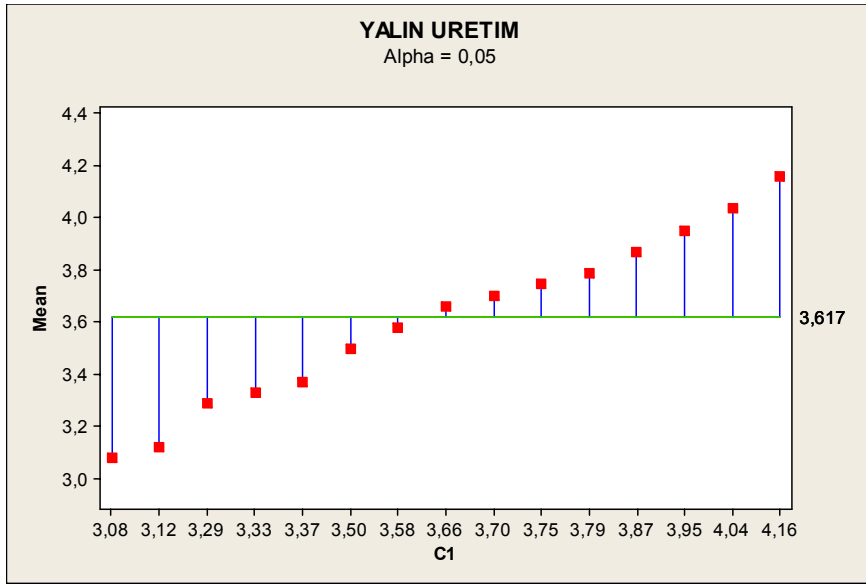
Anketten elde edilen verilerin analizinde; çok kötü, kötü, orta, iyi, çok iyi soru cevaplarına sırasıyla 1, 2, 3, 4, 5 puanları verilerek her bir sorunun her iki anlayış içinde X_i , yani ortalama değeri elde edilmiştir. Örnek büyüklüğü $n= 22$ 'dir. Eş zamanlı mühendisliğin yalın üretimle sektördeki algılanma açısından kıyaslanmasında, ortalamaların analizi ve ortalamalar arasındaki farkların testi (Hipotez testi) yöntemleri kullanılmıştır.

4.2.1. Ortalamaların Analizi

Ortalamaların analizi yönteminde MINITAB programındaki Analysis of Means kullanılarak, örneklerin aritmetik ortalamaları ölçüt alınarak anket sorularının (eş zamanlı mühendislik ve yalın üretim anlayışlarının teknik özelliklerinin) değerlendirilmesi yapılmıştır. Analysis of Means (ANOM) her bir sorunun ortalama değerinin, tüm soruların ortalama değerlerinin ortalamasından farkını ortaya koyması için seçilmiştir. Analiz, hata payı $\alpha = 0.05$ seçilerek %95 güvenle gerçekleştirilmiştir.

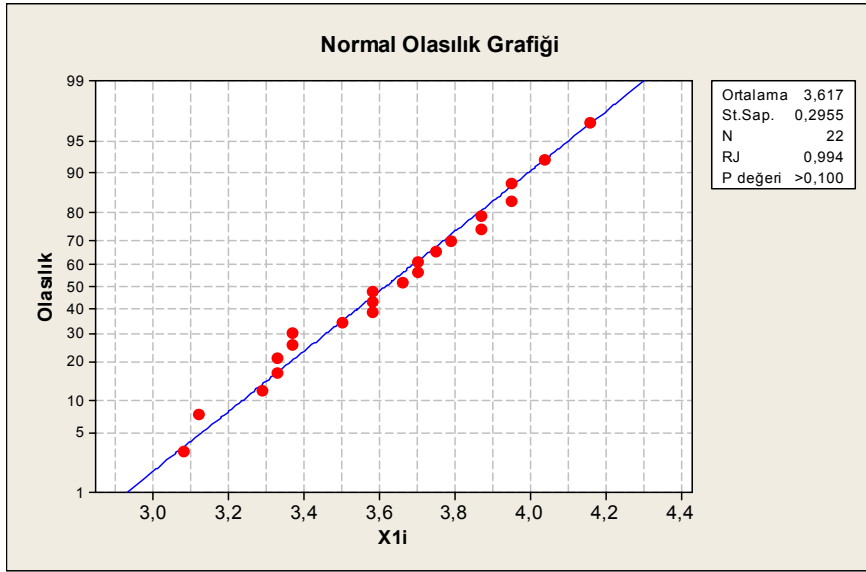
4.2.1.1. Yalın Üretim Ortalamalarının Analizi

