

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ALTI SİGMA METODOLOJİSİNDE YAPISAL
EŞİTLİK MODELİNİN ARAÇ OLARAK
KULLANILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

End. Müh. Nilay KOYUNCU YEMENİCİ

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Semra BORAN

Şubat 2012

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ALTI SİGMA METODOLOJİSİNDE YAPISAL
EŞİTLİK MODELİNİN ARAÇ OLARAK
KULLANILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

End. Müh. Nilay KOYUNCU YEMENİCİ

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 14/02/2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.



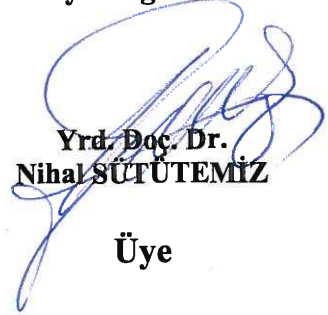
Yrd. Doç. Dr.
Semra BORAN

Jüri Başkanı



Prof. Dr.
Orhan TORKUL

Üye



Yrd. Doç. Dr.
Nihal SÜTÜTEMİZ

Üye

TEŞEKKÜR

Tezin hazırlık sürecinde desteğini esirgemeyen herkese çok teşekkür ederim. Kızım Cemre' ye henüz 1,5 yaşında olmasına karşın saatlerce bilgisayar başında çalışıp onunla oyun oynamamama ve bilgisayarımı onunla paylaşmamama anlayış gösterdiği için çok teşekkür ederim. Eşim Eczacı Cüneyt YEMENİCİ' ye özgüven ve motivasyon sağladığı için, özellikle hazırladığı sütlü kahveler için çok teşekkür ederim. Anneme ve kız kardeşime sonsuz teşekkür, yaptıkları her şey için. Babama ve sevgili halama bir şeyi başarmam için çok istememin yeterli olduğunu öğrettikleri için teşekkür ederim.

Teknorot' dan 1,5 yıl önce ayrılmama karşın, tezin hazırlanmasında desteğini esirgemeyen eski çalışma arkadaşlarıma çok teşekkür ederim, özellikle eski müdürüm Endüstri Yüksek Mühendisi Hakan EGE' ye, yoğun temposuna rağmen beni hiç kırmayan Metalürji Malzeme Yüksek Mühendisi Ercan EKİNCİ' ye, sevgili eşi Endüstri Mühendisi Fatma EKİNCİ' ye ve Makine Yüksek Mühendisi Erdem ÇAVUŞ' a anketlerin gerçekleştirilmesi için verdikleri büyük destek için çok teşekkür ederim. Yrd. Doç. Dr. Nurullah KURUTKAN' a (Düzce Üniversitesi) yol göstericim olduğu için çok teşekkür ederim. Çalışma arkadaşım Öğretim Görevlisi Okan BÜTÜNER' e (Düzce Üniversitesi) tezimi bitirmem için bana zaman sağladığı ve işlerin çoğunu yüklendiği için çok teşekkür ederim. Arkadaşım Bilgisayar Yüksek Mühendisi Elif ATASOY' a (SPSS) her zaman iyi bir sırdaş olmanın yanında, konu seçimimde ilham verdiği ve sağladığı kaynaklar için çok çok teşekkür ederim.

Son olarak tez danışmanım Yrd. Doç Dr. Semra BORAN' a tezimin her aşamasında verdiği destekten dolayı çok teşekkür ederim. Verdiği hayat dersi için ayrıca teşekkür ederim, bana insanların karşısındaki otoriteyle değil, iyilikle nasıl yönlendirip mahcup edebileceğini gösterdi.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xii
SUMMARY.....	xiii

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı ve Yöntemi.....	1
1.2. YEM' e Alternatif Çok Değişkenli Modeller.....	5
1.3. YEM Modelleri.....	8
1.4. YEM' in Tercih Edilme Nedenleri.....	10
1.5. Çalışmanın İçeriği.....	13

BÖLÜM 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Altı Sigma Metodolojisi.....	16
2.1.2. Altı sigma' nın yararları.....	19
2.1.2. Altı sigma' nın iyileştirme stratejisi.....	20
2.1.3. Altı sigma nerelerde uygulanabilir	21
2.1.4. Altı sigma'nın istatistiksel anlamı.....	22
2.1.5. Altı sigma projesinde temel roller.....	27
2.7. TÖAİK-Altı sigma iyileştirme modeli.....	28
2.1.7. Süreç yeterliliği.....	38
2.2. Yapısal Eşitlik Modellemesi.....	42
2.2.1. YEM Kullanım Alanları.....	46

2.2.2. YEM' in matematik gösterimi.....	48
2.2.3. YEM'de kullanılan veri.....	51
2.2.4. Model.....	52
2.2.5. Ölçme modelleri ve doğrulayıcı faktör analizi.....	55
2.2.6. Örtük değişkenlerle yol analizi.....	57
2.2.7. Gözlenen değişkenlerle yol analizi.....	58
2.2.8. YEM' in avantajları.....	58
2.2.9. YEM'in uygulama süreci.....	60
2.2.10. YEM kullanarak analiz gerçekleştiren bilgisayar programları...	67

BÖLÜM 3. UYGULAMA

3.1. Uygulama Bölümü Giriş.....	68
3.2. Problemin Tanımlanması.....	70
3.2.1. Projenin gerçekleştirildiği fabrikanın tanıtımı.....	74
3.2.2. Ürünün tanıtımı, rotil.....	75
3.2.3. İyileştirme kapsamındaki rotillerin tanımlanması.....	77
3.2.4. Rotil üretim süreci.....	77
3.3. Mevcut Durumun Ölçülmesi.....	79
3.3.1. Gecikme sürelerinin istatistiksel olarak incelenmesi.....	79
3.3.2. Mevcut süreç yeterliliği.....	82
3.3.3. Mevcut süreç sigma kalite seviyesi.....	84
3.4. Kök Neden Analizi.....	84
3.4.1. Rotil üretim süreç FMEA.....	84
3.4.2. Mevcut durumun neden-sonuç araçlarıyla incelenmesi.....	90
3.4.3. Elde edilen verilerin nominal grup tekniği ile değerlendirilmesi..	93
3.4.4. DFA Kullanılarak kök neden analizi.....	98
3.4.4.1. Korelasyon katsayısı analizleri	101
3.4.4.2. Modelin tanımlanması.....	103
3.4.4.3. Modelin analizi.....	110
3.4.4.4. Analiz sonuçları.....	110
3.4.4.5. Modelim modifikasyonu.....	114

3.4.4.6. Modelin alternative DFA modelleriyle kıyaslanması.....	123
3.4.5. Analiz fazı sonuç.....	131
BÖLÜM 4. SONUÇLAR.....	135
KAYNAKLAR.....	139
EKLER.....	144
ÖZGEÇMİŞ.....	198

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ANOVA	: (Analysis of Variances) Değişkenlik Analizi
ASL	: Alt Kontrol Limiti
B	: Beta
C.R.	: Critical Ratio
CTQ	: Kritik Kalite Değerleri
DFA	: Doğrulayıcı faktör analizi (CFA)
DPMO	: Milyon fırsatta hata sayısı
ERP	: (Enterprise Resource Planning) Kurumsal Kaynak Planlaması
FMEA	: (Failure Modes and Effects Analysis) Hata türleri ve etkileri analizi
GFI	: (Goodness of Fit) Uyum iyiliği indeksi
H_0	: Yokluk Hipotezi
KPIV	: Temel Süreç Girdi Değişkenleri
KPOV	: Temel süreç çıktı değişkenleri
LV's	: Latent Variables
ML	: (Maximum Likelihood) max. olabilirlik
MVs	: Measured Variables
TÖAİK (DMAIC)	: Tanımla - Ölç - Analiz Et - İyileştir - Kontrol Et
η	: Eta
p	: Olasılık tahmini
PDCA	: Plan-Do-Check-Act / Planla-Uygula-Kontrol Et-Yap
P_p	: Süreç genel yeterlilik indeksi
P_{pk}	: Genel süreç performans indeksi
RMR	: (Root Mean Square Residual) Hataların Ortalama Karekökü
RMSA	: (Root Mean Square Error Approximation) Yaklaşık

	Hataların Ortalama Kare Kökü
s	: Örneklem standart sapması
SEM	: Structural Equation Modeling
ÜSL	: Üst kontrol limiti
Λ_x	: Lambda x
Λ_y	: Lambda y
YEM	: Yapısal eşitlik modellemesi
Γ	: Gama
δ	: Delta
ε	: Epsilon
ζ	: Zeta
ξ	: Ksi
σ	: Süreç standart sapması
ϕ	: Phi
χ^2	: Ki kare
Ψ	: Psi
Θ_δ	: Theta delta
Θ_ε	: Theta epsilon
\bar{x}	: Örneklem ortalaması

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Sürecin girdileri ve çıktıları.....	23
Şekil 2.2.	Altı sigma süreç salınımı.....	25
Şekil 2.3.	Çeşitli PP değerlerinin gösterimi.....	41
Şekil 2.4.	YEM' in tarihsel gelişimi.....	44
Şekil 2.5.	İnternet kullanımı için yol analizi örneği.....	46
Şekil 2.6.	YEM sembolleri.....	53
Şekil 2.7.	Farklı DFA model örnekleri.....	56
Şekil 2.8.	İkinci düzey doğrulayıcı faktör analizi.....	56
Şekil 2.9.	Bir yapısal eşitlik modeli örneği.....	57
Şekil 2.10.	Gözlenen değişkenlerle yol analizi.....	58
Şekil 3.1.	Uygulama bölümü yol haritası.....	68
Şekil 3.2.	Süspansiyon sistemleri.....	75
Şekil 3.3.	Rotil.....	76
Şekil 3.4.	Rotil üretim süreci akış diyagramı.....	78
Şekil 3.5.	Aşık üretim süreci akış diyagramı.....	78
Şekil 3.6.	Gecikme süreleri frekans dağılımı.....	80
Şekil 3.7.	Olasılık nokta grafiği.....	81
Şekil 3.8.	Geciken siparişlerin olasılığı.....	82
Şekil 3.9.	Müşterilerin geneli için yeterlilik hesabı.....	83
Şekil 3.10.	Yeni üretim bandı kurulacak müşteri için yeterlilik hesabı.....	83
Şekil 3.11.	Problemin kök neden analiz adımları.....	88
Şekil 3.12.	Gecikme nedenleri.....	97
Şekil 3.13.	Anket verileri.....	99
Şekil 3.14.	Gözlenen değişkenlerin normallik testi.....	100
Şekil 3.15.	DFA ana yapı.....	104

Şekil 3.16. Test edilen model (İkinci Derece Faktör Analizi) - AMOS girdi yol diyagramı.....	109
Şekil 3.17. İkinci model (birinci modifikasyon sonrası) yol diyagramı.....	119
Şekil 3.18. İlişkisiz model.....	124
Şekil 3.19. Birincil seviye DFA modeli.....	126
Şekil 3.20. Modifikasyonlar sonrası birincil derece DFA.....	129
Şekil 3.21. Tek faktörlü model.....	130

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Altı Sigma çevrim tablosu.....	24
Tablo 2.2.	Süreç iyileştirmesi ve süreç tasarımı/yeniden tasarım "akışının" TÖAİK modelinde incelenmesi.....	29
Tablo 2.3.	TÖAİK adımları.....	30
Tablo 2.4.	Model uyum indeksleri.....	63
Tablo 3.1.	Mevcut durum betimleyici istatistiki veriler.....	72
Tablo 3.2.	Proje tanımlama belgesi.....	73
Tablo 3.3.	Risk öncelik sayısı yüksek olan nedenler.....	89
Tablo 3.4.	Kalite kontrol süreçlerinde tespit edilen hatalar.....	92
Tablo 3.5.	Gecikme nedenleri nominal grup tekniği sonuçları.....	94
Tablo 3.6.	Tahmin edilen dağılım parametreleri.....	100
Tablo 3.7.	Pearson korelasyon katsayısı > 0.6	101
Tablo 3.8.	Gözlemlenebilen değişkenler listesi.....	104
Tablo 3.9.	Betimsel istatistiki veriler.....	106
Tablo 3.10.	CMIN.....	112
Tablo 3.11.	RMSEA.....	112
Tablo 3.12.	Regresyon tahminleri.....	113
Tablo 3.13.	Birinci model kovaryans modifikasyon indeksleri.....	115
Tablo 3.14.	Birinci model regresyon modifikasyon indeksleri.....	116
Tablo 3.15.	Birinci test edilen modelde $MI > 10$ olan ilişkiler.....	118
Tablo 3.16.	İkinci model kovaryans modifikasyon indeksleri.....	120
Tablo 3.17.	İkinci model regresyon modifikasyon indeksleri.....	121
Tablo 3.18.	İkinci test edilen modelde $MI > 10$ olan ilişkiler.....	121
Tablo 3.19.	Test edilen modellerin uyum indeksleri karşılaştırılması.....	122
Tablo 3.20.	İlişkisiz model kovaryans MI değerleri ($MI > 10$).....	124
Tablo 3.21.	İlişkisiz model regresyon MI değerleri ($MI > 10$).....	125

Tablo 3.22.	Birincil seviye DFA modeli ilişki katsayıları.....	127
Tablo 3.23.	Birincil seviye DFA kovaryans ve regresyon modifikasyon değerleri (MI>10).....	128
Tablo 3.24.	Birincil seviye DFA MI>10 olan ilişkilerin hesaplanması.....	128
Tablo 3.25.	DFA analiz modellerinin karşılaştırılması.....	131
Tablo 3.26.	Modifiye edilmiş ikincil seviye DFA tahmin değerleri.....	132
Tablo 3.27.	Birincil seviye DFA örtük değişkenler arası kovaryanslar.....	133

ÖZET

Anahtar kelimeler: Altı Sigma, Yapısal Eşitlik Modellemesi (YEM), Gözlenemeyen Değişken (Örtük Değişken - Latent Variable), Kök Neden

Bu tez çalışmasında bir işletmedeki üretim sürecinin planlanan zamanda tamamlanamaması sorunu ele alınmıştır. Herhangi bir siparişin planlanan zamandan sonraki bir tarihte tamamlanması "gecikme" olarak tanımlanmıştır. Gecikme probleminin müşteri beklentilerini sağlayacak düzeye getirilmesi için çeşitli iyileştirmeler gerçekleştirilmelidir. İyileştirmenin etkinliği ve sürekliliği için problemin temel nedeni belirlenmeden iyileştirme adımına geçilmemelidir. Bu nedenle bu tez çalışmasında, problemin tanımlanması, mevcut durumun ortaya konmasında klasik Altı Sigma araçları kullanılmıştır.

Problem nedenleri hem gözlemlenen hem de gözlemlenemeyen değişkenlerden kaynaklanabilmektedir. Gözlenebilen değişkenler etkileri direkt olarak ölçülebilen değişkenlerdir. Gözlenemeyen (örtük-gizil) (Latent Variable) değişkenlerin; yani etkisi bir veya birden çok gözlenebilen değişken ile dolaylı olarak ölçülen değişkenlerdir.

Literatürde gözlenemeyen (örtük-gizil) değişkenlerin, etkilerinin belirlenmesinde sıklıkla kullanılan bir yöntem tespit edilmiştir "Yapısal Eşitlik Modellemesi" (YEM) (SEM-Structural Equations Modeling).

Altı Sigma metodolojisindeki klasik araçlar kullanılarak gecikmeye neden olan potansiyel kök nedenler ortaya konduğunda, bu nedenlerin gözlenemeyen (örtük-gizil) değişkenler altında toplandığı ve bu değişkenlerin de gecikmenin kök nedenleri olarak ortaya çıktığı görülmektedir. Yapılan sınırlı literatür araştırması sonucu YEM sosyal bilimlerde etkin olarak kullanılmasına karşın, mühendislik iyileştirme projelerinde ve kök neden analizlerinde kullanımına rastlanmamıştır. Bu nedenle çalışma bu konuda ilk olma özelliğine sahip olduğu söylenebilir.

Bu çalışmada test edilecek modelin ortaya konması için neden-sonuç araçları ve FMEA kullanılmıştır. Ortaya konan modelin (değişkenler arası ilişkilerin) doğrulanmasında; potansiyel kök nedenlerin gerçekten etkili olup olmadığının belirlenmesinde, en etkili (kök) nedenin tespitinde ve nedenler arası korelasyonların (ilişkilerin) ortaya konmasında bir YEM analizi olan Doğrulayıcı Faktör Analizi (DFA) (CFA-Confirmatory Factor Analysis) kullanılmıştır. Neden-sonuç analizleri ile ortaya çıkan ilişki modelinin DFA ile test edilmesi, iyileştirmelerin gerçekleştirilmesi gereken temel alanları tespit etmeyi sağlamanın yanında, nedenler arası ilişkileri de ortaya koyduğu için daha sağlam bir iyileşme alt yapısı sağlamaktadır.

USING STRUCTURAL EQUATIONS MODELING AS A TOOL IN SIX SIGMA METHODOLOGY

SUMMARY

Key Words: Six Sigma, Structural Equations Modeling (SEM), Unobserved Variables (Latent Variable), Root Cause, Confirmatory Factor Analysis (CFA), Cause and Effect Tools

The problem of not completing the production in planned time has taken account in this study. The completion of production after the planned due date is pointed out as "delay". Various improvements should be performed to decrease delay to customer expected value. For effectiveness and long lasting of improvements, actions should not be planned before the root cause is clearly defined. In this study classic six sigma tools are used to define the problem and measure the current process.

Problem causes can be observed or unobserved variables. Observed variables are that the effects of are directly measured. Unobserved (latent) variables are that can be measured indirectly by one or more observed variables.

A method is most commonly used in literature to determine the effects of and relations among unobserved (latent) variables, Structural Equations Modeling (SEM).

When potential root causes determined by using classic cause and effect tools of six sigma methodology, it is realized that these causes are latent variables that are categorized under some root causes which are also latent variables. As a result of literature search, it is observed that SEM is a common used tool for social sciences, but the usage of SEM in engineering improvement projects and root cause analysis could not be detected. This study is the first in usage of SEM at improvement project root cause analysis.

In this study cause and effect tools and FMEA are used to predict the model (determining the potential root causes and potential relations among them). Confirmatory Factor Analysis (CFA), which a kind of SEM analysis, is used to prove that the correlations of predicted model conforms with data. To test the relationship model, which is formed based on cause and effect tools and FMEA results, by CFA provides determining the base improvement areas and relations among causes.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı ve Yöntemi

İşletmeler var olduğu sürece, iyileştirme projelerinin gerçekleşmek zorunda olduğu kaçınılmaz bir gerçektir. Değişen ve gelişen pazar koşulları ve global rekabet bu durumu zorunlu kılmaktadır. İyileştirmeler bir problemin etkisini azaltmak veya tamamen ortadan kaldırmak için gerçekleştirilirler. Problem; bireyin istenilen bir hedefe ulaşmak için topladığı mevcut güçlerin karşısına çıkan engellerdir, amaçları zedeleyen, bozan, istenilen şartlarda ürün/hizmet sunumunu engelleyen, ürün/hizmetin birbiriyle uyumlu olmasını önleyen olaylara denir. Problemler, gerçek durumun koşulları istenen durumun koşullarından farklı olduğunda ortaya çıkar. İyileştirmelerin gerçekleştirilebilmesi için; öncelikle problem iyi tanımlanmalı, mevcut durum ortaya konmalı, problemin kök nedenleri tespit edilmeli ve bu nedenleri ortadan kaldıracak adımlar uygulanmalıdır. Tüm bu adımların uygun araçlarla gerçekleştirilmesi için iyi bir yol haritasına ihtiyaç duyulur. Altı Sigma Metodolojisi iyileştirme projeleri için sağlam temellere dayanan bir yol haritası sunmaktadır.

Kısaca Altı Sigma Metodolojisi değişkenler kontrol edilebildiği takdirde tüm süreçte sıfır hataya ulaşılacağı varsayımına dayanan, tüketici memnuniyetinin artırılması, hataların azaltılması, çıktıların iyileştirilmesi, iş verimliliğinin yükseltilmesi hedefleri olan, yönetsel ve kültürel bir değişim programı; süreç değişkenlerine odaklı, süreç performansı hakkında bilgi sağlayan ve istatistiksel hesaplamalara dayanan bir kalite yönetim aracıdır. Altı Sigma metodolojisinde değişkenliklerin yanlışların temel kaynağı olduğu kabul edilir. Temel gösterge süreç sigma düzeyidir. Altı Sigma metodolojisinde süreç performansı, süreç sigma düzeylerinden belirlenen kalitesizlik maliyetlerine göre değerlendirilir ve iyileştirmede bu kalitesizlik maliyetlerinin

azaltılması hedeflenir. İstatistiksel olarak Altı Sigma; sürecin kalite ölçütlerinin birinin ortalaması ile en yakın spesifikasyon limiti arasındaki farkın, en az süreç standart sapmasının 6 katı kadar olması anlamına gelir. Altı Sigma'nın istatistiksel hedefleri, süreci hedefe oturtmak ve değişkenliği azaltmaktır. Altı Sigmada TÖAİK (Tanımlama-Ölçme-Analiz-İyileştirme-Kontrol) (DMAIC / Define-Measure-Analyze-Improve-Control) prosedürü, kalite ve süreç iyileştirmesinde kullanılmaktadır (Montgomery, 2005).

İyileştirme metodolojilerinde - ki bu tezde Altı Sigma Metodolojisi benimsenmiştir - kullanılan kök neden analizi yöntemleri incelendiğinde, kök nedenlerin sayısal olarak etkilerini ortaya koyan araçların, gözlemlenebilen (ölçülebilen) değişkenlerde (observed variables) kullanılabilen araçlar olduğu tespit edilmiştir (yol analizi, basit doğrusal regresyon, çoklu doğrusal regresyon). Gözlemlenebilen (ölçülebilen) değişkenlere örnek verilecek olursa; problem bir ürünün CNC tezgahta işlenirken çapının spesifikasyon limitleri içerisinde olmaması olarak tanımlansın, bu duruma etki edebilecek potansiyel nedenler makine ayarları, malzeme sertliği, malzeme kimyasal bileşeni, işleme süresi olarak tanımlanırsa; her bir değişkenin etkisinin sayısal olarak ölçülebildiği (gözlemlenebildiği) görülmektedir.

Araştırmacılar çoğu zaman doğrudan gözlemlenemeyen yapılarla ilgilenirler ve gözlemlenemeyen ancak asıl olarak araştırılan bu yapılara örtük (gizil) değişken (latent variable) adı verilir (Meydan, 2011). Örtük değişkenler, testler, anketler aracılığıyla ölçtüğümüz değişkenlerden çıkarsanan, dolaylı olarak ölçtüğümüz değişkenlerdir. Örneğin; zeka, tüketici güveni, yetişkinlerin fiziksel sağlık durumu gibi. Gözlemlenen değişkenler örtük değişkenleri çıkarsamak için kullandığımız değişkenlerdir. Örn; çocuk zekasını çıkarsamada kullanılan, WISC-R indeksi, Amerikan şirketlerinin ekonomisini çıkarsamada kullanılan Dow-Jones indeksi, bir kimsenin sağlıklı olup olmadığını çıkarsamada kullanılan kan basıncı ölçümü gibi (Schumacker, 2004). Örtük değişkenlere birçok bilimden örnek verilebilir; psikolojide motivasyon, sosyolojideki güçsüzlük, eğitim bilimlerindeki sözlü ifade yeteneği, ekonomideki kapitalizm, sosyal sınıf ya da örgütsel davranıştaki izlenim yönetimi davranışı, örgütsel vatandaşlık davranışı (Meydan, 2011).