Yalın üretimin değerlendirilmesine ilişkin yapılan anket sonucunda elde edilen verilerin ortalamaları olan X_{i1} değerleri MINITAB'a girilerek ve Analysis of Means seçeneği kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir. $\alpha = 0.05$ seçilerek gerçekleştirilen analiz sonucunda yalın üretimin $n=22$ olan örnekleminin aritmetik ortalamasını ve X_{i1} değerlerinin ortalamaya göre durumunu gösteren grafik elde edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Yalın Üretime İlişkin Ortalama Grafiği

Şekil 1'de 22 adet soruya ilişkin ortalamaların grafiği verilmiştir. Bazı soruların ortalama değerleri eşit çıktığından grafiğe 15 adet ortalama yansımıştır. Örneğin, 13 ve 19 nolu soruların ortalama değerleri 3,33 çıkmıştır ve grafikte aynı noktada yer almaktadırlar. Şekil 1'de görüldüğü gibi $n=22$ olan örneğin aritmetik ortalaması 3,617'dir. Bu ortalamanın altında kalan sayılara ait değerlendirmeler yalın üretim anlayışının, testi cevaplayan mühendisler açısından zayıf yönlerini, üstündekiler ise yalın üretimin güçlü yönlerini göstermektedir. Ortalamanın altında kalan zayıf özelliklerin(soruların) numaraları sırasıyla 1, 2, 3, 4, 5, 10, 11, 13, 19, 20, 21'dir. Ortalamanın üstünde kalan güçlü özelliklerin numaraları ise sırasıyla 6, 7, 8, 9, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 22'dir.



Şekil 2. Ryan-Joiner Testine Göre Yalın Üretim Anlayışına İlişkin Soruların Ortalama Değerlerinin Normal Dağılıma Uygunluğunun Tespiti

Yalın üretim anlayışına ilişkin soruların ortalama değerlerinin Ryan-Joiner normallik testine göre RJ katsayı değeri 0.994 olarak tespit edilmiştir. Buna göre yalın üretime ilişkin ortalama değerler normal dağılmaktadır. Tespit edilen değerler normal dağıldığından, populasyon ortalaması bakımından genel kabul görmesi için $H_0: \mu = \mu_0$ hipotezi sınanmıştır. % 95 güven aralığı ve $H_0: \mu = 4$ hipotezi ile MINITAB'da One Sample T-test uygulanmıştır. MINITAB'dan alınan sonuç aşağıda verilmiştir:

One-Sample T: X1_i

Test of mu = 4 vs not = 4

| Variable | N | Mean | StDev | SE Mean | 95% CI | T | P |
|----------|----|---------|---------|---------|--------------------|-------|-------|
| X1i | 22 | 3,61682 | 0,29550 | 0,06300 | (3,48580; 3,74783) | -6,08 | 0,000 |

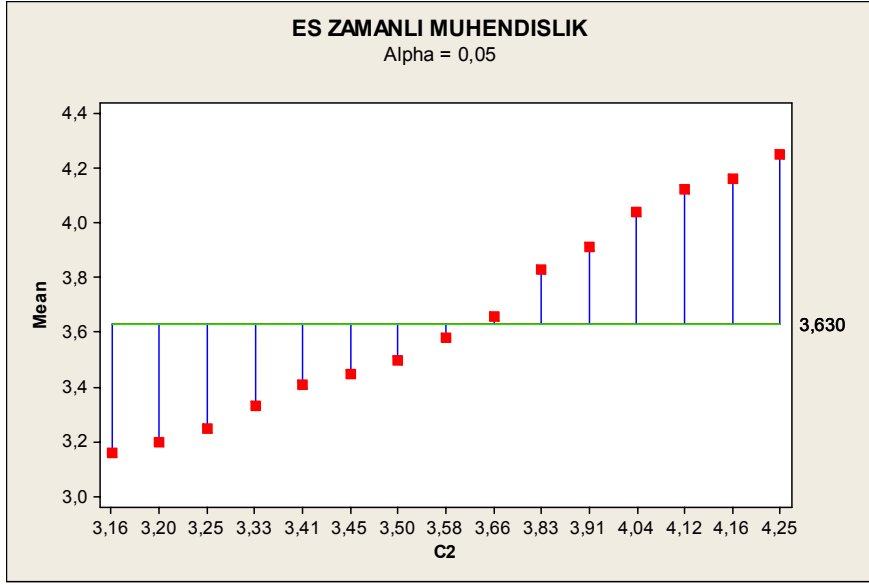
Yukarıdaki çıktıya göre, T test istatistiği değeri -6.08'dir. Kabul edilebilir $\alpha = 0.05$ 'dir ve α değeri P değerinden büyük olduğu için H_0 hipotezi reddedilmektedir. Popülasyonun ortalaması olan μ için %95 güvenirlilik aralığı (3.48580; 3.74783)'dir[23,24].

Anket değerlendirmesine göre yalın üretim örneğinin aritmetik ortalaması 3.617 olup iyi düzeyini temsil etmektedir. Şekil 1'de görüldüğü gibi X_{1i} değeri 4.16'yı gösteren 9 nolu teknik özellik olan ürün ve süreç kalitesindeki iyileştirmeler, yalın üretimin en güçlü yönünü göstermektedir. X_{1i} değeri 3.08'i gösteren 21 nolu teknik özellik olan talep değişimlerine karşılık verme, yalın üretimin en zayıf yönünü göstermektedir.

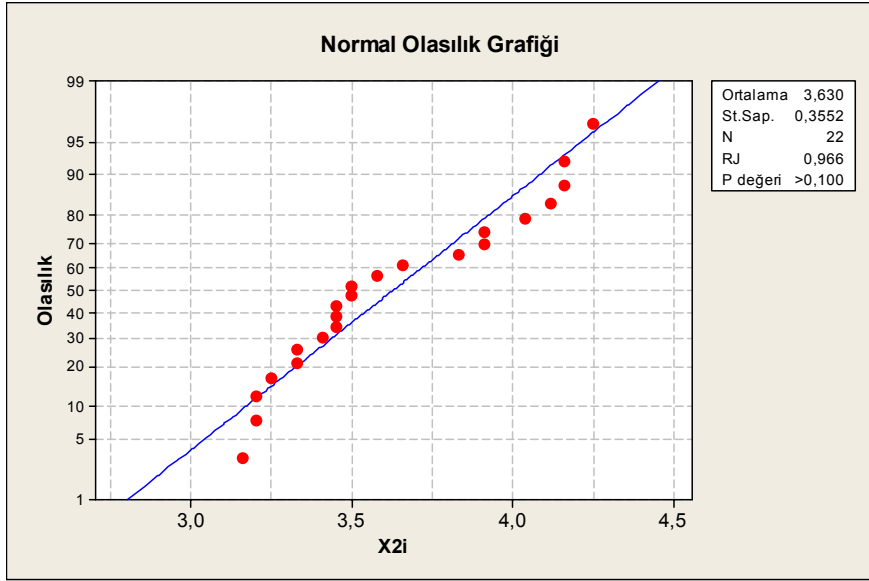
4.2.1.2. Eş Zamanlı Mühendislik Ortalamalarının Analizi