Örtük değişkenler doğrudan gözlemlenemediğinden, doğrudan da ölçülemez. Bu nedenle araştırmacının incelemek istediği örtük (gizil) değişkeni temsil ettiğini düşündüğü ölçülebilir eylemleri kavramlaştırması ve tanımlaması gerekir. Dolayısıyla tüm örtük değişkenler bir ya da daha fazla gözlemlenen değişkene bağlıdır. O halde örtük değişkeni ölçülebilir kılan şey, onu tanımlayan ölçülebilir değişken ya da değişkenlerdir (Meydan, 2011).

Geniş ölçekli üretim süreçlerinde kimyasal, yiyecek, demir-çelik, otomotiv vs. , çok sayıda kontrol edilebilir değişken (Controlled Variables - CVs) ve manipüle edilen değişken (Manipulated Variables - MVs) vardır. Verinin çok değişkenli özelliği nedeniyle, değişkenler yüksek oranda ilişki içindedir. Örtük değişken metodları (Latent Variable Methods - LVMs) gürültü değişkenleri ve korele değişkenleri açık bir set haline getirirler. Son yıllarda yapılan bir çok çalışma örtük değişkenlerin nasıl başarılı kullanılabileceğini açıklamıştır. Çok değişkenli uyum metodları, süreçteki anormalliklerin ve hataların tespiti, kontrol partisi süreçleri (control batch processes), süreç kontrolün kalite değişkenlerinin hat üzerinde ölçülmeden gerçekleştirilmesi, birden fazla değişkeni aynı anda ölçebilen soft-sensor' lerin oluşturulması, veriye dayalı kalite iyileştirmenin gerçekleştirilmesi (DDQI - data-driven quality improvement), veri setindeki eksik verileri açıklama, endüstriyel üretim süreç kontrollerinde sistemin durumunu gözleme örtük değişkenlerin üretimdeki kullanım alanlarına örnek olarak gösterilebilir (Lauri, 2010).

Problem tanımlama üzerine yapılan akademik çalışmaların daha çok gözlemlenebilir değişkenler üzerine gerçekleştirildiği görülmektedir. Oysa birçok iyileştirme alanı gözlemlenemeyen (örtük-gizil) değişkenlerle tanımlanmaktadır. Örtük değişkenlerde; problemin ve potansiyel kök nedenlerin tanımlanmasında neden-sonuç araçları kullanılmasına karşın; bu araçlarla potansiyel kök nedenlerin etkileri subjektif olarak belirlenmekte ve sayısal etkiler ortaya konamamaktadır.

Problemin analizinde kullanılan neden-sonuç yaklaşımlı teknikler ve araçlar; Akış Diyagramı, Sebep-Sonuç (Balık Kılıcı) Diyagramı, Pareto Analizi, Ağaç Diyagramı, İlgi/Yakınlık Diyagramı, Kuvvet/Güç Alanı Analizi, FMEA, Kontrol Tablosu, Kontrol Kartı, Beyin Fırtınası, Altı Şapkalı Düşünme Tekniği, Kuvvet/Güç

Alanı Analizi, Odak Grupları, Mülakat, Anket, İlişki Diyagramı, Etkinlik Analizi, Nominal Grup Tekniği, Çoklu Oylama Tekniği, Benchmarking (Hedef Saptama) olarak sıralanabilir.

Literatürde gözlemlenemeyen (örtük-gizil) değişkenlerin, etkilerinin belirlenmesinde sıklıkla kullanılan bir yöntem tespit edilmiştir "Yapısal Eşitlik Modellemesi" (YEM) (SEM-Structural Equations Modeling). Kısaca YEM; az sayıda gözlemlenen değişkene dayanarak, gözlemlenemeyen değişkenler arasındaki linear ilişkileri tanımlamak, tahmin etmek ve değerlendirmek için kullanılan bir tekniktir. YEM bağımlı (Endogenous) ve bağımsız (Exogeneous) olabilen; gözlemlenen değişkenleri (Observed/Measured Variables) ve gözlenemeyen değişkenleri (Latent Variables) içerir (Shah, 2006).

YEM örtük değişkenler arasında nedensel bir ilişki olduğunu farz eder. Her bir örtük değişken gözlemlenen değişkenler setinin doğrusal bir fonksiyonudur. Doğrusal regresyonların parametreleri kovaryans analizleri ile tahmin edilir. Araştırmacı tarafından tanımlanan modelin verideki varyans / kovaryans ile uyumlu olup olmadığını belirlemek için uyum iyiliği (Goodness of Fit) testleri kullanılır. Eğer modelin tahminleri test ile onaylanırsa, örtük değişkenler arasındaki ilişkinin mantıklı olduğu farz edilebilir. (Xin, 2011)

YEM kavramı, iki önemli özelliğe dikkat çekmektedir; çalışan süreç bir seri yapısal eşitlik (örneğin regresyon eşitlikleri) içermektedir ve oluşturulan bu yapısal eşitlikler hipotezlerin daha kolay anlaşılabilmesi için görsel olarak çizimle gösterilebilmektedir. Bu iki temel özelliği gösteren bir YEM' in analizi, oluşturulan modelin görünen ve/veya görünmeyen tüm değişkenlerin birlikte test edilmesi ile elde edilen sonucun, elde edilen verilerle ne derece uyumlu olduğunun ortaya konulmasıdır. Modelin test edilmesiyle elde edilen uyum indeksleri model ile veri arasında uyum olduğunu gösteriyorsa, yapısal olarak oluşturulan hipotezler kabul edilmekte; uyum indeksleri böyle bir uyumun var olmadığını ortaya koyuyorsa hipotezler reddedilmektedir (Meydan, 2011).

YEM deneysel yaklaşımlarla kolayca araştırılamayan temel problemlerin etkin biçimde incelenmesinde araştırmacılara olanak sağlar. Rastgele ve rastgele olmayan ölçüm hatalarını açıklama, tam-bilgi kestirimlerinin kullanımı yoluyla ilişkili bağımlı değişkenler ile modelleri kolayca birleştirme ve oldukça karmaşık modelleri karşılaştırabilme yeteneğine sahiptir. İstatistiksel yöntemlerin çoğunda analizler bireysel gözlemler üzerinden geręekleřtirilmekte ve buna ilişkin modeller kurulmaktadır. Örneğin çoklu regresyon veya ANOVA (Varyans Analizi) gibi yöntemlerde regresyon katsayıları veya hata varyansı kestirimleri her bir gözlemin, gözlemlenen ve kestirilen değerleri arasındaki farkın kareler toplamını en küçüklemek yoluyla hesaplanır. Ancak yol analizinde ve Doğrulayıcı Faktör analizinde gözlemlerden ziyade kovaryanslar dikkate alınır. Gözlemlenen ve beklenen bireysel değerlerin en küçüklenmiş fonksiyonu yerine örneklem kovaryans matrisi ve model tarafından kestirilen kovaryans matrisi arasındaki fark en küçüklenir (Meydan, 2011).

Bu çalışmada problemin kök nedenini belirlemede ve nedenler arasındaki ilişkileri ortaya koymada YEM' den yararlanılmaktadır. Yapısal Eşitlik Modellemesi literatürde bir çok alanda etkin olarak kullanılmaktadır; ancak problem kök neden analizlerinde kullanımı ile ilgili çalışmaya sınırlı literatür taramasında rastlanmamıştır. Bir iyileştirme projesi analiz fazında gözlemlenen potansiyel kök nedenlerin etkilerini belirlemede Regresyon Analizleri kullanılabilirse, gözlemlenemeyen kök nedenlerin etkileri de Yapısal Eşitlik Modellemesi ile ortaya konabilir.

1.2. YEM' e Alternatif Çok Değişkenli Modeller

Regresyon çözümlemesinin genel tanımı: bağımlı değişken ile bağımsız değişken(ler) arasındaki ilişkiyi matematiksel modellerle açıklayarak bağıntı(lar) bulmak şeklinde özetlenebilir. Bulunan bağıntı (regresyon denklemi) değişik amaçlarla kullanılabilir. Bu amaçlar çerçevesinde en önemlisi kestirim yapmaktır. Diğer amaçlar; bağımlı değişken ile bağımsız değişken(ler) arasındaki ilişkiyi matematiksel modellerle açıklayarak bağıntı(lar) bulmak, değişkenler arasındaki karmaşık yapıyı tanımlamak ve veriyi özetlemek, bağımlı değişkeni etkilediği

belirlenen bağımsız değişken(ler) yardımıyla bağımlı değişken değerini kestirmek, bağımlı değişkeni etkilediği düşünülen bağımsız değişkenlerden hangisi ya da hangilerinin bağımlı değişkeni daha çok etkilediğini bulmak, diğer değişkenlerin varlığında katsayı kestiriminde bulunmaktır. Doğrusal regresyon çözümlemesi genel olarak iki ana başlıkta incelenir, bu çerçevede bir bağımlı - bir bağımsız değişkenin olduğu doğrusal regresyon çözümlemesine "Basit Doğrusal Regresyon Çözümlemesi", bir bağımlı-birden çok bağımsız değişkenin olduğu doğrusal regresyon çözümlemesine " Çoklu Doğrusal Regresyon Çözümlemesi" denir. (Alpar 2011) Pearson Çoklu Regresyon analizi 100 yıldır kullanılan bir metod; genellikle birden fazla değişken arasındaki etkileşimi test etmede kullanılır. Model hatası bilinen belli bir dağılıma sahiptir. Modelin tahmin kesinliği genelde ADRS (R^2) ile ölçülür. R^2 değerinin 1'e yakın olması model tahmininin iyi olması anlamına gelir. Çoklu Regresyon Analizlerinde, üç aşamalı bir prosedür uygulanır. Birinci aşama, teorik regresyon modelinin formülünün kurulması için ilgili teoriyi bularak ve ön araştırmayı gerçekleştirerek model tanımlama; ikinci aşama, modelin saptanması, özgün parametreler modelle tahmin edilip edilemeyeceğine karar verilmesi; üçüncü aşama, modelin tahmini (modeldeki parametrelerin tahmini), bağımsız değişkenlerin regresyon katsayılarının hesaplanması (Nusair, 2010).

Çoklu Doğrusal Regresyon, farklı formlardaki etkileşimli hatalara yaklaşımda ve model testinde güçlüdür; fakat ölçüm hatasında ve modelin tanımında güçlü değildir. Tahmin değişkenlerinin gözlem güçlerinin eksik olması durumunda, değişkenler arası ilişkilerin ortaya konmasında veya modelin ölçüm güvenilirliğinde zayıf olabilir. Çoklu regresyon analizlerinde, bağımlı değişkenleri açıklayan bağımsız değişkenlerin seçimi oldukça kritiktir. Etkili teorik gerekçe olmadığında zordur. Çoklu regresyon genelde değişkenlerin mükemmel ölçüldüğünü farz eder. Mükemmel ölçüm genelde çok nadir elde edilebilir. Bu nedenle, tahmin değişkenlerinin gözlem gücü eksikse, ölçümün güvenilirliği zayıftır (Nusair, 2010). Bazı çalışmalarda bağımlı-bağımsız değişken ayırımı yoktur, örneğin faktör analizinde değişkenlerin tümü bağımsız değişken olarak düşünülür diğer bir deyişle, değişkenler arasında bağımlı-bağımsız değişken ayırımı yapılmaz (Alpar, 2011).

Faktör analizleri; ilgi alanındaki gözlemlenemeyen az sayıda örtük kurama, bu kuramlar genel faktör olarak da bilinir, gözlemlenen değişkenlerin potansiyel etkilerini tahmin eder (Nusair, 2010). Faktör analizi sıklıkla çok sayıda değişkenin aslında birkaç temel değişkenle ifade edilip edilemeyeceğinin merak edildiği durumlarda kullanılan bir yöntemler bütünüdür. Faktör analizi birbiriyle ilişkili (bağımlı), yorumlanması zor ve oldukça fazla değişkenler bütününden bu yapıyı temsil eden, birbirinden tamamen ya da göreceli olarak bağımsız az ve kavramsal olarak anlamlı faktörlerin türetilmesini amaçlayan yöntemler bütünüdür. Faktör analizi, birbirleriyle ilişkili veri yapılarını birbirinden bağımsız daha az sayıda yeni veri yapılarına dönüştürmek, bir diğer deyişle bir oluşumun nedeninin açıkladıkları varsayılan değişkenleri (faktörleri / boyutları / bileşenleri) ortaya çıkarmak ve gerektiğinde adlandırmak amacıyla başvurulan bir yöntemler bütünüdür. Bu çerçevede, faktör analizi bir çok değişkenin birkaç başlık altında toplanıp toplanmadığı hakkında bilgi veren bir yöntemler bütünü olarak da tanımlanabilir. Özet olarak faktör analizinin temel iki amacı boyut indirgemek (ya da değişken sayısını azaltmak) ve değişkenler arasındaki ilişkilerdeki yapıyı araştırmak, diğer bir deyişle değişkenleri sınıflamaktır. Faktör analizinde ele alınan değişkenler arasında, bağımlı ve bağımsız değişkenler olarak adlandırılacak bir yapı yoktur. Tüm değişkenler, eşanlı olarak bir yapıyı oluşturan birbiriyle ilişkili değişkenlerdir. Faktör analizi bu yönüyle; çok değişkenli varyans analizi, çoklu regresyon yöntemleri, ayırma analizi, kanonik korelasyon gibi bir ya da birden çok bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki bağımlılık yapısını inceleyen yöntemlerden ayrılır. Faktör analizinde ilk aşama; verinin faktörlenebilir bir yapıda olup olmadığının ve gerekli varsayımların ve kısıtlayıcıların sağlanıp sağlanmadığının incelenmesidir. İkinci aşama; faktörleşmeyi gösterecek olan faktör yükleri matrisinin faktör çıkarma (türetme) yöntemlerinden biriyle elde edilmesi aşamasıdır. Üçüncü aşama; öz değerlerin incelenmesi, yamaç grafiğinin çizimi ve benzeri yaklaşımlarla kaç faktörün dikkate alınacağına karar vermeye çalışılan aşamadır. Dördüncü aşama; faktörleri daha kolay yorumlayabilecek bir yapıya getirme amacını güden faktör döndürme (factor rotation) aşamasıdır. Son aşama; elde edilen bulguların yorumlanması aşamasıdır. Faktör analizi ya da bir anlamda temel bileşenler analizi tüm getirdiklerinin yanında bazı sorunlar da içermektedir. Faktör çıkarımı (factor extraction) için geliştirilmiş farklı yöntemler ve faktör çıkarımı sonrasında

faktörleşmeyi netleştirmek ya da faktörleri daha kolay yorumlayabilecek bir yapıya getirmek amacıyla oldukça fazla faktör döndürme (factor rotation) yöntemi vardır. Birçok seçenek arasından uygun olanı seçmek ya da uygun olanına karar vermek araştırmacının deneyimine, bilimsel becerisine vb. bağlıdır. Regresyon analizinde elde edilen sonuçların testine yönelik olarak; bağımlı değişken değerleri ile kestirilen bağımsız değişken değerleri arasındaki korelasyon katsayısının elde edilmesinin yanı sıra diğer birçok test yaklaşımı vardır. Diğer yöntemler gerek modellerin yeterliğine gerek grup üyeliklerinin kestirimine ilişkin bir çok test süreci içermektedir. Faktör analizi bu tür süreçleri çok az içeren bir yöntemdir (Alpar, 2011).

1.3. YEM Modelleri

YEM modelleri neden-sonuç ilişkisinin incelenmek istediği tüm alanlarda kullanılabilir bir yöntemler bütünüdür. Yol analizi (Path analysis) ise YEM modellerinde değişkenler arasındaki istatistiksel ilişkileri "başlangıç düzeyinde" ayırtmada kullanılan bir yaklaşımdır (Alpar, 2011). Yol analizi modelleri sadece gözlemlenen değişkenler kullanılarak tasarlanan yöntemlerdir (Meydan, 2011). Nedensel ilişkilerin incelenmesinde korelasyon ve regresyon çözümlerlerinden sıklıkla yararlanılmış ve halen de yoğun bir şekilde yararlanılmaktadır. Buna karşın, iki değişken arasındaki doğrudan ilişkiyi ortaya koyan basit korelasyon katsayısı ve bir ve birden çok bağımsız değişkenli regresyon çözümleri bazı durumlarda değişkenler arası ilişkileri belirlemek ve yorumlamak konusunda yeterince yardımcı olamamaktadır. Yol analizi değişkenler arasındaki ilişkileri belirlemek açısından konuya daha farklı bir boyut kazandırmaktadır. Yol analizi, nicelik (sayısal) değişkenler arasındaki yapısal ilişkiyi kestirmek ve bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenler üzerindeki toplam etkilerinin ne kadarının doğrudan ne kadarının da dolaylı olarak ortaya çıktığını belirlemede kullanılan bir yöntemdir. İstatistikte değişkenler arasındaki ilişkinin miktarı (derecesi) ve yönü korelasyon katsayıları ile belirlenirken, ilişkinin matematiksel yapısı regresyon analizi ile belirlenir, bu yaklaşımlar değişkenler arası ilişkinin tam olarak ortaya konması için çoğu zaman yeterli olamamaktadır; çünkü iki değişken arasındaki ilişki bir üçüncü değişkene bağlı olarak da ortaya çıkabilmektedir. Ayrıca, incelenen çok değişkenli veri yapısında herhangi bir değişken bazı değişkenler açısından bağımlı, bazı değişkenler

açısında da bağımsız değişken durumunda olabilmektedir. Bu durumda korelasyon ve regresyon analizi neden-sonuç ilişkilerini ortaya koymakta yetersiz kalır. Bu nedenle değişkenler arası ilişkileri daha doğru belirleyebilmek için yol analizinden yararlanılır (Alpar, 2011).

YEM faktör analizleri ve yol analizlerini birleştiren hibrid bir metoddur (Nusair, 2010). YEM' in günümüzde sıklıkla kullanılmasının belki de en önemli nedeni gözlemlenebilen ve gözlemlenemeyen değişkenler arasındaki doğrudan ve dolaylı etkilerin tek bir model içerisinde test edilebilmesidir. Bu haliyle YEM, aynı anda yapılan birden fazla regresyon analizi olarak da değerlendirilebilir. Bu nedenle; YEM, nedensel modelleme, nedensel analiz, eş zamanlı yapısal modelleme, kovaryans yapı analizi, yol analizi ya da doğrulayıcı faktör analizi gibi kavramlarla da isimlendirildikleri görülmektedir. Bugün uygulanan şekline bakıldığında, yol analizi ve doğrulayıcı faktör analizi aslında, YEM' in özel uygulama tipleri olarak karşımıza çıkmaktadır (Meydan, 2011).

Doğrulayıcı faktör analizi (DFA) (Confirmatory Factor Analysis - CFA) modelleri gözlemlenen bazı değişkenlerin bir örtük değişkeni oluşturup oluşturmadığının ya da birçok örtük değişken arasında tanımlanan ilişkilerin var olup olmadığının testi için kullanılır (Meydan, 2011). DFA' nın amacı, örneklenen verinin yeniden üretilebilmesi için, hipotez testi yapılan faktör modelin yeterliliğini istatistiksel olarak test etmektir. DFA' da araştırmacı belli sayıda faktör tanımlar, bu faktörler birbirleriyle etkileşimli ve gözlemlenen değişkenlerdir ve gözlemlenemeyen faktörleri ölçerler. DFA' da birimci adım modelin tanımlanmasıdır. Tanımlamada, araştırmacının sınımayı arzuladığı ilişkiler seti açıklanır ve bu değişkenlerin modelde nasıl tanımlanacağı belirlenir. Burada, akılda tutulması gereken şey, bir ilişkiyi tanımlamanın teorik ve deneysel destek gerektirdiğidir. Parametreler sabit veya serbest olarak tanımlanabilirler. Sabit parametreler veriden tahmin edilemezler ve "0" 'a eşitlenirler. Serbest parametreler ise gözlemlenen veriden tahmin edilirler ve "0"dan farklı olmaları beklenir. DFA' da model bir kez tanımlandıktan sonra; bir sonraki adım modelin modifikasyonudur. Bu adımda eğer; varyans-kovaryans matrisi tahmin edilirse, model ıslah edilir (düzeltir) ve tekrar test edilir. Modelin modifikasyonunu takiben bir sonraki adım, parametrelerin tahmin edilmesidir.

Modelin genel uygunluğu, teorik modelin veriyle desteklenmediği sınanarak değerlendirilir. Modelin güvenilirliği ve geçerliliği çeşitli uyum istatistikleri ile test edilir (Nusair, 2010).

1.4. YEM' in Tercih Edilme Nedenleri

YEM bir çalışmada çoklu örtük yapılarla ilgilenildiğinde uygundur. Yapısal modeller test edildikten ve sonuçlandıktan sonra, bir sonraki adım yol analizlerini kullanarak örtük değişkenler arasındaki ilişkiyi bulmaktır. Teoriye göre; YEM örtük değişkenlerin direk veya indirek olarak modeldeki belli diğer değişkenleri etkilediklerini gösterir, tahmin sonuçları bu örtük değişkenlerin nasıl ilişkili olduklarını belirtir (Nusair, 2010).

YEM araştırmacının, her biri birkaç gözlemlenen değişkenle belirtilen birden fazla kuramı olduğunda ve bu kuramlar dışsal ve içsel olarak ayrıldığında uygundur. YEM' in en temel farkı, bir ilişkide bağımsız değişken olarak hareket eden bir değişkenin, bir başka ilişkide bağımlı değişken olabilmesidir. YEM çoklu regresyona göre "en iyi uyum sağlayan" modeli kurmada çok daha etkilidir (Nusair, 2010).

YEM ve Çoklu regresyon analizi aynı matematiksel temele dayanır. Uygulamaları birbirine çok bağlıdır; bu nedenle iki arasındaki seçim araştırma konusuna ve eldeki veriye bağlıdır. Bir çalışmada araştırma konusu (sorusu) örtük değişkenler arasındaki ilişkiye dayalıysa, YEM iyi seçimdir. Fakat sansürlü, kesik, zaman-serili veri gerektiriyorsa veya araştırma konuları olasılığa bağlıysa, çoklu regresyon tercih edilir (Nusair, 2010).

Ölçüm hatasını modelleme ve tahmini eğimi ve çarpıklığı elimine etme kabiliyeti nedeniyle, YEM nedensel ilişkileri test etmede diğer istatistiksel yöntemlerden çok daha başarılıdır. Yokluk hipotezi $H_0 : \Sigma = \Sigma(\Theta)$ ile ifade edilir. Burada Σ gözlemlenen değişkenlerin örneklem kovaryans matrisini, $\Sigma(\Theta)$ test edilen modelin kovaryans matrisini ifade eder. YEM gözlemlenen kovaryans ile model tarafından tahmin edilen kovaryans arasındaki farkı ML (Maximun Likelihood) (En Çok

Benzerlik) gibi yöntemlerle minimize eder. Modelin genel uygunluğu için Ki-kare testi kullanılır (Chen, 2010).

YEM modeldeki tüm gözlemlenebilen değişkenlerin (bağımlı veya bağımsız) hatasını hesaba katar. Geleneksel regresyon analizleri bağımsız (dışsal) değişkenlerdeki gözlem hatalarını yok sayarlar. Sonuç olarak regresyon tahminleri yanıltıcı olabilirler ve yanlış dayanaklı sonuçlara varmamıza neden olurlar. Ölçüm hatasını ele almasının yanı sıra, YEM araştırmacıya modeldeki çeşitli değişkenlerin direkt ve dolaylı etkilerini inceleme şansı verir. Burada direkt etkiyle kastedilen bir değişkenin direkt olarak diğer değişkeni etkilemesidir. Dolaylı etkiyle kastedilen ise, iki değişken arasındaki etkinin bir veya daha fazla aracı değişkenle aktarılmasıdır. Direkt ve dolaylı etkilerin kombinasyonu, dışsal değişkenin bağımlı değişkene etkisini oluşturur. İki değişken arasındaki dolaylı etkiler göz önünde bulundurulmaz ise; değişkenler arasındaki ilişki tam olarak değerlendirilemez. Regresyon analizleri dolaylı etkileri tahmin edebilmelerine karşın (aracı değişkenin dışsal değişkene, etki değişkeninin aracı değişkenine regresyonları alınır ve toplanır), yaklaşım tahmin değişkenlerinde sıfır ölçüm hatası olduğunda uygundur. Böyle bir varsayım gerçekçi değildir. Buna ek olarak tahminlerin standart hatalarını regresyonun sıralı uygulamasında hesaplamak zordur; fakat YEM' de direkt elde edilir (Raykov, 2000).