Eş zamanlı mühendislik anlayışının değerlendirilmesine ilişkin yapılan anket sonucunda elde edilen verilerin ortalamaları olan X_{2i} değerleri MINITAB'a girilerek ve Analysis of Means seçeneği kullanılarak ve $\alpha = 0.05$ seçilerek analiz gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda, eş

zamanlı mühendisliğin n=22 olan örnekleme sinin aritmetik ortalaması ve X_{2i} değerlerinin ortalamaya göre durumu Şekil 3'de görülmektedir.



Şekil 3. Eş Zamanlı Mühendisliğe İlişkin Ortalama Grafiği



Şekil 4. Ryan-Joiner Testine Göre Eş Zamanlı Mühendislik Anlayışına İlişkin Soruların Ortalama Değerlerinin Normal Dağılıma Uygunluğunun Tespiti

Şekil 3’de 22 adet soruya ilişkin ortalamaların grafiği verilmiştir. Bazı soruların ortalama değerleri eşit çıktığından grafiğe 15 adet ortalama yansımıştır. Örneğin, 2 ve 10 nolu soruların ortalama değerleri 3.50 çıkmıştır ve grafikte aynı noktada yer almaktadırlar. Şekil 3’de ki grafikte görüldüğü gibi $n=22$ olan örneğin aritmetik ortalaması 3.630’dur. Bu ortalamanın altında kalan sayılara ait teknik özellikler eş zamanlı mühendisliğin zayıf yönlerini, üstündekiler ise eş zamanlı mühendisliğin güçlü yönlerini göstermektedir. Ortalamanın altında kalan zayıf teknik özelliklerin numaraları sırasıyla 2, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 22’dir. Ortalamanın üstünde kalan güçlü teknik özelliklerin numaraları sırasıyla 1, 3, 4, 5, 11, 18, 19, 20, 21’dir.

Eş zamanlı mühendislik anlayışına ilişkin soruların ortalama değerlerinin Ryan-Joiner normallik testine göre RJ katsayı değeri 0.966 olarak tespit edilmiştir. Buna göre eş zamanlı mühendisliğe ilişkin ortalama değerler normal dağılmaktadır. Tespit edilen değerler normal dağıldığından, popülasyon ortalaması bakımından genel kabul görmesi için $H_0: \mu = \mu_0$ hipotezi sınanmıştır. % 95 güven aralığı ve $H_0: \mu = 4$ hipotezi ile MINITAB’da One Sample T-test uygulanmıştır. MINITAB’dan alınan sonuç aşağıda verilmiştir:

One-Sample T: X2_i

Test of $\mu = 4$ vs $\text{not} = 4$

| Variable | N | Mean | StDev | SE Mean | 95% CI | T | P |
|----------|----|---------|---------|---------|--------------------|-------|-------|
| X2i | 22 | 3,62955 | 0,35517 | 0,07572 | (3,47207; 3,78702) | -4,89 | 0,000 |

Yukarıdaki çıktıya göre, T test istatistiği değeri -4.89’dir. Kabul edilebilir $\alpha = 0,05$ ’dir ve α değeri P değerinden büyük olduğu için H_0 hipotezi reddedilmektedir. Popülasyonun ortalaması olan μ için % 95 güvenirlilik aralığı (3.47207; 3.78702)’dir [23,24].

Anket değerlendirmesine göre eş zamanlı mühendislik örneğinin aritmetik ortalaması 3.630 olup iyi düzeyini temsil etmektedir. Şekil 2’ de görüldüğü gibi X_{2i} değeri 4.25’i gösteren 3 nolu teknik özellik(soru) olan tasarlanan ürünün üretilebilirliği, eş zamanlı mühendisliğin en güçlü yönünü göstermektedir. X_{2i} değeri 3.16’yı gösteren 16 nolu teknik özellik olan üretimde sürekli gelişim faaliyetleri, eş zamanlı mühendisliğin en zayıf yönünü göstermektedir.

4.2.2. Ortalamalar Arasındaki Farkların Testi (Hipotez Testi)

Eş zamanlı mühendisliğin yalnız üretimle genel olarak kıyaslanmasında, belirtilen anlayışların mühendisler tarafından birbirlerine göre üstün olarak nitelendirilip nitelendirilmediğine karar verebilmek için tek taraflı hipotez testi uygulanmıştır. Eş zamanlı mühendisliğin yalnız üretimle kıyaslanmasında, aynı birimlerle yapılan farklı ölçümlerin ortalamalarının arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlılığı test edilmiştir. Anket, hem yalnız üretimin hem de eş zamanlı mühendisliğin teknik özelliklerini içerdiği için bağımlı örnekler var olduğundan, ortalamalar arasındaki farkların testi yöntemi uygulanmıştır.

Yapılan ankette herhangi bir ana kütle (N) bulunmamaktadır. $n=22$ ve de $n<30$ olması nedeniyle örnekler t dağılım özelliği göstermektedir. Hata payı $\alpha = 0.05$ seçilmiştir ve hipotez % 95 güvenle gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada sıfır hipotezi (H_0); yalnız üretimin, eş zamanlı mühendislik ile eşitliği (birbirine üstün olmamaları), karşıt hipotez (H_1) ise eş zamanlı mühendislik ve yalnız üretim anlayışlarının özelliklerinin birbirinden üstün olduğunu ifade etmektedir.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

$n < 30$ (t dağılımına uymaktadır.)

$\alpha = 0.05$ ’lik hata payı (% 95 güvenle hipotez gerçekleştirilir.)

SD (Serbestlik Derecesi) = $n - 1 = 22 - 1 = 21$

$t_{0,05;21} = 1.721$ (Değer t dağılımı tablosundan bulunur.)

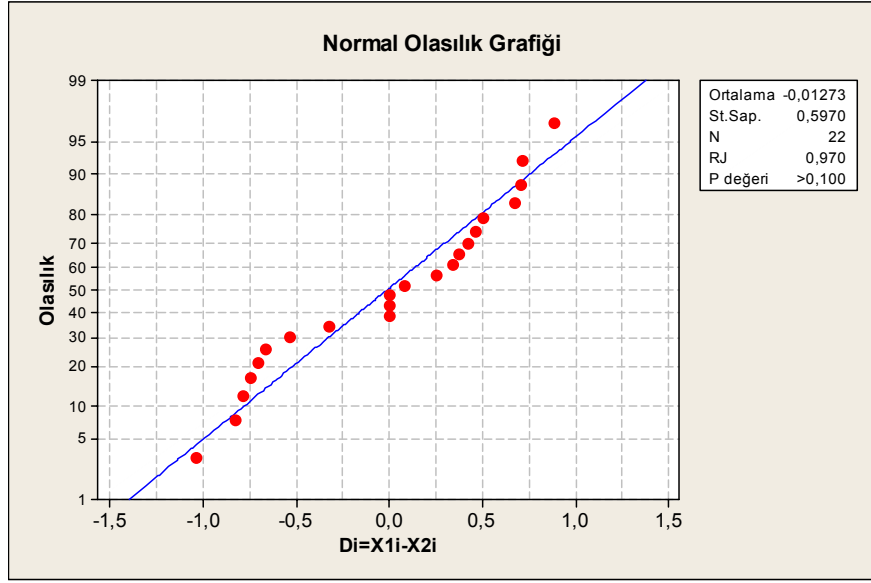
Statistical Analysis About Perception of Concurrent ...