YEM' in araştırmacılar tarafından tercih edilmesinin dört nedeni vardır. Birinci nedeni; araştırmacıların sorgularını daha net anlamaları için birden fazla gözlemlenen değişkene ihtiyaçları vardır. Temel istatistiksel metodlar, sofistike teorileri açıklamada yetersiz kalan sınırlı sayıda değişken kullanırlar. İkinci nedeni; analizler sırasında hesaplamaya gözlemlenen değişkenler ve gözlemlenmeyen değişkenlerin yanında, ölçüm hatalarının da katılmasıdır. Üçüncü nedeni; çoklu seviyelerin testine olanak sağlamasıdır. Dördüncü nedeni ise; kullanıcıya kolaylık sağlayan yazılım programlarının oldukça gelişmiş olmasıdır (Schumacker, 2004).

Sonuç olarak; YEM sahip olduğu bazı özellikler bakımından klasik çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden farklılaşmaktadır. İlk olarak YEM, diğer istatistiksel yöntemlerden farklı olarak, keşfedici bir yaklaşım yerine doğrulayıcı bir yaklaşımı benimsemektedir. Dolayısıyla YEM' in dışındaki birçok istatistiksel yöntem veri seti

üzerindeki ilişkileri keşfetmeye çalışırken; YEM, kuramsal olarak varlığı kurulmuş olan ilişkilerin veri ile uyumunu doğrulamaktadır. Bu haliyle YEM' in hipotez testleri için diğer yöntemlerden daha başarılı olduğu söylenebilir. İkinci olarak geleneksel çok değişkenli yöntemler ölçüm hatasının hesaplanması ya da düzeltilmesi için herhangi bir yeteneğe sahip değilken; YEM, hata hesaplamalarında oldukça net sonuçlar ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, geleneksel yöntemler ölçüm hatalarını ayrı ayrı ele alırken, YEM tüm çözümlenemelerde ölçüm hatalarını açıkça hesaba katmaktadır. Üçüncü olarak, geleneksel yöntemler analizlerde sadece gözlemlenebilen değişkenler üzerinden işlem yapabilirken; YEM, aynı model içerisinde hem gözlemlenebilen, hem de gözlemlenemeyen değişkenler üzerinden test yapabilmektedir. Son olarak günümüzde hem gözlemlenen hem gözlemlenemeyen değişkenlerin aynı anda test edilebildiği, doğrudan ve dolaylı çoklu ilişkilerin ya da ardışık dolaylı ilişkilerin ölçülebildiği YEM' den daha iyi veya daha çok kabul gören bir metot bulunmamaktadır (Meydan, 2011).

Tüm artılar göz önünde bulundurulduğunda bir YEM analizi olan, DFA' nın problemin kök nedeninin belirlenmesinde etkin bir analiz aracı olarak kullanılacağı söylenebilir. DFA örtük değişkenleri oluşturan yapıyı ortaya koymaktadır.

Sınırlı sayıda literatür araştırmasında DFA' yı oluşturan yapıyı ortaya koyan farklı alanlarda çalışmalar olduğu tespit edilmiştir; Satış ekibi uyum yapısı: Doğrulayıcı faktör analizi (Zhaoyang,2009), Yapılandırıcı öğrenme skalasının Türkçe adaptasyon çalışması sonuçları: Doğrulayıcı faktör analizi sonuçları (Anagün, 2010), Bilgi yoğun teşebbüslerde sosyal sorumluluk üzerine doğrulayıcı faktör analizi (Maoli, 2009), İş değer yapısının faktöriyel doğrulanması: İkinci derece doğrulayıcı faktör analizi ve etkileri (Hei, 2008), Zeka (Castejon, 2010), Organizasyonel yenilikçilik yapısının doğrulayıcı faktör analizi kullanılarak geliştirilmesi ve doğrulanması (Wang, 2004).

DFA bir yapıyı ortaya koymada ve yapıyı ortaya koyan faktörler arasındaki ilişkileri açıklamada kullanılabilir; kök nedeni oluşturan yapı ortaya konarak, kök nedeni oluşturan nedenler arasındaki ilişkileri tanımlamada ve faktör yükü en yüksek olan alt nedenleri belirlemede de kullanılabilir.

1.5. Çalışmanın İçeriği

Bu tez çalışmasında; iyileştirme faaliyetleri öncesinde uygulanması gereken; problemin tanımlanması, mevcut durumun ortaya konması ve kök neden analizi faaliyetlerinin Altı Sigma Metodolojisi ve bir Yapısal Eşitlik Modellemesi olan Doğrulayıcı Faktör Analizi ile gerçekleştirilebileceği ortaya konmaktadır.

Problem işletmede müşteri memnuniyetini en olumsuz etkileyen faktör olan "gecikme" dir. Üretim sürecinin planlanan süre içerisinde tamamlanamaması "gecikme" olarak tanımlanmıştır. Problemin tanımlanması, mevcut durumun belirlenmesi (ölçülmesi) ve potansiyel kök nedenlerin ortaya konmasında klasik Altı Sigma adımları uygulanmıştır.

Problemin kök nedenlerinin ortaya konmasında analiz yöntemi YEM olarak belirlenmiştir. Yukarıdaki bölümlerde de belirtildiği gibi, neden-sonuç araçları problemin potansiyel kök nedenlerini belirlemede etkin birer araç olmasına karşın, nedenlerin etkileşimlerini ve etkilerini ortaya koymakta oldukça zayıftır. Uygulama bölümünde neden-sonuç araçları potansiyel kök nedenlerin ortaya konulması için kullanılmış, ve mevcut yapıyı etkin olarak açıklayamadığı tespit edilmiştir. Altı Sigma adımları içerisinde kullanılan YEM dışındaki çok değişkenli istatistiksel yöntemler (örn; çoklu doğrusal regresyon), modelin bir bütün olarak test edilmesinde ve örtük değişkenlerin etkilerinin ölçülmesinde başarısız olmaktadır. YEM sağladığı avantajlar ve son yıllarda geliştirilen yazılımlarla uygulama kolaylığı nedeniyle, altı sigma iyileştirme araçları içinde yer alabilecektir.

Altı Sigma iyileştirme çalışmalarında kök neden analizinde potansiyel kök nedenler neden-sonuç araçlarıyla ortaya konmakta ve klasik Altı Sigma araçlarıyla (ANOVA, Regresyon, Faktör analizi vs.) test edilmektedir. Tüm bu adımlar değişkenler gözlemlenebilir olduğunda oldukça etkilidir; fakat gözlemlenemeyen değişkenleri ve gözlemlenemeyen değişkenler arasındaki ilişkileri açıklamada yetersiz kalmaktadırlar. YEM' de teori ile elde edilen model veriler ile test edilmektedir. YEM için gerekli model, Altı Sigma' nın kök neden analizinden önce kullandığı

neden-sonuç araçları ile ortaya konabilir ve YEM kök neden analiz yöntemi olarak kullanılabilir.

Literatür çalışması bölümünde Altı Sigma' ve YEM detaylı olarak açıklamaktadır.

Uygulama bölümünde, problemin tanımlanması için geçmiş veriler düzenlenmiş ve betimleyici istatistik kullanılarak değerlendirilmiştir. Gecikmelerin müşteri beklentisinin çok üstünde olduğu tespit edilmiştir. Betimleyici istatistiki veriler (örn. ortalama gecikme) mevcut durumu detaylı olarak özetlememektedir; iyileştirme adımları belirlenmeden önce mevcut sürecin yeterliliğinin tespit edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle mevcut durumun yeterliliği ve gecikme olasılıkları hesaplanmıştır.

Uygulama bölümünde, problemin kök nedeninin tespiti için kullanılan analizler detaylı olarak anlatılmıştır. Problemin kök nedeni ortaya konmadan önce potansiyel kök nedenlerin belirlenmesi gerekmektedir. Gecikmeye neden olabilecek potansiyel nedenlerin tespit edilmesi için birden fazla kaynak kullanılmıştır. Süreç FMEA' sı (Failure Modes and Effects Analysis - Hata Türleri ve Etkileri Analizi) oluşturularak sürecin aksamasına neden olabilecek potansiyel etkiler uzmanların görüşüyle tespit edilmiştir. Kalite kontrol elemanlarınca tespit edilen uygunsuzluklar göz önünde bulundurularak, gecikmeye neden olan kalitesizlik etkileri beyin fırtınası yöntemiyle belirlenmiştir. Son olarak süreçteki uygulayıcılar; operatörler, mühendisler, ofis personeli ve yöneticilerden yine beyin fırtınası yöntemiyle potansiyel nedenlerin ortaya konması talep edilmiştir. Potansiyel kök nedenler ortaya konduğunda, bu nedenlerin gözlemlenemeyen değişkenler olduğu ortaya çıkmıştır. Potansiyel kök nedenler özetlenerek bir tablo haline getirilmiş ve nominal grup tekniğiyle değerlendirilmiştir. Sonuçta nedenler bir önem sırasına göre dizilerek ilk önce hangisinin iyileştirilmesi gerektiği sonucuna varılabilir; fakat asıl kök nedeninin tespiti ve gecikmeye etkisinin belirlenmesinde nominal grup tekniği yetersiz kalmaktadır. Potansiyel kök nedenler detaylı incelendiğinde belli başlıklar altında toplandığı tespit edilmiştir. Bu durumu daha da karmaşıklaştırmıştır; çünkü gecikmenin nedenleri ve bunların da alt nedenleri mevcuttur; ve tüm bu nedenler gözlemlenemeyen değişkenlerdir. Kök nedeninin istatistiksel olarak tespit edilebilmesi için Yapısal

Eşitlik Modellemesi uygun bir araç olarak görülmüştür. Yapısal Eşitlik Modellemesinin uygulanabilmesi için; gözlemlenemeyen değişkenlerin, sayısal değerlendirmeye tabi tutulması gerekmektedir. Potansiyel kök nedenlerden bir anket oluşturulmuş ve firma genelinde 125 kişi tarafından her bir kök neden 5' li Likert ölçeği ile (tamamen katılıyorum, kısmen katılıyorum, ne katılıyorum ne katılmıyorum, kısmen katılmıyorum, tamamen katılmıyorum) değerlendirilmiş. YEM modeli oluşturularak, AMOS (Analysis of Moment Structures) programında anket sonuçlarına göre istatistiksel analizi gerçekleştirilmiş ve her bir gecikme nedeni bir faktör olarak ele alınarak kök nedeni oluşturmadaki etkisi değerlendirilmiştir.

BÖLÜM 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Altı Sigma Metodolojisi

Altı Sigma metodolojisi değişkenler kontrol edilebildiği takdirde tüm süreçte sıfır hataya ulaşılabileceği varsayımına dayanan, tüketici memnuniyetinin artırılması, hataların azaltılması, çıktıların iyileştirilmesi, iş verimliliğinin yükseltilmesi hedefleri olan, yönetsel ve kültürel bir değişim programı; süreç değişkenlerine odaklı, süreç performansı hakkında bilgi sağlayan ve istatistiksel hesaplamalara dayanan bir kalite yönetim aracıdır. Altı Sigma metodolojisinde değişkenliklerin yanlışların temel kaynağı olduğu kabul edilir. Temel gösterge süreç sigma düzeyidir. Altı Sigma metodolojisinde süreç performansı, süreç sigma düzeylerinden belirlenen kalitesizlik maliyetlerine göre değerlendirilir ve iyileştirmede bu kalitesizlik maliyetlerinin azaltılması hedeflenir.

Verimlilik, ülkelerin ekonomik kalkınmayı sürdürebilmeleri açısından büyük önem taşımaktadır. Daha çok çıktıyı daha az girdi kullanarak, hatasız olarak bir seferde üretmek şirketler için daha fazla kazanç, gelecek nesiller için de kullanabilecekleri daha fazla kaynak anlamına gelir. Gittikçe artan rekabet ortamında, verimliliği artırmayı temel hedeflerden biri olarak seçmeyen şirketlerin uzun vadede ayakta kalabilmeleri ve rekabet etmeleri oldukça zorlaşacaktır. Verimliliğin düşmesi, firmanın Pazar payının satışlarının ve karlılığının azalması sonuçlarını doğuracaktır. Son 10 yıldır dünyadaki birçok kuruluşun uygulamakta olduğu Altı Sigma Yönetim Sistemi, üretimden personel yönetimine, finanstan pazarlamaya, şirketlerin her türlü sürecini daha verimli hale getirerek karlılıklarını arttırmalarına ve büyümelerine yardımcı olmuştur (Pande, 2003).

Günümüzde pazar şartları hızlıca değişmektedir. Sanayi şirketleri açısından bakıldığında müşteri beklentileri artmakta, aynı zamanda içerik ve şekil

değiştirmektedir. Her geçen gün yeni bir şirketin kurulması pazarı küçültmekte ve rekabeti arttırmaktadır. İletişimin ve ulaşımın kolaylaşması küresel oyuncuları bölgesel pazarlara taşımaktadır. Pazarda artık “yüksek rekabet”ten çok “yüksek risk” kavramları telaffuz edilmektedir. Bu yüksek rekabet ve risk ortamında şirket yöneticilerinin aradığı çözüm “şirketi neyin başarılı edeceği” değil, “şirketi neyin başarılı tutacağıdır”. Yani aranan anlık rekabet gücü değil, şirketin pazarda kalmasını ve sürdürülebilir olmasını sağlayacak çözümlerdir (Genç, 2009).

Kurumsal ve özellikle finansal başarı sağlamak için şirketler geçmişte olduğu gibi günümüzde de “Toplam Kalite Yönetimi” gibi değişik tekniklerden ve yöntemlerden istifade ediyor olabilir. Bu yöntemleri uygulayarak hedeflerine ulaşmış şirketler olabileceği gibi, metotlardan istediği faydayı elde edememiş şirketlerde olabilir. Sonuç olarak, Altı Sigma metodu da kulağa diğer bahsedilen metotlardan sadece birisi gibi gelebilir (Genç, 2009).

Altı Sigma direkt kazandırma odaklıdır; tüm iş ve süreçlerini şirketin karlılığına odaklar. Günceldir; en son geliştirilmiş etkin ve verimli yaklaşımları kullanır. Kullanımı kolaydır; büyük küçük tüm sektörlerdeki şirketler hâlihazırda metottan istifade etmektedir. Esnektir; değişik kültür ve değerlere sahip çalışanları ortak misyon, vizyon ve hedefler altında toplayabilir. Sürekli iyileşme sağlar; rakamlara endekslenmiş sistematiği ile kurumsal değişimi cesaretlendirir, gelişmeye ve iyileşmeye fırsat sağlar (Genç, 2009).

Altı Sigma “süreçleri ve ürünleri daha düzgün hale getirmek için mühendis ve istatistikçilerin kullandığı ileri derece teknik bir yöntem” olarak tanımlanabilir. Bu tanım kısmen doğrudur. Ölçümler ve istatistikler Altı Sigma iyileşmesinin kilit unsurlarıdır; ancak işin hepsi bu ikisiyle bitmemektedir. Altı Sigma işte başarıyı yakalamak, sürdürmek ve en üst düzeye ulaşmak için kapsamlı ve esnek bir sistem olarak kabul edilir. Altı Sigma’ yı işleten benzersiz mekanizma, müşteri ihtiyaçlarını derinlemesine anlama; gerçekleri, verileri ve istatistiksel analizleri bir disiplin çerçevesinde kullanma; iş süreçlerini yönetme, iyileştirme ve yeniden keşfetmekten ibarettir (Pande, 2003).

Altı Sigma bir slogan veya klişe değildir. Altı Sigma neredeyse mükemmel ürün ve servisler geliştirmek ve ortaya koymak için yardımcı olan iyi disipline edilmiş bir servistir. Sigma kelimesi sürecin mükemmellikten ne kadar uzak olduğunu ifade eden bir istatistik terimidir. Altı Sigma' nın arkasındaki ana fikir şudur ki; eğer süreçte ne kadar hata olduğunu ölçebilirsen, bunları nasıl ortadan kaldıracığını ortaya koyabilirsin ve sıfır hataya mümkün olduğu kadar çok yaklaşırsın. Altı Sigma kalitesine ulaşmak için, bir sürecin 3,4 milyonda 1 hatadan fazla hata üretmemesi gerekir.

Altı Sigma Sürekli İyileşme, Süreç Tasarım/ Yeniden Tasarım, Değişikliğin Analizi, Dengelenmiş Test Sistemi, Müşterinin Sesi, Yaratıcı Düşünme, Deney Tasarımı, Süreç Yönetimi, İstatistiki Süreç Kontrolü temel metot ve araçlar üzerine kurulu bir yönetim sistemidir (Pande, 2003).

Altı Sigma bir ölçümdür; süreç varyasyonunu ölçer. Altı Sigma bir metodolojidir; TÖAİK (Tanımla - Ölç - Analiz Et - İyileştir - Kontrol Et) adımlarını izler, takım çalışmasına dayalı problem çözme yöntemidir, ölçüme dayalı süreç analizi-iyileştirmesi ve kontroldür. Altı Sigma bir yönetim sistemidir; şirketleri strateji geliştirmeye zorlar, liderlik-sponsorluk ve gözden geçirmeyi gerekli kılar, ölçülere dayalı süreç yönetimidir, organizasyonel yükümlülüğü-bütünlüğü sağlar (McCarty, 2004).

Altı Sigma her büyüklükteki firma için pazar payının artırılmasında, maliyetlerin azaltılmasında, ve karlılığın iyileştirilmesinde gelecek vaat eder. Fortune 500 şirketleri tarafından tüm dünyada kullanılan bir araç haline gelmiştir; çünkü etkililiği tüm dünyaca teyit edilmiştir (Harry, 2000).

Altı Sigma bir şirket sürecidir, firmaların karlılıklarını dramatik bir şekilde arttırmalarını sağlar. Bunu sağlamak için operasyonları daha etkin ve verimli hale getirir (akış çizgisi haline getirir), kaliteyi iyileştirir ve firmanın tüm faaliyetlerinde (satın alma siparişlerinin doldurulmasından, üretime kadar her adımda) israfı ve hatayı elimine eder (Harry, 2000).

Klasik kalite araçları hatanın tespiti ve düzeltilmesi üzerine yoğunlaşırken, Altı Sigma olaya daha geniş çapta yaklaşır. Sürecin yeniden oluşturulması için özel metodlar sağlar, böylece hatalar ilk ortaya çıktıkları noktada asla tekrarlanmazlar (Harry, 2000).

Firmaların çoğu 3-4 sigma düzeylerinde faaliyet gösterirler. Altı sigma 3.4 milyonda 1 den az hata anlamına gelir. Kalite maliyeti satışların % 1' inin altına düşer. Yüksek kalite sonucunda düşük maliyet ortaya çıkar. Altı Sigma karlılığı arttırmayla ilgilenir. Kalitenin ve etkinliğin iyileştirilmesi Altı Sigma' nın ürünlerinden sadece ikisidir (Harry, 2000).

2.1.1. Altı Sigma' nın yararları

- Kalıcı başarıya götürür: Büyüme hızını sürdürmenin ve değişen pazarlardaki payı korumanın tek yolu, sürekli olarak yenilikler getirmek ve yeniden yapılanmaktır (Pande, 2003).
- Herkes için bir performans hedefi belirler: Bir şirkette herkesin aynı doğrultuda çalışmasını ve ortak bir hedefe yönelmesini sağlamak oldukça güçtür. Her bir departman, çalışma birimi ve bireyin farklı beklenti ve hedefleri vardır. Ama herkes için ortak olan şey, ürünlerin, hizmetlerin müşteriye sunulmasıdır (Pande, 2003).
- Müşteriye sunulan değeri artırır: Her sanayi kolunda giderek güçleşen rekabet koşulları yüzünden, yalnızca “iyi” ya da “hatasız” ürün ya da hizmet sunmak başarı için yeterli olmayacaktır. Altı Sigma' nın özünde müşteriye odaklanmanın anlamı, değerın müşteriler için ne anlama geldiğini öğrenmek ve bu değerın onlara karlı biçimde nasıl sunulacağını planlamak demektir (Pande, 2003).
- İyileştirme oranını artırır: En hızlı iyileştirmeyi gerçekleştiren taraf, muhtemelen rakipleri arasında bu yarışta kazanan taraf olacaktır. Altı Sigma, pek çok disiplinden bünyesine kattığı araç ve düşünceler sayesinde, bir

şirketin yalnızca performansını iyileştirmesini değil, aynı zamanda iyileştirmeyi de iyileştirmesini sağlar (Pande, 2003).

- Öğrenmeyi ve bilginin yayılımını destekler: Altı Sigma gelişmeyi ve yeni düşüncelerin bütün kuruluş tarafından paylaşılmasını arttırabilen ve hızlandırabilen bir yaklaşımdır (Pande, 2003).
- Stratejik değişimi gerçekleştirir: Şirketinizin süreçlerini ve prosedürlerini daha iyi anlamanız, 21. yy' ın iş dünyasında sizi başarıya götürecek gerek ufak tefek düzenlemeleri, gerek büyük değişiklikleri gerçekleştirirken büyük bir kolaylık sağlayacaktır (Pande, 2003).

2.1.2. Altı Sigma' nın iyileştirme stratejisi

- Süreç İyileştirmesi: "Sürekli İyileşme", "Adım adım iyileşme", "Kaizen" süreç iyileşme çabaları bir sorunu, çalışma sürecinin temel yapısına el sürmeden çözmeyi hedefler. Altı Sigma terimleriyle ifade edecek olursak burada, sorun ya da sıkıntıya (Y) yol açan "birkaç kilit" etkeni (X' ler) ortadan kaldırmak için çözüm bulmak ve bunlara odaklanmak önemlidir. Altı Sigma projelerinin büyük bölümü Süreç İyileştirme girişimleridir (Pande, 2003).
- Süreç Tasarımı/Yeniden Tasarım: İş dünyasının pek çok liderinin, 1980' lerdeki "kalite" girişimlerine karşı sabrının tükenmesinin bir nedeni, ortaya çıkardıkları iyileşme hızının yavaşlığı idi. Bu hoşnutsuzluk yeni bir modanın doğmasına neden oldu: 1990'ların başlarından ortalarına kadar görülen re-engineering "yeniden tasarlama" patlaması. Re-engineering sonuçta kendi hayal kırıklıklarını doğurmakla birlikte, daha yüksek bir çalışma performansına ulaştıracak önemli bir perspektif sundu: Adım adım iyileşme, teknoloji, müşteri talepleri ve rekabet alanlarında yüksek değişim hızını koruyabilmeniz için tek başına yeterli değildir. Altı Sigma' nın, kalıcı başarısının kaçınılmaz ve tamamlayıcı stratejileri olan Süreç İyileştirmesi ile Tasarım/Yeniden Tasarımı bir araya getirmesinin temel nedeni budur.

Tasarım/Yeniden tasarım modundaki hedef, süreci onarmak değil onu (ya da bir bölümünü) başka bir süreçle değiştirmektir. Bu da bizi sık sık "Altı Sigma Tasarımı" olarak anılan, müşteri taleplerine sıkı sıkıya bağlı, veri ve testlerle kontrol edilen yeni ürünler ve hizmetler üretmek için Altı Sigma ilkelerinin kullanıldığı ürün/hizmet tasarımına götürür (Pande, 2003).