Ankette yer alan soruların her iki yaklaşımdaki ortalama değerlerinin farkı Çizelge 3'te hesaplanmıştır. D_i ve D_i^2 değerlerinin hesaplanmasında X_{1i} ve X_{2i} değerleri kullanılmıştır.

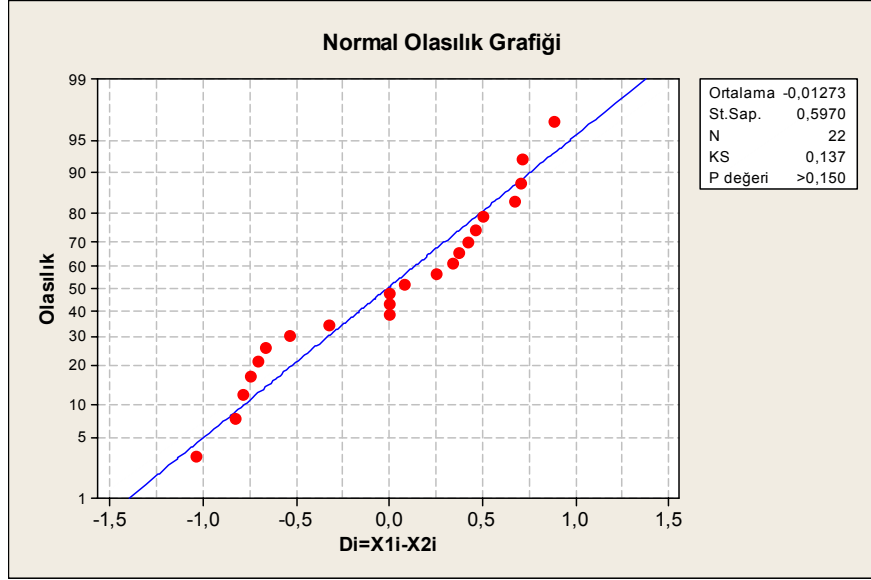
Çizelge 3. $\sum D_i$ ve $\sum D_i^2$ Değerleri

| Yalın Üretim X_{1i} | Eş Zamanlı Mühendislik X_{2i} | $D_i = X_{1i} - X_{2i}$ | D_i^2 |
|--------------------------|------------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 3,37 | 4,16 | -0,79 | 0,6241 |
| 3,50 | 3,50 | 0,00 | 0,0000 |
| 3,58 | 4,25 | -0,67 | 0,4489 |
| 3,12 | 4,16 | -1,04 | 1,0816 |
| 3,29 | 4,12 | -0,83 | 0,6889 |
| 3,75 | 3,33 | 0,42 | 0,1764 |
| 3,95 | 3,58 | 0,37 | 0,1369 |
| 3,87 | 3,41 | 0,46 | 0,2116 |
| 4,16 | 3,45 | 0,71 | 0,5041 |
| 3,58 | 3,50 | 0,08 | 0,0064 |
| 3,58 | 3,91 | -0,33 | 0,1089 |
| 3,95 | 3,25 | 0,70 | 0,4900 |
| 3,33 | 3,33 | 0,00 | 0,0000 |
| 3,70 | 3,45 | 0,25 | 0,0625 |
| 3,79 | 3,45 | 0,34 | 0,1156 |
| 4,04 | 3,16 | 0,88 | 0,7744 |
| 3,87 | 3,20 | 0,67 | 0,4489 |
| 3,66 | 3,66 | 0,00 | 0,0000 |
| 3,33 | 4,04 | -0,71 | 0,5041 |
| 3,37 | 3,91 | -0,54 | 0,2916 |
| 3,08 | 3,83 | -0,75 | 0,5625 |
| 3,70 | 3,20 | 0,50 | 0,2500 |
| | | $\sum D_i = - 0.28$ | $\sum D_i^2 = 7.4874$ |

Ortalama farklarının normal dağılıma uyup uymadığının kontrol edilmesi için, her bir soru için ortalamaların farklarının normal olasılık grafiği MINITAB'da Normality Test ile elde edilmiştir[13]. Şekil 5'teki Ryan-Joiner normallik testi elimizdeki verilerle, verilerin normal skorları arasındaki korelasyon sabitini RJ değeri olarak sunar. Buna göre bu değer 1'e yaklaştıkça elde edilen verilerimizin daha fazla normal olasılıkla dağılımının mümkün olduğu bilinmektedir. Ortalamaların farklarının RJ değeri 0.970'dir. Ryan-Joiner testine göre ortalamaların farkı normal dağılmaktadır. Şekil 6'daki bir diğer normallik testi olan Kolmogorov-Smirnov'a göre P değeri 0.15 olarak çıkmıştır. P değerinin $\alpha = 0.05$ 'den yeterince büyük olması ortalamaların Kolmogorov Smirnov testine göre de normal dağıldığını göstermektedir.



Şekil 5. Ryan-Joiner Testine Göre Normal Dağılıma Uygunluğun Tespiti



Şekil 6. Kolmogorov-Smirnov Testine Göre Normal Dağılıma Uygunluğun Tespiti

Z değerinin hesaplanması [24,25];

$$D_i = X_{1i} - X_{2i}, \quad SD = n-1$$

$$Z = \frac{\sum D_i}{\sqrt{\frac{n \cdot \sum D_i^2 - (\sum D_i)^2}{n-1}}} = \frac{-0,28}{\sqrt{\frac{22 \cdot (7.4874) - (-0.28)^2}{22-1}}}$$

Z = - 0.047 olarak bulunur.

5. SONUÇ

Elde edilen analiz sonuçlarına göre, $|Z| < |t|$ dağılımı, $\alpha = 0.05$, $SD = 21$, başka bir deyişle $|-0.047| < |1.721|$ olduğundan dolayı $H_0: \mu_1 = \mu_2$ hipotezi reddedilmemektedir. Bu sonuca göre eş zamanlı mühendislik anlayışının ya da yalın üretim anlayışının üstün olarak algılandığını söylemek doğru olmayacaktır. Ortalamaların farkı açısından yapılan hipotez testinde her iki yönetime ait sonuçlar birbirine karşı üstünlük sağlayamamıştır.

Ortaya çıkan sonuçlar incelendiğinde; eş zamanlı mühendisliğin zayıf olarak görülen 13 özelliğinden 8'inin yalın üretimin güçlü özellikleri olarak görüldüğü karşımıza çıkmaktadır. Yalın üretim için ortaya çıkan 11 adet zayıf özelliklikten 9'unun eş zamanlı mühendisliğin güçlü özellikleri olarak görüldüğü anlaşılmıştır. Bu nedenlerden dolayı, imalat sanayi açısından her iki yaklaşımın beraber uygulanmasıyla birbirlerinin eksiklerini kapatabilecekleri görüşünün kabul gördüğü anlaşılmaktadır. Her iki yönteminde farklı alanlarda üstünlükleri söz konusu olduğundan, bütünsel uygulamaların daha çok fayda sağlayacağı söylenebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Trygg, L., "Concurrent Engineering Practices in Selected Swedish Companies: A Movement or an Activity of the Few ?" , Journal of Product Innovation Management Volume 10, Issue 5, 403- 416, 1993.
- [2] Birgün, S., Gülen, K. G., Özkan, K., "A Case Study on Eliminating Waste from the Business Processes", Proceedings of the 15th Annual World Business Congress, International Management Development Association, Bosnia and Herzegovina, 41-46, 2006.
- [3] Ertay, T., Birgün Barla, S., Kulak, O., "The Studies for Lean Implementation in A Manufacturing Environment: A Case Study", Proceedings of the International Conf. on Industry, Engineering and Management Systems, 890–895, Florida, 2001.
- [4] Pillai, A.S., Joshi, A., and Rao, K.S., "Performance Measurement of R&D Projects in a Multi-Project, Concurrent Engineering Environment", International Journal of Project Management, Volume 20, Issue 2, 165-177, 2002.
- [5] Maylor, H., Gosling, R., "The Reality of Concurrent New Product Development", Integrated Manufacturing Systems, Volume 9, Issue 2, 69-76, 1998.
- [6] Oliver, N., Delbridge, R., Lowe, J., "Lean Production Practices: International Comparisons in the Auto Components Industry", British Journal of Management, Volume 7, Issue 1, 29-44, 1996.
- [7] ChunWu, Y., "Lean Manufacturing: A Perspective of Lean Suppliers", International Journal of Operations & Production Management, Volume 21, Issue 11, 1349-1376, 2003.
- [8] Yusuf, Y.Y, Adeleye, E.O., "A Comparative Study of Lean and Agile Manufacturing with a Related Survey of Current Practices in the UK", International Journal of Production Research, Volume 40, Issue 17, 4545-4562, 2002.
- [9] White, R.E., Pearson, J.N., Wilson, J.R., "JIT Manufacturing: A Survey of Implementations in Small and Large U.S. Manufacturers", Management Science, Volume 45, No 1, 1-15, 1999.