- Süreç Yönetimi: Bakışlarımızı, departmanların gözlenmesi ve yönetilmesinden uzaklaştırıp, müşteriler ve hissedarlar için değer üreten iş akışının, yani süreçlerin anlaşılmasına ve yönetilmesine çevirmemiz gerekir (Pande, 2003).

2.1.3. Altı Sigma nerelerde uygulanabilir

(Montgomery, 2005)

- Teslim programına uyum ve teslim hedeflerinin tutturulmasında
- Finansal dokümanlarda ve bütçe hesaplarında düzeltmeleri önlemede
- E-Ticaret web sitesinde siteyi tekrar ziyaret etme veya ziyaret eden müşterilerin alışveriş yapma oranlarının arttırılmasında
- Herhangi bir servis sisteminde çevrim süresini veya müşteri bekleme süresini kısaltmakta
- Kapatılmamış hesapların ödeme optimizasyonunda
- Tedarik zinciri yönetiminde satış kaybının veya stoksuz çalışmanın minimuma indirilmesinde
- Envanter yönetiminde
- Doğru tahmin ve zamanlamanın iyileştirilmesinde

- Denetim sürecinin iyileştirilmesinde
- Nakit akışındaki değişkenliğin azaltılmasında
- Maaş bordrolarının doğru hazırlanması sürecinin iyileştirilmesinde
- Satıl alma talimatlarının doğru hazırlanması sürecinin iyileştirilmesi ve yeniden işlemenin azaltılmasında

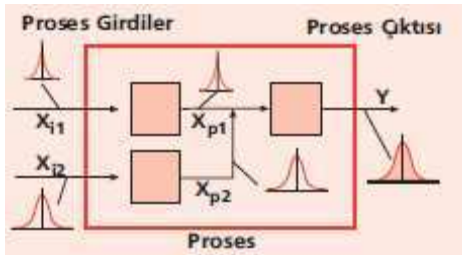
uygulanabilir.

2.1.4. Altı Sigma'nın istatistiksel anlamı

Müşterinin beklentisini karşılamak için, müşterinin beklediği hedef kalite değerine uyan ürünleri müşteriye sunmak gereklidir. Gerçek üretim süreçleri düşünüldüğünde hedeften sapmalar her zaman görülecektir. Proses çıktısına (veya ürün karakteristiğine) müşteri açısından bakıldığında iki önemli problem vardır. Birinci problem, proses ortalamasının hedef değerden sapmasıdır. Buna kısaca “hedeften sapma” problemi denir. Ayrıca birçok ürünün hedef değerinin gerek altında gerekse üstünde değer aldığı görülür. Yani ürün performansı değişkenlik göstermiştir. Buna da kısaca “değişkenlik” veya “varyans” problemi denir. Burada ifade edilen iki problem kalite mühendisliğinin iki temel problemini teşkil eder. Bu kapsamda müşteri memnuniyetini arttırmak için yapılan iyileştirme faaliyetlerine de “hedef tutturma” ve “varyans azaltma” çalışmaları denir. Gerçek süreçlerde prosesin ortalama değeri genellikle hedef değer ile aynıdır. Hedeften sapma olsa bile az bir çalışma ile hedef tutturulur. Bu durumda üretim prosesinin kalitesi (diğer bir deyişle hatalı ürün oranı) varyansa bağımlı olmuş olur. Sonuç olarak, kalite seviyesi (hata oranı) ile varyans arasında direkt bir ilişki olduğu söylenebilir (Genç, 2009).

İstatistiksel olarak Altı Sigma; sürecin kalite ölçütlerinin birinin ortalaması ile en yakın spesifikasyon limiti arasındaki farkın, en az süreç standart sapmasının 6 katı kadar olması anlamına gelir. Altı Sigma'nın istatistiksel hedefleri, süreci hedefe oturtmak ve değişkenliği azaltmaktır.

Altı Sigma sözlüğünde bir iş sisteminin yalpalamasına ya da sergilediği düzensizliğe “değişkenlik” denir. Müşteriler üzerinde olumsuz etki yaratan kötü değişkenlik türü ise “hata” olarak adlandırılır. $Y = f(x)$ demek, sistemin girdileri ve süreçlerindeki farklılıklar ya da değişkenlerin, nasıl bir bitiş skoruyla belirlendiğini söylemenin matematiksel yoludur yalnızca. Değişken deyince, birden fazla anlam olabileceğini bilmek gerekir. Y şu anlama gelebilir; stratejik hedef – müşteri gereksinimleri – kazançlar – müşteri memnuniyeti – toplam iş verimliliği. X şu anlamlara gelebilir, stratejik hedeflere ulaşabilmek için gerekli eylemler – yapılan işin kalitesi – müşteri memnuniyetini belirleyen ana etkenler – personel, çevrim zamanı, kullanılan teknoloji gibi süreç değişkenleri – sürece katılan girdilerin kalitesi. Herhangi bir nesne ya da süreç grubu içindeki “değişkenlik” ya da tutarsızlık miktarı standart sapma (σ “sigma”) ile ifade edilir. Değişkenliği incelemek, bir yöneticinin yönettiği işin gerçek performansını ve o işin süreçlerini derinlemesine kavramasına yardımcı olur (Pande, 2003).



Şekil 2.1. Sürecin girdileri ve çıktıları (Genç, 2009).

Altı Sigma ölçümleri, bir süreçteki hataların izini sürmek ve onları azaltmak üzerinde yoğunlaşmaktadır. Hata ölçülerinin anlaşılması için birkaç terim netleştirilmelidir:

Birim / Parça: İşlemden geçen bir kalem veya müşteriye teslim edilen son ürün ya da hizmet; araba, ev kredisi, bir otelde kalma, bir banka anlaşması, v.b.

Hata: Bir müşterinin gereksinimini performans standardını karşılayamamak.

Hatalı: Herhangi bir hatası olan her birim. (Herhangi bir hatası bir araba, teknik olarak 15 hatası olan bir araba kadar “hatalıdır”)

Hata fırsatları: Ürün ve hizmetlerin pek çok müşteri gereksinimi olduğu için, bir hata olması için de çeşitli şans veya fırsatlar vardır. Örneğin bir arabada hataya elverişlilik sayısı 100’den fazla olabilir. (Hata fırsatları belirlenirken üç ana adım uygulanır.

Hata türleri hakkında bir ön liste hazırlanır, Geçerli ve müşteri için önemli hataların hangileri olduğu belirlenir ve Diğer standartlara karşılık önerilen fırsat sayısı kontrol edilir)

Hatalı Parça Oranı: Hatalı Parça Sayısı / Toplam Parça Sayısı

Ör: 250 kredi başvurusundan 43'ünde hata var ; %17.2'si hatalı

Ör: 1150 çelik krişten 99'unda hata var; %8.6 'sı hatalı

Son Başarı Oranı: 1 – Hatalı Parça Oranı

Ör: 250 kredi başvurusundan 43'ünde hata var; $1-0.172=0.828$ veya % 82.8 başarı oranı

Parça Başına Hata: Örnek parça toplamı üzerinden her türdeki ortalama hata sayısını yansıtır. Hata Sayısı / Parça Sayısı

Ör: 250 kredi başvurusunda 52 hata var.

Fırsatta Hata Sayısı: Hata Sayısı / Parça Sayısı * Fırsat Sayısı

Ör: 750 mikroçipte, 99 hata var, parça başına hata fırsatı 150 ise; $52 / 750 * 150 = 46 * 10^{-5}$

Milyon Fırsatta Hata Sayısı (DPMO) : Fırsatta hata sayısı * 10^6

Sigma Ölçüsü: Bir çevirme tablosu kullanarak sigma ölçünüzü bulabilirsiniz (Pande, 2003).

Tablo 2.1. Altı Sigma Çevrim Tablosu (Meran, 2008).

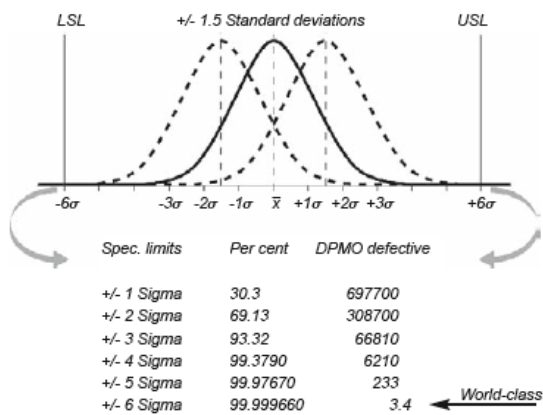
Kalite Seviyesi	Hatasız Ürün (%)	Hatalı Ürün	
		(%)	DPMO
2σ	69,15	30,85	308500
2,5σ	84,13	15,87	158700
3σ	93,32	6,68	66800
3,5σ	97,73	2,27	22700
4σ	99,38	0,62	6200
4,5σ	99,87	0,13	1300
5σ	99,977	0,023	230
5,5σ	99,997	0,003	30
6σ	99,99966	0,00034	3,4

“Sigma Kalite Seviyesi” tolerans değerinin (ÜTL-Hedef veya Hedef-ATL) standart sapma değerine (σ) bölünmesi ile hesaplanır ve tolerans bandına/aralığına kaç adet σ değeri sığdırılabileceğini gösterir. Örneğin, bir ürünün tolerans aralığı +/- 3 birim olsun. Eğer üretimden gelen ürünlerin mevcut standart sapma değeri (σ) 1,2 birim

ise, bu durumda: Sigma Kalite Seviyesi (Sigma Ölçüsü) = $(\text{ÜTL} - \text{Hedef}) / \sigma = 3 / 1.2 = 2.5 \sigma$ (Genç, 2009).

Altı Sigma altı standart sapma anlamına gelir. Müşteri tarafından belirlenen limitlerin (Alt Kontrol Limiti ve Üst Kontrol Limiti) normal bir dağılımda 6 standart sapmalık aralığa denk gelmesini ifade eder. Bu değer % 99,999998' lik kaliteyi ifade eder (Meran, 2008).

Motorola tarafından yapılan bir çalışmaya göre süreç ortalaması doğal bir şekilde $+ / - 1.5 \sigma$ salınım yapmakta ve proses hala stabil sayılmaktadır. Prosesin salınım yapma durumunda tolerans limitlerinin geçen ürün sayısı artmakta, bunun sonucu olarak da gerçek hatalı ürün oranı teorik değere göre daha fazla olmaktadır (Tablo 2.1) (Genç, 2009).



Şekil 2.2. Altı Sigma Süreç Salınımı (Meran, 2008)

Şekil 2.2' de görüleceği üzere 3σ kalitesindeki bir süreçte % 6,68, Altı σ kalitesindeki bir süreçte de % 0,00034 hatalı ürün bulunmaktadır. Altı σ çalışmalarında hata oranını ifade etmek için genelde “bir milyon fırsatta/üründe hata (Defects Per Million Opportunity - DPMO)” ifadesi kullanılır.

Bu durumda, Altı Sigma kalitesinde bir proses demek milyonda 3,4 hatalı ürün üreten bir süreç demektir. Bir şirkette Altı Sigma çalışması yapmak demek veya yöntemini uygulamaya koymak demek iyileştirme çalışmalarında rehber edinilen felsefeyi yansıtır. Mevcut kalite seviyesinin Altı Sigma kalitesinde olduğu anlamına

gelmez, fakat uzun dönemde bu seviyeye ulaşmayı hedefler. Örneğin şirket mevcut durumda 2 σ kalitesinde olan bir ürünü birinci yılda 3 σ , ikinci yılda 4 σ , beşinci yılda 6 σ seviyesine taşımayı planlayabilir. 2 σ seviyesindeki ürünü 4 σ seviyesine çıkarmak hatalı ürün oranını yaklaşık olarak % 30 azaltmak anlamına gelmektedir. Bazı sektörlerde mevcut kalite seviyesi 6 σ 'nın da üzerinde olabilir. Buna örnek uçak taşımacılığında uçakların düşme oranı gösterilebilir (mevcut hata oranı bir milyonda 0,5 den daha azdır). Bu durumlarda hedef, kaliteyi 6 σ 'nın da üzerindeki bir değere (örneğin 7 σ) çıkarmak olmalıdır (Genç, 2009).

Yapılan araştırmalar batıdaki çoğu şirketin 4 σ seviyelerinde olduğunu göstermektedir. 4,6 σ yani, % 99,9 kalite seviyesi şu anlamlara gelmektedir;

Yılda 4000 hatalı (tıbbi) reçete yazılması

Yılda 3000 yeni doğanın doktorlar veya hemşireler tarafından düşürülmesi

Her gün Amerikan hava yollarında 2 uçağın erken veya geç iniş yapması

Saate 400 mektubun kaybolması

Aynı süreçlerde Altı Sigma seviyesi şu anlamlara gelmektedir;

Yılda 13 hatalı (tıbbi) reçete yazılması

Yılda 10 yeni doğanın doktorlar veya hemşireler tarafından düşürülmesi

Her yıl Amerikan hava yollarında 2 uçağın erken veya geç iniş yapması

Saate 1 mektubun kaybolması (McCarty, 2004).

Görüldüğü gibi Altı Sigma seviyesine ulaşmak süreçler için çok ciddi iyileşme anlamına gelir; fakat Altı Sigma bir yönetim sistemidir. Her sürecin kendine özgü karakteristikleri ve müşteri beklentileri vardır; çoğu süreç için Altı Sigma seviyesine ulaşmak gereksiz olabileceği gibi, bazı süreçlerin Altı Sigma seviyesinde kalması ölümcül sonuçlara neden olabilir.

2.1.5. Altı Sigma projesinde temel roller

Bir çok firma Altı Sigma' nın sırrının dövüş sporlarındaki kemer sistemi terminolojisi ile açıklamaktadır. Altı Sigma projeleri yürütmek ve liderlik emek için yeşil kuşak, kara kuşak ve uzman kara kuşak terimlerini kullanır (Gillett, 2010).

İyileştirme takımı şu üyelerden oluşur:

- Liderlik Grubu (Takımı); iş biriminden, raporlamadan ve departman personelinden üst düzeyde yetkilidir ve sorumludur. Tüm Altı Sigma iyileştirme projelerinin onayından sorumludur.
- Şampiyon; her projenin bir şampiyonu vardır. Görevi proje seçiminde ve belirlenmesinde yardımcı olmaktır. Projenin başarılı bir şekilde tamamlanması için Kara Kuşakları ve diğer takım üyelerini belirler, kaynakları sağlar, projenin takvime uygun olup olmadığını belirlemek için kara kuşaklar veya takım ile düzenli toplantılar gerçekleştirir. Şampiyonlar tam zamanlı çalışmazlar, genelde birden fazla projeye önderlik yaparlar.
- Kara Kuşaklar; takım lideridirler, projenin gerçekleşme aşamalarında bulunurlar.
- Takım Üyeleri; genelde zamanlarının % 25' ini projelere ayırırlar. Projeye bağlı olarak firma içindeki farklı iş kollarından olabilirler.
- Yeşil Kuşaklar; kara kuşaklara oranla Altı Sigma araçlarına ilişkin daha az eğitim ve deneyime sahiptirler. Bir şampiyon veya kara kuşağın gözetimi ile kendi projelerine liderlik edebilirler, veya kara kuşağın bir proje üyesi olabilirler.
- Uzman Kara Kuşak; teknik liderdir. Projelerin belirlenmesi ve seçiminde, gözden geçirilmesinde, kara kuşakların teknik konularda danışmanlığında,

yeşil kuşak ve kara kuşak eğitimlerinde liderlik ekibi ve şampiyon ile birlikte çalışırlar (Montgomery, 2005).

Altı Sigma gibi iyileştirme inisiyatifleri söz konusu olduğunda genelde mühendisler kilit rollerin seçiminde (örn; kara kuşaklar, uzman kara kuşaklar) ilk sırada yer alırlar. Matematiksel ve istatistiksel altyapıları, gerekli istatistiksel ve mühendislik araçlarını kullanmalarını kolaylaştırır ve süreç yaklaşımları ve iyileştirme kafa yapıları Altı Sigma projelerinin altyapısıyla çok iyi örtüşür. Bu avantajlardan dolayı, mühendisler Altı Sigma' nın organizasyonlarda yayılımında belkemiği görevini oynarlar (Snee, 2009).

2.1.6. TÖAİK - Altı Sigma iyileştirme modeli

Kalite akımının ortaya çıkışından bu yana süreçler üzerinde birçok "iyileştirme modeli" uygulanmıştır. Bunların pek çoğu W. Edwards' ın geliştirdiği, veri tabanlı süreç iyileştirmesinin temel mantığını tanımlayan, Planla-Uygula-Kontrol Et-Yap (PDCA / Plan-Do-Check-Act) adımları üzerine kuruludur:

- Planla: Mevcut performansı sorunlar ve boşluklar açısından değerlendir. Temel sorunlar hakkında veri topla. Sorunların temel nedenlerini tanımla ve onlara yönel. Olası çözümleri düşün ve potansiyeli en yüksek çözümün bir denemesini yap.
- Uygula: Planlanan çözümün pilot uygulamasını gerçekleştir.
- Kontrol Et: İstenen noktaya ulaşıp ulaşılmadığını görmek için denemenin sonuçlarını ölç. Eğer sorun çıkıyorsa, iyileştirme çalışmalarının önüne çıkan engelleri sapt.
- Yap: Denenen çözüm ve değerlendirmeye bağlı olarak çözümü, kalıcı olacak biçimde ayrıntılandır ve geliştir. Bu yeni yaklaşımı mümkün olan her yerde uygula. Baştan başla...

Diğer iyileştirme modelleri gibi TÖAİK de, orijinal PUKY çevrimi üzerine kuruludur (Pande, 2003).

Tablo 2.2. Süreç İyileştirmesi ve Süreç Tasarımı/yeniden Tasarım "akışının" TÖAİK modelinde incelenmesi (Pande, 2003).

	Süreç İyileştirmesi	Süreç Tasarımı/ Yeniden Tasarım
Tanımlama	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sorunu Belirleme ✓ Gereksinimleri Tanımlama ✓ Hedef Belirleme 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Spesifik ya da genel sorunları belirleme ✓ Hedef belirleme/vizyon değiştirme ✓ Kapsam ve müşteri taleplerini netleştirme
Ölçme	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sorunu/Süreci doğrulama ✓ Sorunu/hedefi ayrıntılandırma ✓ Temel adımları/girdileri ölçme 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Taleplere kıyasla performansı ölçme ✓ Süreç verimlilik verilerini toplama
Analiz	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Neden ilişkin hipotezler geliştirme ✓ "Birkaç kilit" nedeni tanımlama ✓ Hipotezleri doğrulama 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ "En iyi uygulamaları" saptama ✓ Süreç tasarımını değerlendirme <ul style="list-style-type: none"> ○ değer katanlar/katmayanlar ○ darboğazlar/kopukluklar ✓ Gereksinimleri ayrıntılandırma
İyileştirme	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Kök nedenleri ortadan kaldırmak için fikir üretme ✓ Çözümleri deneme ✓ Çözümü standartlaştırma/sonuçları ölçme 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Yeni süreç tasarlanması <ul style="list-style-type: none"> ○ sorun tahminleri ○ yaratıcılığın uygulanması ○ iş akışı ilkeleri ✓ Yeni süreçlerin, yapıların, sistemlerin uygulanması
Kontrol	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Performansı sürdürmek için standart ölçümlerin geliştirilmesi ✓ Gerekliğinde sorunların giderilmesi 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Performansı sürdürmek için ölçüm ve değerlendirmelerin geliştirilmesi ✓ Gerekliğinde sorunların giderilmesi

TÖAİK (DMAIC) kalite ve süreç iyileştirmesinde yaygın olarak kullanılan bir problem çözme prosedürüdür. TÖAİK (DMAIC) yapısı problemle ve çözümle ilgili yaratıcı düşüncüyü teşvik eden bir yapıdır. Süreç çok kötü işlediğinde bazen tamamen uygulamadan kaldırmak ve yeniden başlamak gerekir. Bu durumda yeni bir ürün veya servis ortaya çıkıyorsa, iyileştirme (Improve) adımı tasarım (Design) ile değiştirilerek; DFSS (Design for Six Sigma) uygulamak gerekebilir. TÖAİK (DMAIC) prosedürünün bu derece başarılı olmasının nedeni küçük araç setlerinin etkili kullanımına odaklanmasıdır (Montgomery, 2005).

Aşağıdaki Tablo 2.3' de her bir TÖAİK adımında gerçekleştirilecek faaliyetler özetlenmiştir.

Tablo 2.3. TÖAİK Adımları (George, 2004).

Tanımlama	Ölçme	Analiz	İyileştirme	Kontrol
Süreç tanımlama dokümanını gözden geçir	Değer akış şemasını detaylandır	Potansiyel kök nedenleri tanımla	Potansiyel çözümleri geliştir	Hata doğrulamayı uygulamaya geçir
Problemi ve hedefleri tasdik et	Süreci, girdileri ve çıktıları tanımla	Potansiyel kök neden listesini azalt	En iyi çözümleri seç ve optimize et	Standart operasyon prosedürlerini, eğitim planını ve süreç kontrolleri geliştir
VOC ve VOB'yi tasdik et	Operasyonları tanımla	Çıktıdaki kök neden etkisini doğrula	Gelecek değer akış şemasını geliştir	Çözümleri ve süreç ölçümlerini uygulamaya geçir
Finansal faydaları tasdik et	Veri toplama planını geliştir	Temel çıktılar üzerindeki kök neden etkilerini tahmin et	Pilot çözümü geliştir ve uygula	Projeden çıkarılan dersleri uygulamak için fırsatları tanımla
Kapsamı ve Değer Akış Haritasını tasdik et	Ölçme sistemini oluştur	Kök nedenleri önem sırasına diz	Proje hedeflerinin ulaşıldığını onayla	Kontrol fazını tamamla
İletişim planını oluştur	Dayanak veriyi topla	Analiz fazını tamamla	Geniş çapta uygulama planını geliştir	Süreci izle
Takımı kur	Süreç yeterliliğini belirle		İyileştirme fazını tamamla	
Proje takvimini hazırla	Ölçme fazını tamamla			
Tanımlama fazını bitir				

Tanımlama fazının amacı takım üyeleri ve sponsor arasında projenin kapsamı, amaçları, finansal ve performans hedefleri üzerine anlaşmaya varılmasıdır.

Tanımlama fazı adımları;

- Proje tanım dokümanını (Tipik olarak en fazla iki sayfadan oluşan; projenin tanımı, kapsamı, başlangıç ve bitiş tarihleri, temel başarı metrikleri, müşteriye ve organizasyona sağlayacağı faydaları, dönüm noktalarını, takım üyelerini ve rollerini, ve proje için kullanılacak diğer kaynakları içeren bir dokümandır (Montgomery, 2005)) gözden geçir. Kapsamı, kaynakları, zamanlamayı, takım üyelerini kararlaştır.
- Problemi ve amaçları tanımla. Mevcut kaynakları ve eldeki geçmiş veriyi kullanarak; problemin gerçekten var olduğunu, müşteri için önemli olduğunu, firma için önemli olduğunu ve yalın Altı Sigma metodolojisi ile iyileştirilmesinin beklenip beklenmediğini tartış.

- Finansal faydaları değerlendir. Eldeki veriyi mevcut maliyetleri, karı, proje ile ilgili diğer finansal metrikleri hesaplamak için kullan. Projenin finansal etkisini tahmin et ve yönetimin beklentilerini karşıladığını doğrula.
- Sürecin haritasını ve kapsamını ortaya çıkar. (Süreç haritası - SIPOC Diagram - tedarikçiler, girdiler, süreç adımları ve müşterileri belirten, kapsamlı bir haritalandırma tekniğidir) Proje kapsamını doğrulamak için zaman, hatalar, tamir ve yeniden işleme ile ilgili mevcut verileri ortaya çıkar. (değer akış şeması için)
- İletişim planını oluştur. Projenin ilgililerini ve paydaşları (sponsorlar, müşteriler, yöneticiler, operatörler vs.) belirle ve proje ile ilgili güncel kalmalarını sağlayacak planlar geliştir.
- Proje planını geliştir. (takvim, bütçe, kritik noktalar vs.)
- Tanımlama fazını tamamla (George, 2004).