- [10] Duffy, V., Danek, A., Salvendy G., “A Predictive Model for the Successful Integration of Concurrent Engineering with People and Organizational Factors: Based on Data of 25 Companies”, International Journal of Human Factors in Manufacturing, Volume 5, Issue 4, 429-445, 1995.
- [11] Acar, N., Tam Zamanında Üretim, MPM Yayınları, Ankara, 1995.
- [12] Groover, M.P., Automation, Production Systems and Computer-Integrated Manufacturing, Second Edition, Prentice Hall, 2001.
- [13] Güner, E., Karaca M.E., “ Tam Zamanında Üretim Sisteminde Tedarikçi İlişkileri ve En İyi Parti Büyüklüğü Üzerine Bir Uygulama” Gazi Üni. Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt: 19, No:14, 443–454, 2004.
- [14] Womack, P. J., Yalın Düşünce, Sistem Yayıncılık, İstanbul, 1999.
- [15] Yayla, A.Y., Dizayn Kalitesinin Sağlanması Eş Zamanlı Mühendislik ve Kalite Fonksiyonu Açılımı Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 1999.
- [16] Cartin, T.J., Principles and Practices of TQM, Quality Press, Milwaukee, 1993.
- [17] Hartley, R.J., Concurrent Engineering: Shortening Lead Times, Raising Quality and Lowering Cost, Productivity Press, 1992.
- [18] Groover, M.P., Fundamentals of Modern Manufacturing, Materials, Process and Systems, Second Edition, Wiley Higher Education, 2002.
- [19] Özbaş, E., Eş Zamanlı Mühendislik Esasları ve Bazı Uygulama Yaklaşımları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 1999.
- [20] Ohno, T., Toyota Production System: Beyond Large Scale Production , Productivity Press, Cambridge, 1988.
- [21] Koufteros, X., Vonderembse, M., Doll, W., “Concurrent Engineering and its Consequences”, Journal of Operations Management, Vol.19, 97–115, 2001.
- [22] Shah, R., Ward, P.T., “Lean Manufacturing: Context, Practice Bundles and Performance” Journal of Operations Management, Vol.21, 129–149, 2003.
- [23] Montgomery, D.C., Design and Analysis of Experiments, Sixth Edition, Wiley Higher Education, 2004.
- [24] Wolpole, E.R., Myers, R.H., Myers, S., Ye, K., Probability & Statistics for Engineers & Scientists, Seventh Edition, Prentice Hall, 2002.
- [25] Turanlı, M., Giriş, Selahattin, G., Temel İstatistik, Der Yayınları, İstanbul, 2000.