Ölçme fazına geçmeden önce şu sorular yanıtlanmalıdır;

- Problem tanımı sadece durumu mu ortaya koyuyor? Potansiyel nedenleri veya çözümleri tanımlıyor mu?
- Tüm paydaşlar tanımlanmış mı?
- Bu proje tarafından sunulan değer fırsatlarını ne ispatlar?
- Proje kapsamı ne çok geniş, ne de çok dar olmayacak şekilde mi tanımlanmış?
- SIPOC diyagramı veya herhangi bir süreç haritası tamamlanmış mı?
- Projenin başarıyla tanımlanması için engeller veya kısıtlayıcılar var mı?

- Çözüm fazı için hazırlanan hareket planı gerçekçi mi? (Montgomery, 2005)

Ölçme fazının amacı; problemin nedenlerini belirlemede kullanılmak üzere, sürecin hızı, kalitesi ve maliyetleri ile ilgili veri elde etmek ve sürecin mevcut durumunun net olarak anlaşılmasıdır.

Ölçme fazı adımları;

- Mevcut süreç akışını ortaya koymak için; değer akış haritasını oluştur. Başlangıç için süreç haritası veya süreç akış şemasını kullan. Hatalar, zamanlama, ve diğer süreç verilerini değer akış haritasını oluşturmak için ekle.
- Projen ile alakalı çıktıları, girdileri, ve süreç değişkenlerini belirle.
- Ölçüleri tasvir eden veri toplama planını oluştur.
- Veri analiz planını hazırla. Ne tür araçlar kullanılacak, hangi tür veri toplanacak. (Gerektiğinde güncelle)
- Ölçüm sistemleri analizi ve gage R&R kullan. Ölçüm ekipmanları kalibre edilmemişse, kalibrasyonunu yaptır.
- Veriyi topla.
- Toplanan veriye göre değer akış haritasını güncelle.
- Termin süresini hesapla
- Süreç yeterliliğini değerlendir.
- Ölçme fazını tamamla (George, 2004).

Analiz fazına geçmeden önce ölçme fazıyla ilgili gözden geçirilecekler.

- Süreç Akış şeması veya değer akış haritası hazırlanmış olmalı. Majör süreç adımları ve aktiviteler, müşterileri ve tedarikçileri belirlenmeli. Eğer mümkünse; kuyruk veya WIP (Süreç İçi Stok) oluşan alanlar, kuyruk büyüklüğü, bekleme süresi ve WIP seviyesi raporlanmalı.
- KPIV' ler (Temel Süreç Girdi Değişkenleri) ve KPOV' ler (Temel süreç çıktı değişkenleri) elde edilmeli. KPOV' lerin müşteri memnuniyetiyle veya Müşterilerin CTQ' ları (Kritik Kalite Değerleri) ile ilişkisi açıklanmalı.
- Ölçüm Sistemlerinin yeterliliği dokümente edilmeli.
- Veri toplarken elde edilen tahminler not edilmeli.
- Takımın şu taleplere cevap vermesi sağlanmalı; "Verinin nereden geldiğini açıklayınız?" "Hangi veriyi toplayacağımıza nasıl karar verdiniz?" , "Ölçüm sisteminiz ne kadar geçerli?" ve " Süreç performansının resmini çizmek için yeterli veri topladınız mı? (Montgomery, 2005).

Analiz fazının amacı proje amacına bağlı olarak anahtar girdi ve çıktıları etkileyen nedenleri ispatlamak ve azaltmaktır. (Kritik X' leri bulmaktır) (George, 2004).

Analiz fazının amacı süreçteki neden-sonuç ilişkilerini ve süreç değişkenliğinin nedenlerini tanımlamaktır. Başka deyişle analiz fazında hataların, kalite problemlerinin, çevrim zamanının, çıktı problemlerinin, hurda ve verimsizliğin potansiyel nedenlerini tanımlamaktır (Montgomery, 2005).

Analiz fazı adımları;

- Değer analizini gerçekleştir. Değer katan ve değer katmayan adımları tanımla.
- Süreç yeterliliğini (process cycle efficiency) hesapla. Dünya genelindeki kabul kriterleri ile karşılaştır ve ne kadar iyileştirmeye ihtiyaç olduğunu belirle.
- Süreç akışını analiz et. Darboğazları ve kısıtları, yan etkileri ve yeniden işlemeyi tespit et. Bunların sürecin çıktıları ve müşteri beklentilerini, kritik kalite ölçülerini karşılama yeterliliği' ne olan etkilerini ortaya koy.
- Ölçüm fazında toplanan veriyi analiz et.
- Potansiyel nedenleri açıklayan teoriler geliştir. Beyin fırtınası, FMEA, Neden-Sonuç Diyagramı, matris diyagramı veya diğer araçları kullanarak gözlenen etkilerin potansiyel nedenlerini ileri sür.
- Araştırmayı daralt. Beyin fırtınası, seçme veya önceliklendirme tekniklerini (pareto grafiği, hipotez testi, vs.) kullanarak kök nedenler ve anlamlı neden-sonuç ilişkileri için araştırmayı daralt.
- Kök nedenlerin doğruluğunu kanıtlamak için daha fazla veri topla. Anlamlı ilişkileri doğrulamak için serpm diyagramlarını veya daha karmaşık istatistiksel teknikleri (hipotez testi, ANOVA, regresyon) kullan.
- Analiz fazını tamamla (George, 2004).

İyileştirme Fazına geçmeden önce şu noktalar gözden geçirilmelidir.

- İyileştirme adımını araştırmalarında hedef alınacak fırsatlar nelerdir?

- Hangi veri ve analizler; hedef olarak belirlenen fırsatları araştırmak ve bunları elemek/iyileştirmek temek çıktı değişkenler ve müşteri kritik kalite ölçüleri üzerinde beklenen etkiyi gösterir?
- Daha fazla araştırılacak fırsatlar var mı? Neden?
- Proje planlanan bitirme süresi ve ıktıları sağlayacak doğrultuda mı ilerliyor? Ekstra kaynak gerekli mi (Montgomery, 2005) ?

Ölçme ve analiz fazlarında, anahtar girdi değişkenler ve anahtar çıktı değişkenler üzerine odaklanılarak; hangi veri toplanmalı, nasıl analiz edilmeli, potansiyel değişkenlik kaynakları nelerdir üzerinde çalışılır ve sağlanan verinin nasıl yorumlanması gerektiği açıklanır. İyileştirme fazında, süreçte yapılabilecek özel değişiklikler ve süreç performansına beklenen etkiyi gösterecek başka neler yapılabilir; bu konularla ilgili yaratıcı fikirler ortaya konur. İyileştirme fazının amacı, probleme çözüm geliştirmek ve çözümün pilot testini gerçekleştirme (Montgomery, 2005).

İyileştirme fazı adımları;

- Potansiyel özümleri geliştir. Potansiyel özümleri tespit etmek için analiz fazında ortaya konan neden sonuç ilişkisini kullan. Bu adımda yaratıcılığı teşvik etmek çok önemlidir.
- En iyi çözümleri değerlendir, seç ve optimize et. özüm önerilerini zenginleştir, kriterleri geliştir ve alternatifleri değerlendir, sonuçları doküman et. Son seçimi optimize etmek için opsiyonları birleştirmede ve değiştirmede açık ol. Eğer gerekliyse deney tasarımı gerçekleştir.
- Gelecek değer akış şemasını geliştir.

- Pilot çözümleri geliştir ve uygula. Pilot çözümlerde uygulanacak adımları ortaya koy. Katılımcıları eğit. Sonuçları iyileştirme fikirleri ile beraber dokümanla et.
- Proje hedeflerine (amacına) erişildiğini onayla. Sonuçları dayanakla karşılaştır.
- Geniş çapta uygulama planını geliştir ve yürüt.
- İyileştirme fazını tamamla (George, 2004).

Kontrol fazına geçmeden önce şunlar gözden geçirilmelidir;

- Çözümün nasıl elde edildiğine dair yeterli dokümantasyon.
- Üzerinde düşünülen alternatif çözümlere dair dokümantasyon.
- Veri, analiz, deney ve simulasyon analizleri ile beraber pilot testin sonuçları.
- Pilot test sonuçlarının genele uygulanması için plan. Planlar yasal düzenlemeleri, personel ile ilgili konuları (örn; eğitim ihtiyacı) veya diğer standart iş uygulamalarını da içermelidir.
- Çözümü hayata geçirmenin risk analizleri, uygun risk-yönetim planları (Montgomery, 2005).

Kontrol fazının amacı; projede geri kalan tüm işleri tamamlamaktır ve süreci iyileştirilmiş olarak süreç kontrol planı ve diğer prosedürler ile birlikte (kazanımların sürekliliğinin sağlanması için) süreç sahibine teslim etmektir. Amaç kazanımların daha sonra da süreç tarafından kullanılabilmesi için elde olması ve eğer mümkünse iyileştirmelerin firma içi benzer diğer süreçlere de uygulanmasıdır (Montgomery, 2005).

Kontrol fazı adımları:

- Geniş çapta uygulama için dokümantasyonu ve destekleyici metotları geliştir.
- Uygulamayı başlat.
- Performans kazanımlarını sabitle. Kişilerin işleri eski düzende yürütmelerini engellemek için mistake proofing (hatasızlaştırma) veya diğer teknikleri uygula.
- Uygulamayı izle. Gözlemleri, etkileşimi, veri toplama ve veri tablolamayı kullan. Uygun olduğu durumlarda ekstra iyileştirmeler yap.
- Süreç kontrol planlarını geliştir ve kontrolü süreç sahibine devret.
- Sonuçları denetle. İyileştirme ölçütlerini onayla ve gerekli (uygun) yerleri işaretle. Denetim planını şirketin denetim grubuna teslim et.
- Projeyi tamamla. Projeden çıkarılan derslerin firma içinde nerelerde kullanılabileceğine dair fikirler geliştir. Projenin metodlarını ve sonuçlarını firma içindekilerle paylaş.
- Projenin tamamlanmasından aylar sonra, performansı ve finansal çıkarımların geçerliliğini denetle (George, 2004).

Kontrol fazı tamamlanmadan şu adımlar gözden geçirilmelidir;

- Önceki ve sonraki sonuçların, proje tanım dokümanı ile örtüşür olduğunu gösteren veriler kullanıma hazır olmalıdır.(Orijinal hedeflere ulaşıldı mı?)
- Süreç kontrol planı tamamlanmış mı? Süreci takip için gerekli prosedürler, örn. kontrol kartları devrede mi?
- Süreç sahibi için zaruri dokümanlar tamamlanmış mı?

- Proje den elde edilen derlerin bir özeti.
- Projede kovalanmayan fırsatların listesi. Bu veriler gelecek projelerin geliştirilmesinde kullanılabilir, iyileştirme sürecinin devamlılığı için iyi potansiyel projelerden oluşan bir envanterin elde olması çok önemlidir.
- Proje sonuçlarının firmanın diğer birimlerinde kullanılması için; fırsatlar listesi hazırlanmalıdır (Montgomery, 2005).

2.1.7. Süreç yeterliliği

Tüketici/Müşteri gereksinmelerinin sağlanma derecesini belirleyebilmek için, süreç ortalamasının yerleşimi ve değişkenliğin büyüklüğünün, üretim sürecinden elde edilen parçalar ile incelenmesi gerekli olur. Yalnızca süreç ortalaması " μ " ve süreç standart sapması " σ " nın tahmincileri olan örneklem ortalaması " \bar{x} " ve örneklem standart sapması "s" yi kullanarak, süreç ile ilgili değerlendirme yapmak yanıltıcı olabilir. Bu nedenden süreç ortalamasının yerleşimi ve süreç yayılımının miktarını müşteri spesifikasyonları ile birlikte analiz etmek daha güvenilir sonuçlar verecektir.

Süreç yeterliliği bir süreçteki gerçek değişkenliği (sürecin sesi), izin verilen değişkenlik ile kıyaslamak için (müşterinin sesi) ölçülür. Sürecin sesi kontrol limitleri ile gösterilir, Müşterinin sesi ise süreç spesifikasyonlarıyla gösterilir. Mevcut değerlerin spesifikasyon değerleri içine girme oranı bize, sürecin müşteri beklentilerini karşılayıp karşılamadığı hakkında bilgi verir (George, 2004).

Süreç yeterlilik ölçümleri; kaynakların veriye dayalı olarak belirlenmesini sağlar, hata oranı sayısallaştırılır, iyileştirme fırsatlarını tanımlar, yeterliliğin değerlendirilmesi kuruluşun bütün ürünleri ve hizmetleri için gerçek kalite seviyelerini tahmin etmesine olanak sağlar ve süreç probleminin doğasını tanımlar - konum veya yayılım.

Yeterlilik analizlerinde herhangi bir ölçü birimi (dakika, mm, vs.) kullanılmaz. Bu nedenle süreçlerin kıyaslanması için kullanılabilir. Süreç yeterliliği, spesifikasyonları oluşturulmuş olan herhangi bir süreç üzerine yapılabilir.

Mühendislikte ve üretimde;

- Kalifikasyon ve onay için yeni ekipmana
- Mevcut sürece, operasyonlara referans (dayanak) oluşturmak için
- Pilot sürecin, beklenen performansı sergileyip sergilemediğini, veya geçip geçmediğini test etmek için
- Ekipmandaki aşınma ve yıpranmayı, ve sürecin herhangi bir nedenle kötüleşmesini (malzeme, insan, çevre, vs.) periyodik olarak izlemek için kullanılır (George, 2004).

Hizmet Sektöründe;

- Pilot sürecin, beklenen performansı sergileyip sergilemediğini, veya geçip geçmediğini test etmek için kullanılır.
- Performans standartlarının sağlandığını güvence altına almak için veya mevcut standartların üçlendirilmesinin altını çizmek için; periyodik olarak gerçekleştirilir
- İç veya dış faktörlerin değiştiği her seferde, sürecin hala yüksek kalitede ve zamanında hizmet sunacak yeterlilikte olduğunu ispat etmek için kullanılır (George, 2004).

Süreç yeterlilik çalışması öncesinde şu çalışmalar yapılmalıdır.

- Ölçüm sistemini kalibre et
- Ölçüm Sistemleri Analizi Uygula
- Sürecin istatistiksel olarak kontrol altında olduğundan emin ol
- Spesifikasyon limitlerini belirlemek için müşteri ihtiyaçlarını onayla
- Diğer gereksinimler kontrol kartları ile aynıdır;
 - Min. 100 gözlem değeri ve 25 ardıl grup
 - Veriler zaman serisi şeklinde olmalı (George, 2004)

Kısa dönem süreç yeterliliği ve uzun dönem süreç yeterliliği olmak üzere iki tip süreç yeterlilik ölçümü bulunmaktadır. Süreçlerde uzun dönemde daha büyük varyasyon gerçekleşir; bu nedenle uzun dönem (birkaç ay veya yıl) ve kısa dönem (gün veya hafta) süreç yeterlilikleri farklı çıkacaktır (George, 2004).

C metriklerinde; standart sapma alt gruptan hesaplanır; bu nedenle kısa-dönem yeterliliği temsil eder (George, 2004).

P metriklerinde, standart sapma tüm veriden hesaplanır; bu nedenle uzun dönem varyasyonu ve süreç yeterliliğini temsil eder (George, 2004).

Süreç yeterliliği müşteri tolerans limitlerinin süreç tolerans limitlerine oranıdır. Sürecin sesi ile müşterinin sesinin aynı çizgide olup olmadığını araştırır (Henderson, 2006).

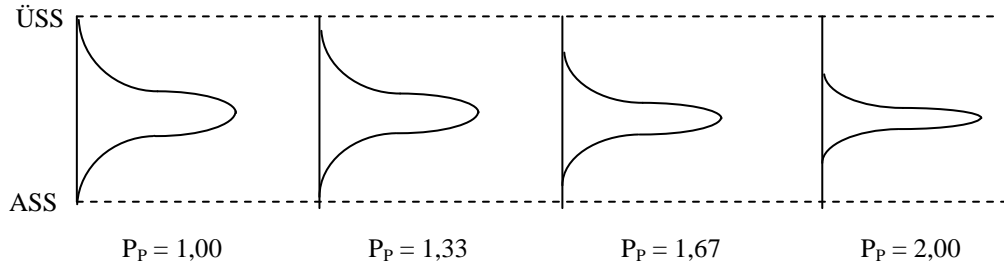
Bu tez çalışmasında, veriler 1 yıllık olduğu için P değerleri kullanılacaktır. Bu durumda;

Süreç Genel Yeterlilik İndeksi (P_p) : Süreç standart sapmasının, spesifikasyon sınırları ile ilişkilendirilmesiyle oluşturulur ve verilerin yayılımını inceler. Ölçümlenen bir (x) karakteristiği için, alt ve üst spesifikasyon sınırları ASL, ÜSL olarak ve standart sapması da "s" olarak ifade edilirse,

$$P_p = \text{Min.} (\text{ÜSL} - \text{ASL}) / 6s$$

Formülden de görüldüğü gibi, P_p indeksi yalnızca süreç yayılımını analiz eder.

Örnek; Şekil 2.3' ten de görüldüğü gibi, P_p değerinin 1'den büyük olması istenen bir durumdur. Buna karşın, uygulamalarda $P_p \geq 1,33$ durumunun olması önerilir. Ayrıca güvenilir sonuçlar elde edebilmek için de, örnek sayısının en az 50 olması uygun olur.



Şekil 2.3. Çeşitli P_p değerlerinin gösterimi

Genel Süreç Performans İndeksi P_{pk} : Bir ürünün kalitesinin belirlenmesinde, ürünün gösterdiği yayılımın incelenmesi kadar, ortalama değerinin ne ölçüde hedef değerde oluştuğunun da incelenmesi önemli olur. P_p indeksi ile süreç yayılımının hangi düzeyde olduğunun incelenmesine karşın, sürecin hedef değerde oluşma derecesi ile ilgili bilgi sağlanamaz. Bu nedenle ortalama değer yerleşimini değerlendiren P_{pk} indeksi geliştirilmiştir. Bu indeks,

$P_{pk} = \text{Min.} [(\text{ÜSL} - \text{Ort.}) / 3s , (\text{Ort.} - \text{ASL}) / 3s]$ biçiminde formüle edilir.

Çalışmamız tek taraflı süreç yeterlilik ölçümü gerektirmektedir; çünkü gecikme süresi için üst limit müşteri tarafından belirlenmiştir, alt limit yoktur. Bu durumda tek taraflı toleranslar için süreç yeterliliği hesaplanacaktır;

$P_{pk} = (\text{ÜSL} - \text{Ort.}) / 3s$ veya $P_{pk} = (\text{Ort.} - \text{ASL}) / 3s$ (Hangisi var ise)

ÜSL= Üst Spesifikasyon Limiti

ASL=Alt spesifikasyon Limiti

Ort. = Aritmetik Ortalama

s = Standart Sapma

2.2. Yapısal Eşitlik Modellemesi

Yapısal Eşitlik Modellemesi (YEM) (Structural Equations Modeling-SEM) az sayıda gözlemlenen değişkene dayanarak, gözlemlenemeyen değişkenler arasındaki linear ilişkileri tanımlamak, tahmin etmek ve değerlendirmek için kullanılan bir tekniktir. YEM bağımlı (Endogenous) ve bağımsız (Exogeneous) olabilen; gözlemlenen değişkenleri (Measured Variables) ve gözlemlenemeyen değişkenleri (Latent Variables) içerir. YEM' i kullanmadaki amaç; uygun model bulmak yerine, başlangıç modelimizin doğru olup olmadığını araştırmaktır (Shah, 2006).

YEM analizleri bir zamanlar sadece uzmanlar tarafından anlaşılabilen karmaşık çok değişkenli istatistik yöntemlerini, her araştırmacı tarafından kullanılabilir hale getirmiştir (Meydan, 2011).

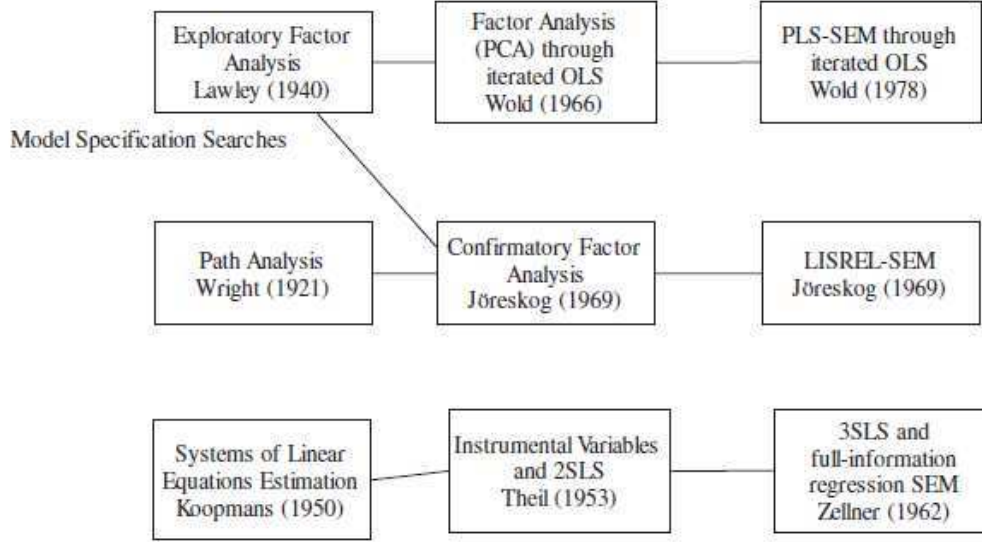
YEM' in tarihçesi kısaca kronolojik bir sıra içerisinde ele alınacak olursa, regresyon modelleri regresyon ağırlıklarını hesaplama için ilk kez korelasyon katsayısı ve en küçük kareler kriterini kullanan Karl Pearson tarafından 1896 yılında ortaya konulmuştur. Regresyon modeli, bir bağımlı değişkeni yordayan bir veya daha fazla bağımsız değişkenin doğrusal etkilerini ortaya koyan ve bu yapıyla tahmin modelleri için son derece kullanışlı olan bir yöntemdir. Pearson' dan sonra Charles Spearman' ın korelasyon katsayılarını faktör modeli oluşturmada kullanması, yeni bir yöntemin daha ortaya çıkmasını sağlamıştır. 1940' lı yıllarda Lawley ve Thurstone' un çalışmaları ise gözlemlenen değişkenlerden hareketle ne tür yapıların çıkarılabileceğini ortaya koymuş, böylece günümüzde çokça kullanılan anket, test ve ölçeklerin geliştirilmesini sağlamıştır. Doğrulayıcı Faktör Analizinin (DFA) (Confirmatory Factor Analysis-CFA) temeli ise Howe (1955), Anderson ve Rubin (1956) ve Lawley 'in (1958) çalışmalarına dayanmaktadır. Belirli bir değişken kümesinin daha kapsayıcı bir yapıyla açıklanıp açıklanamayacağını araştıran DFA, özellikle 1960' larda Karl Jöreskog' un çalışmaları ile gelişmeye başlamıştır. 1969 yılında Jöreskog' un ilk DFA makalesini yayınlaması, ilk DFA yazılımının geliştirilmesine de öncülük etmiştir. Bugün uzun yıllardır kullanılan faktör analizi ölçüm araçlarının yaratılmasında, DFA ise yaratılan bu modellerin çalışılan örneklem

üzerinde doğrulanıp doğrulanmadığının test edilmesinde kullanılmaktadır (Meydan, 2011).

Aslında bir biyolog olan Sewell Wright ise üçüncü tip model olarak ortaya sayılabilen yol analizinin gelişmesinde rol oynamıştır (Meydan, 2011). YEM Wright tarafından, 1900'lerin başında (1921-1934) ortaya atılmıştır. Gözlenen korelasyonları eşitlik sisteminin içine sokarak, nedensel ilişkilere ait hipotezini matematiksel olarak açıklayacak bir yol geliştirmiştir. Değişkenler arası ilişkiler bir yol diyagramı (path diagram) ile sunuluyordu. Metodu yol analizi (path analysis) olarak adlandırıldı (Iriundo, 2003). Yol analizi, gözlemlenen değişkenler arasındaki daha karmaşık ilişkilerin modellenebilmesi için korelasyon katsayılarının ve regresyon analizini birlikte kullanmaktadır. Yol analizinin ilk uygulaması biyolojide hayvan davranışlarının modellenmesinde ortaya çıkmış, daha sonraları 1950' li yıllarda eş zamanlı eşitlik modellerini kullanan economiciler, 1960' larda ise sosyologlar yol analizinin araştırmalarında kullanarak yola analizinin sosyal bilimlerde kullanımının kapısını açmışlardır. Temel olarak yol analizi gözlemlenen değişkenler arasındaki yol modelinin eş zamanlı bir çok regresyon eşitliğinin çözümlenmesidir (Meydan, 2011). Daha sonra bu metod bağımsız olarak ekonomistler ve sosyologlar tarafından geliştirildi. Wright' ın yol analizini, YEM olarak bilinen yeni bir metoda dönüştürdüler (Iriundo, 2003). Dördüncü model olan YEM modelleri, gözlemlenen ve gizil değişkenleri aynı anda içerisinde barındıran yapısıyla, DFA ve yol analizinin birleşmiş halidir. YEM' in öncül biçimleri Karl Jöreskog (1973), Ward Keesling (1973) ve David Wiley (1973)' in çalışmalarının ürünüdür. Bu nedenle ilk olarak, JKW olarak adlandırılmıştır (Meydan, 2011). YEM faktör analizleri ve yol analizlerini birleştirerek, nedenselliği, sadece açıklamayan, test edebilme kabiliyetine sahip bir modeldir. YEM gözlemlenen verideki doğrusal ve doğrusal olmayan nedensel ilişkileri inceler. Bu yaklaşım sadece nedenselliği ispatlamaz, ilgili hipotezlerin seçilmesine, deneysel dayanağı olmayanların elenmesine yardım eder (Iriundo, 2003).

1973 yılında Jöreskog ve Thille' nin doğrusal yapısal ilişkiler modeli olarak adlandırılabilir (LISREL) yazılımını geliştirmeleri YEM' in gerçek başlangıcı olmuştur. LISREL ile YEM yazılım olarak dikkat çekse de özellikle 1980' lerin

ortasından itibaren YEM modellerinin çözümü için yeni yazılımlar geliştirilmiştir (Meydan, 2011). Tarihsel gelişim aşağıdaki şekilde özetlenmiştir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. YEM' in Tarihsel Gelişimi (Westland, 2010)

Genelde teoriler bir veya daha fazla kurgu (fikir) içerir. Kurgu (construct) daha çok istatistikçiler tarafından kullanılan bir ifadedir. Kurgular inceleme konusuyla ilgili, direk olarak ölçülemeyen; fakat veriden çıkarsanan ifadelerdir. Örneğin anket sorularına cevaplar ve gözlemler gibi. Bu kurgular faktör veya örtük (gizil) değişken (latent variable) olarak da adlandırılırlar (Du, 2009). Örneğin eğitim ile ilgili araştırma yapan bir kimse öğrencinin evi içindeki ortamın öğrencinin başarısını etkilediği hipotezini kurabilir, pazar araştırmacısı firmaya duyulan güvenin satışları arttırdığı hipotezini test edebilir, sağlık profesyoneli iyi bir diyet ve egzersiz uygulamasının kalp krizi riskini azalttığı hipotezini kurabilir (Schumacker, 2004).

YEM literatürde kovaryans yapı analizleri veya kovaryans yapı modellemesi veya kovaryans yapıların analizi olarak adlandırılır. İki tip değişken arasındaki ilişkinin açıklanmasında kullanılır. Bu değişkenler; gözlenen (direk ölçülen) ve latent (örtük) (direk olarak ölçülemeyen)' dir (Yang, 2008). Örtük değişkenler, testler, anketler aracılığıyla ölçtüğümüz değişkenlerden çıkarsanan, dolaylı olarak ölçtüğümüz değişkenlerdir. Örneğin; zeka, tüketici güveni, yetişkinlerin fiziksel sağlık durumu gibi. Gözlemlenen değişkenler örtük değişkenleri çıkarsamak için kullandığımız

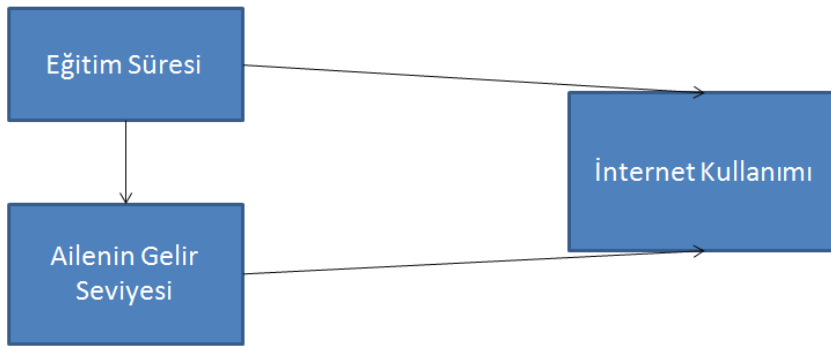
değişkenlerdir. Örn; çocuk zekasını çıkarsamada kullanılan, WISC-R indeksi, Amerikan şirketlerinin ekonomisini çıkarsamada kullanılan Dow-Jones indeksi, bir kimsenin sağlıklı olup olmadığını çıkarsamada kullanılan kan basıncı ölçümü gibi (Schumacker, 2004).

YEM analizcilere hangi faktörlerin indikatörleri desteklediğini belirlemesine izin verir. Aynı zamanda teorik kurguların arasındaki ilişkinin gücünü belirlemede de etkilidir. YEM iki prosedürü bağlar ölçüm komponenti (bileşeni) ve yapı komponenti (bileşeni). Ölçüm komponenti örtük değişkenlerin, gözlenen değişkenlere dayanarak nasıl ölçüldüğünü belirtir. Yapı komponenti örtük değişkenler arasındaki ilişkiyi açıklar (Yang, 2008).

Yapısal eşitlik modeli, nedensellik ilişkilerini test etmek için; yaklaşımı nicel ve nitel veri kombinasyonları kullanır. YEM' de değişken sayısında bir kısıtlama yoktur. YEM; doğrulayıcı yaklaşımı, çıkarımcı yaklaşıma tercih eder (Punniyamoorthy, 2011).

Yol analizleri (Path Analysis) (Şekil 2.5), analizlerin değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerini hipotezleyen ve linear denklem sistemiyle nedensel modelleri test eden bir prosedüre dayanır (Yang, 2008).

YEM Yol Modellerinin (path models) inandırıcılığını test edebilir. Yol modelleri gerçek verinin tanımı veya açıklamasıdır. Yol modeli basit regresyon olabileceği gibi, çok faktörlü regresyon analizi gibi karmaşık bir model de olabilir. Regresyon analizlerinde sadece tek bir bağımlı değişken analiz edilir. Oysa YEM birden fazla bağımlı ve bağımsız değişken için veriyi analiz edebilir (Du, 2009).



Şekil 2.5. İnternet Kullanımı için Yol Analizi Örneği

YEM; Regresyon Analizi, Faktör Analizi, Eşzamanlı Eşitlikler ve Varyans Analizi gibi standart yöntemleri içeren genişletilmiş standart yöntemlerden oluşan çok değişkenli bir analiz yöntemidir.

YEM' in önemli uygulama alanları; Nedensel Modelleme (Casual Modeling), Teyit Edici Faktör Analizleri (Confirmatory Factor Analysis), 2. Derece Faktör Analizleri (Second Order Factor Analysis), Regresyon modelleri (Regression Models), Kovaryans Yapı Modelleri (Covariance Structure Models) ve Korelasyon Yapı Modelleri (Correlations Structure Models) (Yang, 2008).

2.2.1. YEM kullanım alanları

YEM Örtük (Latent) değişkenler arasındaki ilişkilerin araştırılması için çok uzun süredir (Sewall Wright tarafından 1916) kullanılmaktadır. Kullanımındaki yavaş fakat düzenli artışa karşın; Bagozzi' nin 1980 yılındaki monografisinden sonra pazarlama ve tüketici davranışları araştırmacıları gibi çok daha geniş bir kitlenin ilgisini çekmiştir (Shah, 2006).

YEM orijinalinde sosyologlar ve psikologlar tarafından geliştirilmiştir. YEM' in bir seri birbiri ile ilişkili bağımlılıkları aynı anda kestiren bir metod olması diğer birçok alanda kullanılması için ilgi çekmesine neden olmuştur (Yang, 2008).

Birçok deneysel çalışma göstermiştir ki, YEM Ana İlişkili (Correlative) Faktörler arasındaki ilişkiyi tanımlamada tercih edilen bir araçtır (Yang, 2008).

YEM birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Üretimde; üretim uygulamaları, teslim zamanı ve üretkenliğin yapısal ilişkilerinin incelenmesinde (Rho, 1998), zaman bazlı üretimin müşteriye özel üretim ve müşteriye değer katmaya etkisi (Tu, 2001), Pazarlamada; müşteri memnuniyet indeksinin geliştirilmesinde (Türkyılmaz, 2007), müşteri memnuniyetinin değerlendirilmesinde (Xiuqin, 2009), marka değeri ölçümünde (Taşkın, 2010), Tedarik Zinciri Yönetiminde; tedarik zinciri yönetiminin üreticilerinin kişiye özel üretim gerçekleştirmesinde alt yapı sağladığının ortaya konması (Liu, 2011), e-tedarik zinciri yeterliliğinin rekabet avantajına ve organizasyonel performansa etkisi (Chen, 2006), tedarikçi geliştirmenin satın alma performansına etkisi (Usta, 2009), Eğitimde; öğrenci başarısının modellenmesinde (Toral, 2009), İnşaat Sektöründe; Kömür madeni inşa projesinde risk analizi gerçekleştirmede (Zhongwen, 2010), Kalitede; kurum kalite kültürünün ölçülmesi (Zadeh, 2009), TKY çalışmalarının çalışan performansı üzerine etkisi (Aydın, 2010), Bankacılıkta; bireylerin internet bankacılığını benimsemesini etkileyen faktörlerin incelenmesi (Usta, 2010), Muhasebe ve Denetim alanında; hileli finansal raporlamada denetçi sorumluluğunun belirlenmesi (Usta, 2011), Bilgi Teknolojilerinde; kurumsal kaynak planlaması (ERP) uygulamalarında kritik kontrol (başarı) faktörlerinin etkisinin araştırılması (Usta, 2010), Finansta; sermaye yapısı seçimi belirleyicilerinin, Sağlık Sektöründe; yaşam kalitesinde depresyon ve hastalık ciddiyetinin etkisi (Faller, 2009), Karar ağacı modellerinde SEM kullanımı (Oztekin, 2011), Operasyon yönetiminde (Shah, 2006).

YEM birçok araştırmacı tarafından kullanılmasına karşın; mühendislik alanında özellikle üretimde ve iyileştirme projelerinde kullanımı yok denecek kadar azdır. Sınırlı literatür taramasında Altı Sigma analiz fazında t-testi, ANOVA, korelasyon, regresyon gibi analiz teknikleri yoğun olarak kullanılırken; YEM' in kullanımına rastlanmamıştır. Bu çalışmanın amacı YEM' in mühendislik iyileştirme projelerinde bir kök neden analizi olarak kullanılabileceğini ve oldukça pratik sonuçlar doğurduğunu göstermektir.

2.2.2. YEM' in matematik gösterimi

YEM ölçülebilen (gözlemlenebilen) değişkenler (Measured Variables - MVs) ve ölçülemeyen değişkenler (Latent Variables - LVs) arasındaki ilişkilerin örüntüsünün hipotezidir (Shah, 2006).

YEM' in doğrulayıcı faktör alt modeli ve nedensel alt modeli vardır. Faktör alt modeli ölçüm modeli olarak adlandırılır. Ölçüm modeli örtük değişkenlere indikatörlerin etkilerini belirtir. Nedensel alt model, yapısal eşitlik modeli olarak adlandırılır. Örtük değişkenler arasındaki nedensel etkileri belirtir. Genelde nedensel modeldeki içsel ve dışsal değişkenler örtük değişkenlerdir (3. Denklem). Bu durumda dışsal değişkenler için ayrı (1.Denklem), içsel değişkenler için ayrı (2.Denklem) ölçüm modeli olmalıdır (Xin, 2011).

Aşağıda verilen 3 denklem YEM' in temelini oluşturur;

1. Denklem; Dışsal (Exogeneous) Latent (Örtük) Değişkenlerin "Ksi" (ξ) göstergeleri (x) üzerindeki direk etkilerini gösterir.

Dışsal Örtük Değişkenler, başka değişkenler tarafından yordanmazlar. Tam tersine kendi gözlenen değişkenlerini yordar.

Dışsal örtük değişkenleri gözlenen değişkenlerine ya da göstergelerine bağlayan yollar "Lambda-x" (Λ_x) olarak ifade edilir. Her örtük değişkenin ilk gözlenen değişkeniyle ilişkisi 1 değerine sabitlenmiştir. Yani bu ilişkiye bir sınırlama "Constraint" getirilmiştir.

Dışsal örtük değişkenlerin gözlenen değişkenlerine ilişkin hata miktarları "Theta delta" (δ) değerleridir.

$$x = \Lambda_x \xi + \delta \quad (2.1)$$

2. Denklem; içsel (Endogeneous) latent (örtük) değişkenlerin "eta" (η) göstergeleri (y) üzerindeki direk etkilerini gösterir.

$$y = \Lambda_y + \varepsilon \quad (2.2)$$

Bu nedenle; 1. ve 2. denklem Gözlemlenen (Manifest) Değişkenleri, Gözlemlenemeyen (Latent) Değişkenlere analitik faktör modeliyle bağlar, ve modelin "ölçüm" bölümünü meydana getirir.

3. Denklem; İçsel (Bağımlı - Endogenous) gözlemlenemeyen (Örtük - Latent) değişkenleri "eta" (η) ; Dışsal (Bağımsız - Exogenous) Gözlemlenemeyen (Örtük - Latent) Değişkenlerin (ξ) ve İçsel (Bağımlı - Endogenous) gözlemlenemeyen (Örtük - Latent) değişkenler artı hata terimlerinin "zeta" (ζ) linear fonksiyonu olarak ifade eder.

(ζ) içsel örtük değişkenlerle açıklanamayan varyans

$$\eta = \mathbf{B} \eta + \mathbf{\Gamma} \xi + \zeta \quad (2.3)$$

Bu nedenle; 3. denklem, örtük değişkenlerin arasındaki ilişkileri, Yapısal Eşitlik Modeli ile ifade eder. Bu nedenle, modelin "yapı" bölümünü meydana getirir.

Özetlersek;

$$x = \Lambda_x \xi + \delta \quad (2.4)$$

$$y = \Lambda_y + \varepsilon \quad (2.5)$$

$$\eta = \mathbf{B} \eta + \mathbf{\Gamma} \xi + \zeta \quad (2.6)$$

x = Dışsal örtük değişkenin ölçüm değerleri

Λ_x = Dışsal örtük değişkenlerin, ölçülebilen değişkenler üzerindeki etkisi (matris)
 "Lambda-x" Dışsal örtük değişkenleri gözlenen değişkenlerine bağlayan regresyon matrisi olarak ifade edilirler.

δ = Dışsal örtük değişkenlerin ölçüm hatası "delta"

y = İçsel örtük değişkenin ölçüm değerleri

Λ_y = İçsel örtük değişkenlerin, ölçülebilen değişkenler üzerindeki etkisi (matris)
 "Lambda-y"

ε = İçsel örtük değişkenlerin ölçüm hatası "epsilon"

ξ = Örtük dışsal kurgular "ksi"

η = Örtük içsel kurgular "eta"

Γ = Dışsal kurguların içsel kurgulara etkisi (matris) "gama"

B = İçsel kurguların diğer içsel kurgulara etkisi (matris) "beta"

ζ = Denklemlerdeki hata terimleri (residuals) "zeta"

Ayrıca aşağıdaki kovaryans matrislerinin de tanımlanması gerekir;

- $\phi = E(\xi \xi')$ Dışsal örtük değişkenler için kovaryans matrisi "Phi"
 - o Dışsal örtük değişkenler arasındaki ilişki değerleri
- $\Theta_\delta = E(\delta \delta')$ Dışsal ölçülebilen değişkenlerin ölçüm hatalarının matrisi "theta-delta" (Θ_δ) Dışsal örtük değişkene ilişkin hatalar arasındaki varyan-kovaryans matrisi

- $\Theta_\varepsilon = E(\varepsilon\varepsilon')$ İçsel ölçülebilen değişkenlerin ölçüm hatalarının matrisi "theta-epsilon"
- $\Psi = E(\zeta \zeta')$ Dışsal örtük değişkenlerin denklemlerindeki, hataların matrisi "psi"

Matematiksel gösterim verildiğine göre; buradan gözlemlenen değişkenlerin kovaryans matrislerinin 8 parametrenin fonksiyonu olduğu görülür; $\Lambda_x, \Lambda_y, \Gamma, B, \phi, \Theta_\delta, \Theta_\varepsilon$ and Ψ .

Bu nedenle hipotez modelin;

Sabit veya bağımsız (boş) parametrelili 8 parametre matrisinin ve bağımlı değişkenler için örnek kovaryans matrisinin verilmesiyle herhangi biri modelin bağımsız (boş) parametreleri için modeli çözebilir.

Modeli veriye uygun hale getirmede (fitting) en sık kullanılan yaklaşım, parametrelerin "en çok benzerlik (max. likelihood) " kestirimlerinin kullanılması ve sıfır hipotezi χ^2 -testi benzerlik oranının modelin ana kütleyle kapsadığıyla ilişkilendirilmesidir (Shah, 2006).

2.2.3. YEM' de kullanılan veri

YEM analizlerinde ham data değil ham datadan üretilmiş olan korelasyon ya da kovaryans matrisleri kullanılarak analizler gerçekleştirilir. Bu nedenle bunlardan hangisinin ne tür durumlarda kullanıldığını bilmek oldukça önem kazanmaktadır. Ancak ham datanın da belli özelliklere sahip olması gerekir, datanın normal bir dağılıma sahip olması gerekir. Gözlenen değişken sayısının 10 katı civarında denek sayısı datanın normal dağıldığı ve değişkenler arası ilişkilerin göreceli olarak yüksek olduğu modellerde yeterli kabul edilir (Şimşek, 2007).

2.2.4. Model

YEM, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerinin geçerliliğini test etmektedir. Bir modelin oluşturulması süreci, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerini tanımlayan bir modelin ortaya konulmasını ifade etmektedir. Jöroskog yapısal eşitlik analizinde değişkenler arasındaki ilişkilerin özelleştirilmesi sürecini sistematikleştirmek amacıyla, modelin oluşturulması aşamasında araştırmacılar tarafından benimsenebilecek üç farklı strateji önermektedir (Meydan, 2011).

- Doğrulayıcı modelleme stratejisi: Bu tür modelleme çalışmalarında araştırmacının temel hedefi, çok net olarak belirlenmiş bir modelin data tarafından doğrulanıp doğrulanmadığını test etmektir (Şimşek, 2007).
- Alternatif Modeller Stratejisi: Bu tür çalışmalarda temel amaç, bir dizi değişken ele alındığında, söz konusu değişkenler arasındaki ilişkileri açıklamada alternatif modeller arasından en çok hangisinin data tarafından desteklendiğini belirlemektir (Şimşek, 2007).
- Model Geliştirme Stratejisi: Adından da anlaşılacağı üzere, bu tür çalışmaların temel amacı, bir dizi değişken arasındaki ilişkileri en iyi açıkladığı varsayılan bir modelin test edilmesi ve analiz sonuçlarına dayanarak, modelin geliştirilmesi yönünde iyileştirmeler yapılmasıdır (Şimşek, 2007).

Bu tezde doğrulayıcı modelleme stratejisi benimsenmiştir.

Latent (Örtük) Değişkenler (veya faktörler) gözlenemeyen veya direk olarak ölçülemeyen değişkenlerdir. Teorik ve pratik ilgilerin bulunduğu yapıları içerirler. Exogenous (Dışsal) Değişkenler diğer hiçbir değişkene bağımlı olmayan değişken/değişkenlerdir. Endogenous (İçsel) Değişkenler bir yada daha fazla değişkene bağımlı olan değişken/değişkenlerdir. Korelasyon iki değişken arasındaki ilişkinin ölçüsüdür. Basit Regresyon; korelasyonun genişletilmişidir, tahmin edici değişken doğrultusunda kriter ölçütleri ile tahminleme yapmada kullanılır. Çoklu Regresyon; çeşitli tahmin edici değişkenler eklenmesi ile oluşan, Basit Regresyonun genişletilmiş biçimidir. Faktör Analizi; Gözlenen Değişkenlerin ve Latent Değişkenlerin kümeleri arasındaki ilişkileri inceler. Path Analizi; çeşitli bağımlı

değişkenlerin açıklanması veya tahmin edilmesi için uygulanan Çoklu Regresyonun genişletilmiş biçimidir. YEM; örtük değişkenlerin kullanımı ile Yol Analizinin genişletilmiş biçimidir. YEM modelleri 5 geometrik sembol ile ifade edilirler (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. YEM sembolleri

Şekil 3.2' de daire ile ifade edilen öge hata (error) veya artık (residual) olarak adlandırılırlar. Açıklanamayan varyansı ya da hatayı (error) ifade eden ögedir. Bu öge, her bir gözlenen değişkende, söz konusu ölçme modeli ile açıklanamayan bir özelliğin var olduğunun göstergesidir. YEM çalışmalarının en önemli avantajlarından birisi ölçmeye çalışılan yapılardaki hatanın elimine edilmesine olanak tanımasıdır. Hatadan gözlenen değişkene doğru giden tek yönlü oklar; her gözlenen değişkende açıklanamayan bir şeyler var ise, bunun da söz konusu değişkenle bağlantılı olması beklenmektedir(Şimşek,2007).

Örtük değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren eğik ve iki yönlü oklar; tek yönlü okların tersine, değişkenler arasında bir neden-sonuç ilişkisini ya da daha genel anlamda bir yordama ilişkisini göstermez. Bu, klasik anlamda korelasyon veya kovaryans (birlikte değişim) değeriyle eşdeğerdir, yani ilişkinin yönü belli değildir (Şimşek, 2007).

Modellerin şematik gösterimi yol diyagramı olarak adlandırılır çünkü modeller, üzerinde çalışılan konunun görsel olarak imgenesidir. Sonuç olarak YEM, aslında

bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki matematiksel ilişkilerin grafiksel olarak gösterimidir (Meydan, 2011).

Klasik faktör analizi çalışmalarının temelinde, ortaya çıkan faktörlerin gözlenemeyen ancak teorik dünyada var olduğu düşünülen gizil yapılar oldukları varsayımı vardır. YEM' deki faktör analizi çalışmalarının klasik faktör analizlerinden temelde ayrıldığı nokta, hangi maddenin hangi faktörün (örtük değişken) ögesi olacağının araştırmacı tarafından önceden belirlemiş olmasıdır ki model bunun bir yansımasıdır ve her bir maddenin ancak bu tanımlamaya göre ilgili faktördeki faktör yükü hesaplanır. Oysaki açıklayıcı faktör analizinde her bir maddenin tüm faktörlerdeki faktör yükleri kullanılan istatistik programları (örneğin SPSS) tarafından otomatik olarak hesaplanır. Her bir ok aslında regresyon katsayılarına denk gelecek olan bir hipotez anlamına gelmektedir. Bunların her biri bir yol (path) olarak dikkate alınır ve analiz sonuçlarına göre, her bir yol katsayısının anlamlı olup olmadığı, yani her bir örtük değişkenin kendi gözlenen değişkenlerini anlamlı bir şekilde yordayıp (predict - tahmin ve öngöründe bulunmak) yordamadığına bakılır. Aslında bu öge, klasik faktör analizindeki faktör yüklerine denk düşmektedir. Yani bir anlamda bu oklar, her bir maddenin kendi örtük değişkeninin ne kadar iyi bir temsilcisi olduğuna ilişkin bilgi verir. Burada örtük değişken olarak tanımlanan ve gözlemlenemeyen bir değişkenin nasıl olup da gözlenen değişkenleri yordadığı garip gelebilir. Teorik yapıların gözlenen değişkenleri yordadığı varsayılmaktadır. Bir başka deyişle, ampirik (olgusal) düzeye çıkmadan önce teorik düzeydeki yapının varlığını ön koşul olarak kabul etmek durumundayız (Şimşek, 2007).

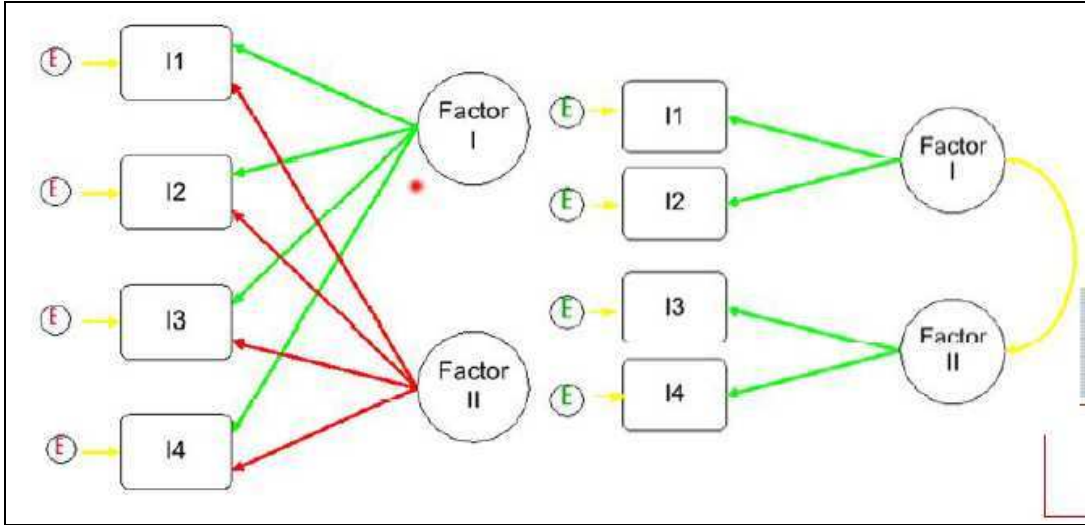
Yapısal eşitlik modellemesi, bir dizi farklı analiz yönteminden oluşur. Temel olarak aynı analiz mantığına dayalı olarak gerçekleşen bu yöntemler aracılığıyla birbirinden çok farklı problemlere yanıt aranabilir veya değişik hipotezler test edilebilir (Şimşek, 2007). Uygulamada birçok YEM modeline rastlanır. Ancak tüm bu modeller dört temel grup altında toplanabilir: gözlenen değişkenlerle yol analizi modelleri, doğrulayıcı faktör analizi modelleri, yapısal regresyon modelleri ve örtük değişkenlerle yol modelleri (Meydan, 2011). Bu çalışmada doğrulayıcı faktör analizleri kullanılmıştır.

2.2.5. Ölçme modelleri ve doğrulayıcı faktör analizi

Faktör analizi, birbiriyle ilişkili ölçülebilen veya gözlenebilen değişkenleri bir araya getirerek, az sayıda ilişkisiz ve kavramsal olarak yeni değişkenler bulmayı, keşfetmeyi ya da bulunmuş olan modelleri test etmeyi amaçlayan çok değişkenli bir istatistiktir. Keşfedici ve doğrulayıcı olmak üzere iki tür faktör analizi vardır. Keşfedici faktör analizinde, değişkenler arasındaki ilişkilerden hareketle faktör bulmaya yönelik bir işlem; Doğrulayıcı Faktör Analizinde (DFA) (Confirmatory Factor analysis-CFA) ise değişkenler arasındaki ilişkiye dair daha önce saptanan bir modelin ya da hipotezin test edilmesi söz konusudur. Keşfedici faktör analizi daha çok, yeni oluşturulan ölçeklerin yapı geçerliliğini test etmede kullanılan bir yöntem olup, ölçekteki gözlenen değişkenlerden hareketle, gözlenemeyen daha az faktöre ulaşmayı amaçlamaktadır. DFA ise daha önce keşfedilmiş ve daha az faktör altında birleştirilmiş ölçeklerin, araştırmanın yapıldığı örnekleme de benzer olup olmadığını test etmek üzere yapılmaktadır (Meydan, 2011).

DFA' de, sadece belli nesnelere her bir faktörün göstergesi olarak planlanır. Eğri çizgi, faktörler arasında ilişki olabileceğini ifade eder. Hatalar, daire içerisinde gösterilmiştir. Doğrulayıcı Faktör Analizinde örtük değişkenden gözlenebilen değişkene çizilen ok, örtük değişkenin gözlenebilen değişkeni yordadığını gösterir. Hiçbir zaman bir örtük bir gözlenebileni tamamen yordayamayacağından her zaman bir hata teriminin oluşması beklenir. Buna aynı zamanda örtük tarafından açıklanamayan varyans da denilmektedir.

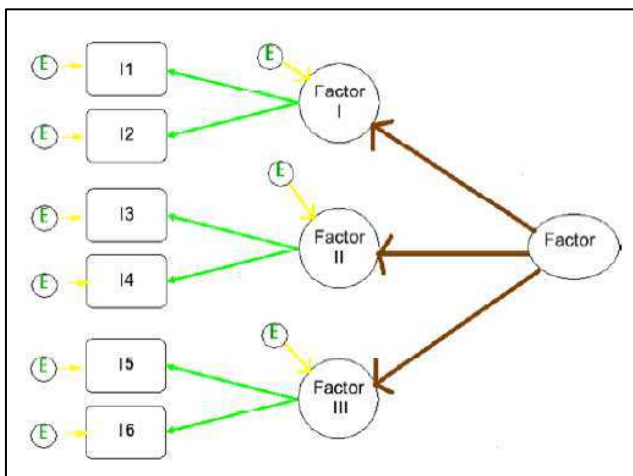
DFA geleneksel yöntemle yapılan faktör analizlerinden farklı olarak, daha önceden araştırmacı tarafından belirlenmiş bir faktör yapısının doğrulanmasını test etmek amacıyla kullanılır. Elde edilen faktörlerden belirli olanlar test edilir. Bütün nesnelere bütün faktörler ile ilişkilendirilmez. Aşağıda faktörler arası ilişkilere örnek verilmiştir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Farklı DFA Model Örnekleri

Doğrulayıcı faktör analizinin, genel olarak literatüre bakıldığında, daha çok klasik faktör analizi çalışmalarından sonra uygulanan bir yöntem olduğunu görülmektedir.

Doğrulayıcı Faktör Analizi; Birinci düzey doğrulayıcı faktör analizi (first order CFA) (elde edilen örtük - latent - değişkenler vasıtasıyla yeni latent değişkenler oluşturulmamaktadır) İkinci düzey doğrulayıcı faktör analizi (higher / second order CFA) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. İkinci düzey DFA uygulamalarının birinci düzey DFA uygulamalarından ayrıldığı en temel nokta modelde yer alan örtük değişkenler vasıtasıyla yeni örtük değişkenlerin elde edilmesidir (Şekil 2.8).

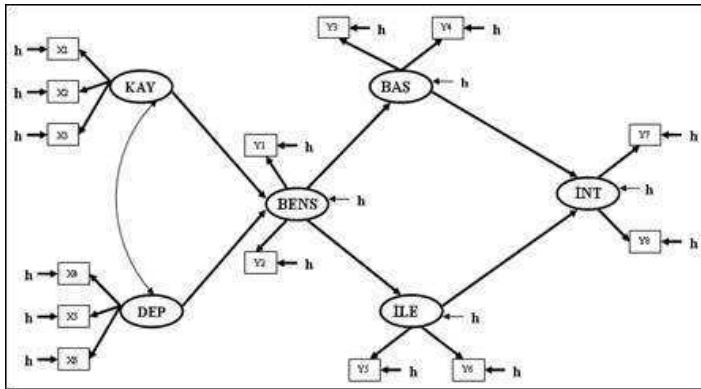


Şekil 2.8. İkinci Düzey Doğrulayıcı Faktör Analizi

İkinci Düzey Doğrulayıcı Faktör Analizi modellerinde gözlenen değişkenlerden yine gözlenen değişkenlere tek yönlü doğrusal ilişkilerin de tanımlandığını görülür. Bu tür analizlerin sonucunda tüm gözlenen değişkenlerde açıklanamayan varyansın yanı sıra, birinci düzey örtük değişkenlerde de ikinci düzey örtük değişken(ler) tarafından açıklanamayan varyansı belirlenebilir. Tersinden söylersek, birinci düzey örtük değişkenlerde açıklanan varyansı belirlemek bu tür analizlerde mümkündür (Şimşek, 2007).

2.2.6. Örtük değişkenlerle yol analizi

Yapısal eşitlik modeli çalışmalarında, araştırmacının elinde yine teorik bir model vardır, ancak bu kez modelin temel işlevi bir dizi teorik yapı (Örtük Değişken) arasındaki neden sonuç ilişkilerinin açıklığa kavuşturulmasıdır. Teorik yapılar arasındaki ilişkilerin konu edildiği olası bir model örneği Şekil 2.9 ' da görülebilir (Şimşek, 2007).

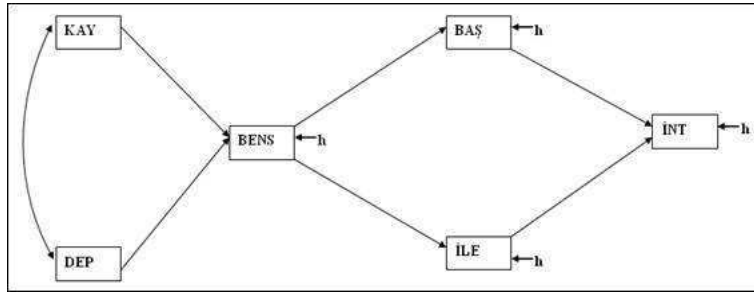


Şekil 2.9. Bir yapısal eşitlik modeli örneği (Şimşek, 2007).

Örtük Değişkenlerin kullanılması, söz konusu değişkenlerdeki hatanın belirlenmesine olanak tanıdığı için YEM çalışmalarında tahmin edilen parametre değerleri çok daha güvenilir bir şekilde hesaplanabilmektedir. Bu nedenle, aynı data üzerinden klasik analiz yöntemleriyle hesaplanan ilişki katsayıları ile YEM' de hesaplanmış ilişki katsayıları genelde birbirinden çok farklı olmakta ve YEM' de hesaplanan ilişki katsayılarına 'gerçek' ilişki katsayısı da denmektedir. Genelde YEM çalışmalarında belirlenen ilişki katsayıları standart yollarla hesaplanandan daha yüksek çıkarlar (Şimşek, 2007).

2.2.7. Gözlenen değişkenlerle yol analizi

Gözlenen Değişkenlerle Yol Analizi, Örtük Değişkenlerle Yol Analizinden daha basit ve daha az avantaj sağlayan bir analiz yöntemidir. Bu tür analizlerde örtük değişkenler tanımlanmadığı için, dolayısıyla ölçme modelleri olmadığı için, değişkenlerdeki hata miktarı yordanamaz ve modelden elimine edilemez. Yukarıda (Bkz. Şekil 3.4) vermiş olduğumuz örnek modelin gözlenen değişkenler kullanılarak da test edilmesi teorik olarak mümkündür (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Gözlenen değişkenlerle yol analizi (Şimşek, 2007).

Buradaki model (Şekil 2.10), klasik regresyon analizi kullanılarak da test edilebilir; ancak bunun için üç ayrı regresyon analizine gerek duyulur. Bu analizleri bir yapısal eşitlik programında yapmanın avantajı bir defada tüm bu regresyon eşitliklerini aynı anda analize sokmamıza olanak tanınması ve görmek istediğimiz tüm değerleri (regresyon eşitliklerini ve her bir değişkende açıklanan varyansı) otomatik olarak üretebilmesidir (Şimşek, 2007).

2.2.8. YEM' in avantajları

YEM çok değişkenli istatistiksel teknikler ailesidir. Kullanıcıya fayda sağlamanın nedeni; yol modelleriyle gösterilen hipotezleri test etmesi, örtük (ölçülemeyen/gözlemlenemeyen) değişkenleri (latent variables) ölçmesi ve ölçüm hatalarını azaltmasıdır (Du, 2009).

YEM özünde regresyon modelindeki değişkenler arasında yönü belirli yapısal ilişki ile açıklayıcı faktör analizini birleştiren kapsamlı bir analiz yöntemidir. Açıklayıcı Faktör Analizi gizli değişkenli yapıların en çok bilinen ve yaygın uygulama alanına

sahip bir yöntemdir. Bilindiği gibi bu yöntem "Bir grup değişken arasında ilişkilere dayanarak verilerin daha anlamlı ve özet bir biçimde sunulmasını sağlayan çok değişkenli bir analiz türüdür". Doğrulayıcı Faktör Analizinin avantajı, Açıklayıcı Faktör Analizinin tersine DFA faktör ağırlıkları ve bunlara ilişkin parametrelerin yanı sıra, faktörlerin ve sınanan modelin genel kalitesine ilişkin bilgileri vermesidir. Bir diğer avantaj ise; Geleneksel yöntemler karmaşık ilişki örüntüsüne sahip olan ve özellikle çok sayıda aracı ve biçimlendirici değişken içeren modelleri sınamada yetersiz kalmakta ve bir model çok sayıda istatistiksel aşama ve eşitlikle sınanabilmektedir. YEM ve DFA' da ise bu tür karmaşık modeller genellikle tek bir işlemle yapılabilen ve model, parametrelerinin her birine ilişkin anlamlılık ve karşılaştırma istatistikleri bu analizden elde edilebilmektedir (Sütütemiz, 2005).

Hiç bir istatistiksel araç kavramları mükemmel olarak ölçemez, hepsi ölçüm hatası içerir. YEM' i kullanmanın bir başka faydası da ölçüm hatalarını yol modellerinde raporlamasıdır. Bu sayede araştırmacı fikirlerin (constructs), ölçüm hataları nedeniyle modellerinin geçerliliğini riske atmadan, ne kadar doğru olarak değerlendirildiğini kestirebilir. Başka deyişle, YEM ölçüm hatalarını düzeltir (Du, 2009).

YEM' in çok önemli bir avantajı da örtük değişkenlerin, faktör analizindeki ölçüm hatalarından bağımsız ortak faktörlere karşılık gelmesidir, bunun anlamı çok sayıda gözlenen değişken tarafından ölçülen örtük değişkenin hata varyansının "0" olmasıdır. Böylece örtük değişkenler arasındaki etkilerin hesaplanmasında ölçüm hataları en aza indirilmiş olmaktadır (Sütütemiz, 2005).

Ölçüm hatalarından arınmış örtük değişkenlerin ise ana kütle parametrelerine yakın değerler vermesi beklenmektedir. Ayrıca YEM ve DFA örtük değişkenler arasındaki ilişkileri tanımlayan model ile gözlenen verinin ne oranda uyduğuna ilişkin ayrıntılı istatistikler sunar. Geleneksel testlerin aksine bir tek anlamlılık değeri vermeyi verinin uygunluğuna göre ve ölçülen parametrelere ilişkin çok sayıda istatistiksel ölçüt kullanılarak bulgular değerlendirilir (Sütütemiz, 2005).

Araştırmacıların YEM' i tercih etmelerinin bir başka nedeni de, çoklu ve birbiri ile ilişkili bağımlılıkları kestirmesidir. YEM yaklaşımları, gözlemlenemeyenler için hipotezlerin direk test edilmesine olanak sağlar. Fakat, kompleks ve hipotezlerin yorumlanması karmaşıktır. SEM diğer istatistiksel yöntemlerden çok daha esnektir; çünkü araştırmacının yapısal seviyede odaklanmasına olanak sağlar. YEM' de değişkenlerin dolaylı etkileri de test edilebilir. Bu tür değişkenler aracı (Mediator) görevi üstlenirler, asıl ilgi alanındaki değişkenler arasındaki ilişkileri sağlarlar. YEM "Nedensellik Analizi" olarak da adlandırılır; çünkü neden ilişkilerini test eder (Vinodh, 2011).

2.2.9. YEM uygulama süreci

Genel olarak YEM (Yapısal Eşitlik Modellemesi), değişkenler arasında ilişkilerin olduğunu düşündüğümüz bir modeli test etmek istediğimizde kullanılır. Genelde hangi değişkenlerin diğer değişkenin açıklanmasında/öngörüsünde önemli olduğunu (veya birden fazla bağımlı değişken olduğunda diğer değişkenlerin açıklanmasında/öngörüsünde önemli olduğunu) keşfetmek isteriz. Başka bir ifade ile YEM' de araştırmacının veri toplamaya başlamadan önce kafasında mutlaka bir teorik çerçeve oluşturmuş olması gerekmektedir. Araştırmacı değişkenler arasındaki ilişkileri oluşturmadan önce, değişkenler arasındaki ilişki örüntülerini iyi bir şekilde belirlemelidir. YEM' in temel amacı, analiz öncesinde belirlenen ilişki örüntülerinin veriler tarafından doğrulanıp doğrulanmadığıdır (Şimşek, 2007).

YEM' in uygulama süreci, çoğunlukla Bollen ve Long tarafından ifade edildiği üzere beş aşamalı bir süreçtir (Sütütemiz, 2005).

- 1- Model Tanımlama
- 2-Belirleme
- 3-Tahmin
- 4-Modelin eldeki veriyle uyumunu sınama
- 5-Yeniden Tanımlama

Araştırmacı modeli uygulamada bir sistematik oluşturmak zorundadır. Bir yapısal eşitlik modelinin oluşturulmasında ilk ve en önemli adım teoridir. Modelin temelini teori oluşturur. Bu anlamda teori, modelin çıkış noktasıdır ve dolayısıyla bir modelin kurulabilmesi için ilgili konudaki teorinin ayrıntılı olarak incelenmesi gereklidir. Teorinin incelenmesinden sonraki aşama, teoriyi birebir yansıtacak şekilde yol şemasının kurulmasıdır. Modelin test edileceği örneklem belirlendikten sonra model test edilir. Model test edilirken temel olarak yapılan DFA, yol analizi, yapısal regresyon analizi ya da değişim modeli analizidir. Ortaya çıkan uyum iyiliği indekslerinin değerlendirilmesinden sonra ya bulgular tartışılarak model kabul veya reddedilir ya da model üzerinde düzeltme yapılarak model testi tekrar edilir. Modelin son aşaması elde edilen bulguların yorumlanarak tartışılmasıdır (Meydan, 2011).

Modelin tahmini, uyum değerlendirmesi ve yeniden tanımlanmasında kullanılan istatistiksel testler aşağıda özetlenmiştir.

YEM' in ilk adımı, teoriden hareketle modelin tanımlanmasıdır. Modelleme süreci YEM' in temeli olan değişkenler arası karmaşık ilişkilerin tanımlanması adımının çıkış noktası olarak kabul edilmektedir. Belki de YEM' in en zor adımı bu süreçtir. Çünkü modelin tanımlanmasının temelinde konu ile ilgili teori yatmaktadır ve model oluşturulmadan önce teorinin ayrıntılı olarak incelenmesini gerektirmektedir.

YEM 'de modelin tanımlanıp çizilmesinden sonraki adım eldeki veriler üzerinden parametrelerin hesaplanmasıdır. Parametreler hesaplanırken, modelle veri arasında bir hata oluşur (artık) bu nedenle YEM' lerde; veri = model + hata eşitliği kullanılır. Bu eşitlikte veri, kitleden çekilmiş olan deneklerden alınan gözlenen değişkenlerin ölçüm değerleri ile; model, gözlenen değişkenlerin örtük değişkenler ile bağlı olduğu yapıdır. Örtük değişkenler bir diğer örtük değişken ya da değişkenlere bağlanabilir ve bu bağlantılar çift yönlü korelasyon ilişkisi de olabilir. ayrıca her bir gözlenen değişkene bir hata terimi ve üzerinde etki tanımlanan her bir örtük değişkene de artık hatası terimi eklenir (Meydan, 2011). Bu çalışmada modelin testinde DFA kullanılmıştır.

YEM parametreleri, regresyon katsayıları ve bağımsız değişkenlerin varyans ve kovaryanslarıdır. Bu parametreler, modelin yorumlanması için temel teşkil eder; ancak bunlar bilinmemekte ve veriden tahmin edilmesi gerekmektedir (Sütütemiz, 2005).

Bir modelin yeterliliğinin istatistiksel testi veya uyum iyiliği test istatistiği, tahminle eş anlamlı olarak elde edilir. Uyum iyiliği test istatistiği, tahmin edilen modele dayanan kovaryans matrisi ile örneklemeden elde edilen ana kütle kovaryans matrisi arasındaki benzerliği gösterir (Sütütemiz, 2005).

Gerçekte verilerin hemen hemen hiç normal dağılım göstermemesi nedeniyle, gözlenen değişkenlerin çok değişkenli dağılıma uymadığı durumda yeterli bir tahmin ve test yönteminin seçilmesi önemlidir (Sütütemiz, 2005).

Tahmin ve test yöntemleri çok değişik türde olmasına rağmen, en yaygın kullanılan tahmin yöntemleri, normal dağılım varyansının altında türetilen Max. Olabilirlik "ML" (Max. Likelihood), Genelleştirilmiş En Küçük Kareler (Generalized Least Squares) ve Asimptotik Serbest Dağılım metodudur (Sütütemiz, 2005).

Bu metodların her biri serbest parametreler için tahminler, standart hata tahminleri χ^2 test istatistiği başta olmak üzere çeşitli uyum istatistikleri sağlamaktadır (Sütütemiz, 2005).

YEM' de en yaygın kullanılmakta olan ML tahmin yöntemidir, ML yöntemi çok değişkenli normallik varsayımı altında geliştirildiği için yetersiz olabilir ancak, genellikle pratikte bu durum ihlal edilmektedir (Sütütemiz, 2005).

ML tahminleri, normallik varsayımının ihlaline karşı tamamen güçlü (robust) bulunmaktadır. Bu nedenle elde edilen tahminler, veriler normal dağılmadığı halde tahmin edici tahminlerdir (Sütütemiz, 2005).

YEM testleri sınanmaya çalışılan modelin, o model için toplanmış olan veriler için ne derece uygun olduğuna dair değerlendirme ölçütleri, başka bir deyişle uyum

indeksleri sunar. Bir modelin veri ile uyum ya da uyumsuzluğu test sonucu ortaya konulan çeşitli uyum indeksleri değerlendirilerek yapılır. YEM' de kullanılan paket programlar bazı benzer uyum iyiliği indeksleri hesaplasalar da birçok farklı indeksi hesaplamaktadırlar (Meydan, 2011). Sonraki bölümlerde sıkça kullanılan bazı uyum indeksleri özetlenmiştir. Tablo 2.4' de AMOS programınca kullanılan tüm uyum indeksleri açıklanmıştır.

Tablo 2.4. Model Uyum İndeksleri (Meydan, 2011)

	Ölçüm Uyum İstatistiği	İngilizce Açıklama	Türkçe Açıklama	İyi Uyum	Kabul Edilebilir Uyum
Genel Model Uyumu	χ^2 uyum testi	Chi-Square	Ki-Kare	Anlamli olmaması	-
	χ^2 / sd	Chi-Square over degrees of freedom	Ki-Kare bölü serbestlik derecesi	≤ 3	$\leq 4-5$
Karşılaştırmalı Uyum İndeksleri	NFI	Normed Fit Index	Normlaştırılmış uyum indeksi	$\geq 0,95$	0,94 - 0,90
	NNFI	Non-normed Fit Index	Normlaştırılmamış uyum indeksi	$\geq 0,95$	0,94 - 0,90
	IFI	Incremental Fit Index	Artırmalı Uyum İndeksi	$\geq 0,95$	0,94 - 0,90
	CFI	Comparative Fit Index	Karşılaştırmalı Uyum İndeksi	$\geq 0,97$	$\geq 0,95$
	RMSEA	Root Mean Square Error of Approximation	Yaklaşık Hataların Ortalama Kare Kökü	$\leq 0,05$	0,06 - 0,08
Mutlak Uyum İndeksleri	GFI	Goodness of Fit Index	İyilik Uyum İndeksi	$\geq 0,90$	0,89 - 0,85
	AGFI	Adjustment Goodness of Fit Index	Düzeltilmiş İyilik Uyum İndeksi	$\geq 0,90$	0,89 - 0,85
Koruyucu Uyum İndeksleri	PNFI	Parsimony Normed Fit Index	Sıkı Normlaştırılmış Uyum İndeksi	$\geq 0,95$	-
	PGFI	Parsimony Goodness of Fit Index	Sıkı İyilik Uyum İndeksi	$\geq 0,95$	-
Artık Temelli Uyum İndeksi	RMR	Root Mean Square Residual	Ortalama Hataların Kare kökü	$\leq 0,05$	0,06 - 0,08
Model Karşılaştırma Uyum İndeksleri	AIC	Akaike Information Criterion	Akaike Bilgi Kriteri	Karşılaştırılan modelden daha küçük olan değer	
	CAIC	Consistent Akaike Information Criterion	Tutarlı Akaike Bilgi Kriteri	Karşılaştırılan modelden daha küçük olan değer	
	ECVI	Expected Cross Validation Index	Beklenen Çapraz Doğrulama İndeksi	Karşılaştırılan modelden daha küçük olan değer	

YEM analizinde uyumun testi, örneklem ve Uydurulan (Fitted) Kovaryans Matrisi arasındaki farkın büyüklüğünün değerlendirilmesidir. Gözlenen ve model tarafından üretilen Kovaryans Matrisi arasındaki fark her bir iterasyon sonucu hesaplanır ve bu farklardan oluşan matrise de Artık (Residual) Kovaryans Matrisi denir. Artık Kovaryans Matrisi maksimum düzeyde küçülünceye kadar iterasyon devam eder ve

artık küçülmenin olmadığı durumda çözüme ulaşılır. Eğer iki matris arasındaki fark "0" a eşitse, modelin eldeki veriyle tam uyum içinde olduğu söylenebilir (Sütütemiz, 2005).

Ki-Kare uyum testi (Chi-Square Goodness of Fit - χ^2). χ^2 testi sonucu veri ile model arasındaki uyumun testidir. Geliştirilen model ile gözlem değişkenlerine ait kovaryans matrisinde ortaya çıkan modelin farklı olup olmadığı hipotezini test etmektedir (Meydan, 2005). H_0 hipotezi, Anakütle Kovaryans Matrisinin Modelden Üretilen Kovaryans Matrisine eşit olduğunu varsaymaktadır. Dolayısıyla, iki kovaryans arasındaki farkın "0" olması anlamına gelmektedir. Bu nedenle iyi bir model uyumu için, bu hipotezin reddedilmemesi gerekmektedir (Sütütemiz, 2005). Hesaplanan χ^2 istatistik değeri küçük olduğu sürece uyuşmanın iyi olduğuna karar verilir. Ayrıca bu değer bir farklılık değeri olduğundan χ^2 'nin anlamlı olması, iki modelin birbirinden anlamlı şekilde farklılaştığını ifade eder (Meydan, 2011). Dolayısıyla büyük değerleri elde edilen uyumun ne kadar kötü olduğunu gösterir. Bu nedenle Kötülük Uyumu (Badness of Fit) olarak bilinir (Sütütemiz, 2005).

χ^2 değerinin çok büyük ve istatistiksel olarak anlamlı bulunduğu durumlarda χ^2 'nin serbestlik derecesine oranı; modelin uyumu açısından bir değerlendirme sağladığı ifade edilmektedir (Sütütemiz, 2005). Serbestlik derecesi χ^2 testinde çok önemli bir ölçüttür. Serbestlik derecesinin büyük olduğu durumlarda test anlamlı çıkabilmektedir. Ancak bu durumda testin tek başına anlamlı olup olmamasından ziyade χ^2 'nin serbestlik derecesine uyumu genel modelin uyumunu değerlendirmek için kullanılmaktadır (Meydan, 2011). Bu oranın "5" ten küçük değerleri, modelin eldeki veriye iyi uyduğu şeklinde yorumlanmaktadır. "2" ve "5" arası değer iyi uyumu, "2" den küçük değer ise mükemmel uyumu göstermektedir (Sütütemiz, 2005). Bazı yazarlara göre; oranın "3" ten küçük olması, χ^2 anlamlı dahi olsa modelin genel uyumunun kabul edilebilir olduğu sonucunu vermektedir (Meydan, 2011).

Uyum İyiliği İndeksi (GFI-Goodness of Fit Index), modelin örneklemdaki varyans - kovaryans matrisini ne oranda ölçtüğünü gösteren ve modelin açıkladığı örneklem varyansı olarak kabul edilen bir istatistiktir. Bu anlamda, regresyondaki R^2 değerine eşdeğer olarak yorumlanabilir. GFI değerleri 0 - 1 aralığında değişir. 0,9 ve üzeri

modelin veriye iyi uyum sağladığının bir göstergesidir (Sütütemiz, 2005). 0,85'in üzerindeki değerler ise kabul edilebilir değerler olarak görülmektedir (Meydan, 2011). "1" değeri mükemmel uyumu, "0" değeri ise uyumun olmadığını göstermektedir. GFI, modelin uygunluğunu örneklem büyüklüğüne bağlı olmaksızın değerlendirmektedir. Bu nedenle örneklem büyüklüğüne karşı duyarlıdır ve büyük örneklerde daha küçük GFI değerleri elde edilir (Sütütemiz, 2005).

Özellikle büyük örneklerde serbestlik derecesine bağlı olarak düzeltilebilen başka bir indeks geliştirilmiştir. Bu index düzeltilmiş iyilik uyum indeksi (Adjusted-Goodness-of-Fit index)'tir (Sütütemiz, 2005). Daha fazla parametreyi serbest bırakarak daha az kısıtlanmış bir modelde serbestlik derecesini gösteren rakamda yapılan düzeltmeye dayanır. Örneklem genişliği dikkate alınarak düzeltilmiş GFI değeridir. "0-1" değerleri arasında değer almaktadır. "0,90" ve üzeri iyi uyum olarak kabul edilir (Meydan, 2011).

RMR (Root Mean Square Residual) Ortalama Hataların Kare Kökü modelin önerilen parametreler arasındaki kovaryans matrisiyle, örneklemde gözlenen değişkenler arasındaki kovaryans matrisi arasındaki farka, ya da hatalara dayanan bir mutlak uyum ölçüsüdür. Hataları temel aldığından dolayı, iki kovaryans matris arasındaki farkın "0" olması arzu edilir. Dolayısıyla "0" a yakın değerler modelin eldeki veriye iyi uyumunun ölçüsüdür (Sütütemiz, 2005). "0-1" arasında değişen değerler için, "0"a en yakın değerler modelin uyduğu gösterir. "0,05"e eşit veya küçük olması mükemmel uyum, "0,08"e kadar olan değerlerin de kabul edilebilir olduğunu gösterir (Meydan, 2011).

RMSA (Root Mean Square Error Approximation) Yaklaşık Hataların Ortalama Kare Kökü; RMR gibi değerlendirilir. Ancak RMSA serbestlik derecesini de dikkate almaktadır. Bu nedenle araştırmalarda genellikle bu ölçü kullanılmaktadır. 0,10' dan küçük değerler iyi model uyumunu, 0,05' ten küçük değerler veriye çok iyi uyumu, 0,01 den küçük değerler ise mükemmel uyumu göstermektedir (Sütütemiz, 2005). Küçük örneklem üzerinde çalışılıyorsa, bu indeksin tercih edilmemesi uygun olabilir (Meydan, 2011).

YEM analizlerinde, uyum indekslerine ilave olarak, modelin daha iyi uyum vermesi için bir takım değişikliklerin yapılmasını öneren "modifikasyon indeksleri (MI)" de yer almaktadır (Sütütemiz, 2005). MI, gözlenen ve örtük değişkenler arasındaki kovaryansa bakarak araştırmacıya modele ilişkin modifikasyonlar önerir. Bu modifikasyonlar hata terimleri temelinde oluşturulur ve modelde orijinal olarak öngörülemeyen, ancak ilgili düzenlemenin yapılmasıyla modelde kazanılacak ki-kare miktarını gösterir. Modifikasyonlar, gözlenen veya gizil değişkenler arasında önerilen yeni bağlantıları kapsar (Meydan, 2011).

Modifikasyon indeksleri, gösterge ve gizil değişkenler arasında oluşturulması gerekli yeni bağlantıları, modelden çıkarılması gerekli değişkenleri ve değişkenler arasında eklenmesi uygun görülen hata kovaryanslarına kadar çok sayıda parametreyi içerir. Bu parametreler temel alındığında, modifikasyon sonucunda modelde kazanılacak χ^2 miktarı da bu indekslerde gösterilmektedir (Sütütemiz, 2005).

Modifikasyon indekslerinin kullanımı, YEM amacına bağlı olarak gerçekleştirilmektedir. Bilindiği gibi YEM' in amacı belirli kuramsal bir temeli olan modellerin eldeki veriye uyumunu sınamaktır. Bu nedenle önerilecek modifikasyonların kuramsal bir mantığa dayandırılması ve YEM' in amacının dışına çıkmaması gerekmektedir (Sütütemiz, 2005). Modifikasyon yapılırken dikkatli olmak gerekir; çünkü modifikasyon işleminde yapılanlar, YEM' in temel ilkeleri ile çelişir. Bunun nedeni her birleştirmenin başta tasarlanan modeli bozmasıdır. Dolayısıyla, uyum indekslerini düzeltmek amacıyla modelde yapılan her düzeltmenin mutlaka kuramsal bir gerekçeye dayanması gerekir. Aksi durumda sadece indeksleri düzeltmek için değişkenlerin birbirleriyle ilişkilendirilmesi, aslında hiç olmayacak bir modelin test edilmesi anlamına gelebilecektir. Özellikle MI tarafından önerilen bir düzeltme modelin χ^2 değerinde çok yüksek bir düşüşe neden oluyorsa, bu tür bir düzeltmede dikkatli olmak gerekir (Meydan, 2011).

Modifikasyonların yapılmasından sonra yapılacak işlem, modelin tekrar test edilmesidir. Tekrar test sonucunda uygun uyum indeksleri elde edilirse model kabul edilecektir. Aksi durumda, yapılabiliyorsa tekrar bir düzeltme yapılabilir. Yeni bir

modifikasyon yapılamayana kadar bu işlem tekrar edilir ve sonuçta elde edilen uyum indekslerine göre model kabul ya da reddedilir (Meydan, 2011).

2.2.10. YEM kullanarak analiz gerçekleştiren bilgisayar programları

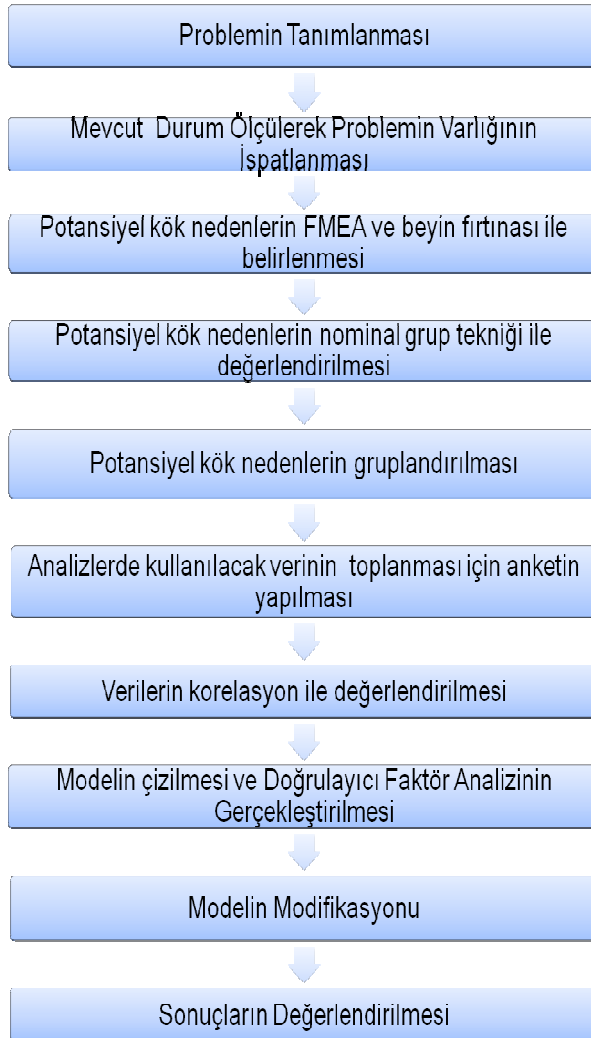
Veriyi YEM kullanarak analiz eden birçok bilgisayar programı mevcuttur; örnek verecek olursak LISREL,SAS, EQS, AMOS, and Mplus. LISREL programı Jöreskog ve Sörbom tarafından 1996 yılında İŖveç' de Uppsala Üniversitesinde yazılmıştır. Lincolnwood, Illinois'deki Scientific Software International tarafından yayınlanmıştır. YEM' de ticari olarak başarılı ilk programdır. AMOS, SPSS yazılım paketinin bir parçasıdır. Mplus bir istatistiksel modelleme programıdır, araştırmacıların sürekli ve kesikli örtük değişkenli verileri analiz etmesini sağlar. Tüm yazılım paketleri benzer fonksiyonları gerçekleştirir, sadece bazılarının ön yüzleri kullanıcı için daha elverişlidir (Du, 2009).

Bu çalışmada kullanılan, İngilizce Analysis of Moment Structures kelimelerinin baş harflerinden oluşan AMOS programı; yapısal eşitlik modellemesinde kullanılan başarılı bir programdır. Kendinden önceki YEM programlarından üstün yanı, programın öğrenilmesinin de kullanılmasının da son derece kolay olması ve standart Microsoft ürünlerini kullanan herhangi bir kişinin programı rahatlıkla kullanabilmesidir. Özellikle kullanıcıya sunduğu ara yüzü ile YEM' i daha da anlaşılır ve kolay uygulanabilir bir hale getirmektedir (Meydan, 2011).

BÖLÜM 3. UYGULAMA

3.1. Uygulama Bölümü Giriş

Bir problemi ortadan kaldıracak veya etkisini beklenen seviyeye düşürecek etkin iyileştirme aksiyonlarının gerçekleştirilebilmesi için; problem çok iyi tanımlanmalı, varlığı ispatlanmalı ve problemin kök nedeni tespit edilmelidir. Şekil 3.1 uygulama bölümünde gerçekleştirilen adımları göstermektedir.



Şekil 3.1. Uygulama Bölümü Yol Haritası

Bu tez çalışmasında problemin tanımlanması, mevcut durumun ortaya konması ve kök nedenlerin tespitinde Altı Sigma metodolojisi referans alınmıştır.

Bölüm 3.2' de müşteri beklentileri ortaya konmuş, problem betimsel istatistiklerle tanımlanmış, iyileştirmelerin öngörüldüğü ürün belirlenmiş, ürün ve fabrika tanıtılmıştır.

Bölüm 3.3' te problemin gerçekten var olduğunun ispatı için yeterlilik çalışmaları gerçekleştirilmiş ve iyileştirme aksiyonlarına referans olması için mevcut durum ölçülmüştür. Mevcut durumun yeterliliğinin ölçülmesi için müşteriler tarafından belirlenen üst spesifikasyon limitleri (ÜSL) referans alınmıştır. Problemin tanımlanması sırasında elde edilen betimsel istatistik veriler ve ÜSL değerleri kullanılarak süreç yeterlilikleri ve sigma düzeyleri hesaplanmıştır.

Bölüm 3.4' te problemin kök nedeni tespit edilmektedir. Literatür araştırmasında da belirtildiği gibi Altı Sigma metodolojisi analiz fazında kök nedenlerin tespit edilebilmesi için; potansiyel nedenleri açıklayan teoriler geliştirilmelidir. Beyin fırtınası, FMEA, Neden-Sonuç Diyagramı, matris diyagramı veya diğer araçları kullanarak gözlenen etkilerin potansiyel nedenlerini ileri sürülür. Beyin fırtınasını, seçme veya önceliklendirme tekniklerini (pareto grafiği, hipotez testi, nominal grup tekniği vs.) kullanarak kök nedenler ve anlamlı neden-sonuç ilişkileri için araştırmayı daraltılır. Kök nedenlerin doğruluğunu kanıtlamak için daha fazla veri toplanır. Anlamlı ilişkileri doğrulamak için serpm diyagramlarını veya daha karmaşık istatistiksel teknikler (ANOVA, regresyon vs.) kullanılır (George, 2004).

Bu tez çalışmasında problemin kök nedeninin tespit edilebilmesi için öncelikle FMEA ve beyin fırtınası çalışmalarıyla potansiyel kök nedenler ortaya konmuştur. Potansiyel kök nedenler nominal grup tekniği ile değerlendirilmiş ve 80' e 20 (Pareto) kuralı uygulanmıştır. Nominal grup tekniği sonrasında ortaya çıkan çok fazla potansiyel neden olduğu ve bunların da belli kategoriler altında toplandığı tespit edilmiştir, şu durumda neden-sonuç araçları yeterli kalmamakta ve daha detaylı analiz gerekmektedir. Klasik Altı Sigma analiz tekniklerinin (ANOVA, regresyon vs.) uygulanabilmesi için nedenlerin ölçülebilen değişkenler olmaları gerekmektedir.

Neden-sonuç araçlarıyla ortaya konan potansiyel kök nedenlerin ölçülebilir değişken olmadıkları, örtük (gizil) değişken oldukları tespit edilmiştir. Örtük (gizil) değişkenler, direk ölçülemeyen (gözlemlenemeyen), ölçülebilir değişkenler aracılığıyla ölçülebilir değişkenlerdir. Gizil değişkenlerin ölçülebilmesi için ortaya çıkan ilişki yapısı belirlenmeli ve değişkenlerin bir kısmı anket çalışmasıyla ölçülebilir (gözlemlenebilir) değişken olarak değerlendirilebilir. Anket çalışması sonucunda elde edilen veriler korelasyon analizi ile değerlendirilmiştir. Altı Sigma metodolojisi ilişkilerin ortaya konmasında korelasyon analizlerini kullanabilmektedir (Basu, 2009). Korelasyon analizleri sadece ikili ilişkileri gösterdiği için etkisi büyük olan nedenin (faktörün) tespiti sağlanamamıştır. Korelasyon analizleri ile kök neden tespit edilemese dahi ilişki yapısı ile ilgili fikir vermektedir ve ilişki modelinin çizilmesine katkı sağlanabilir (Yang, 2008). Nedenler arasındaki ilişki yapısının (modelin) veriyle doğrulanması ve etkisi (faktör yükü) büyük olan nedenlerin ortaya konması için bir Yapısal Eşitlik Modellemesi analizi olan Doğrulayıcı Faktör Analizi uygulanmıştır. Doğrulayıcı Faktör Analizi modifikasyon indeksleri değerlendirilerek veriye en uygun ilişki yapısını (modeli) elde edecek modifikasyonlar gerçekleştirilmiştir. Modifikasyonlar sonrası elde edilen son modelin faktör yükleri incelenerek kök nedenler tespit edilmiştir.

3.2. Problemin Tanımlanması

2011 yılında müşterilerle yapılan görüşmelerde, firma performansını en olumsuz etkileyen faktörün ürünlerin söz verilen teslimat tarihinde teslim edilmemesi olduğu müşteriler tarafından bildirilmiştir. Söz verilen teslimat tarihinde ürünlerin geç teslim edilmesi firma performansını olumsuz etkilemekle kalmamakta, firmanın müşteriler tarafından 1. tedarikçi olarak tercih edilmesini tehdit etmektedir.

Buna ek olarak 2011 yılında en büyük satış payına sahip müşteri; 2012 yılı sonrasında firmadan alacağı adetini yükseleceğini belirtmiş ve firmadan kendisine özel üretim hatları kurulmasını, bu hatlarda başka hiçbir müşteriye ürün üretilmemesini talep etmiştir. Müşterinin en önemli şartı teslimatların planlanan/söz verilen teslimat tarihinden en fazla bir hafta geç gerçekleşmesidir.

Tüm bu gelişmeler mevcut durumun saptanmasını ve gerekli iyileştirmelerin planlanarak, en kısa sürede hayata geçirilmesini zorunlu kılmıştır. Ayrıca yeni kurulan hatların, gecikmelere neden olan etkenler göz önünde bulundurularak projelendirilmesi gerekmektedir.

Firma üst yönetimi toplanarak gecikmenin kök nedenlerinin tespit edilerek, ortadan kaldırılmasına ve mevcut durumun iyileştirilmesine karar vermiştir. İyileştirme çalışmasında problemin tanımlanması, mevcut durumun gözlenmesi ve kök neden analizleri için yol haritası olarak Altı Sigma metodolojisi tercih edilmiştir. Bu metodolojinin tercih edilmesinin nedeni, etkinliğinin birçok firma tarafından uygulamada gösterilmiş olması ve birçok aracı içinde barındırmasıdır. Altı Sigmada sürecin mevcut durumu sigma düzeyi ve yeterlilik analizleri ile belirlenir, bu avantajı gerçekten iyileştirmeye ihtiyaç duyulup duyulmadığının istatistiksel olarak ortaya konmasında etkilidir. Sürecin mevcut durumunu gösteren sayısal veriler, iyileştirme çalışmaları sonrasında ölçülen sigma düzeyi ve yeterlilik hesabı ile karşılaştırılabilir; böylece iyileştirmelerin etkinliği test edilmiş olur.

Tüm ürünlerde aynı anda iyileştirme yapmak yerine ürünlerin ciroda aldıkları paya göre sıralanarak, her bir üretim sürecinin ayrı ayrı ele alınması kararlaştırılmıştır. Gerek genel cirodaki payı en yüksek olan, gerekse en çok sipariş veren müşteriler arasında en büyük adetli siparişe sahip olan rotül ürün grubu iyileştirmede birinci öncelikli grup olarak belirlenmiştir.

Öncelikle mevcut durum incelenmiş, rotül üretim süreci oluşturulmuş, çalışmaların sonucunda proje tanımlama belgesi hazırlanmıştır. Proje tanımlama belgesi problemin net bir şekilde tanımlanmasına; ve problemin ilgili kişiler ve departmanlarca net anlaşılmasına yardımcı olur. Çalışmalar için süre kısıtı getirmesi aşamaların planlı ilerlemesini sağlar. Sorumluların belirlenmesi ileri aşamalarda aksamaların önüne geçer.

Problemin tanımlanması için geçmiş verilerin kullanılması uygun görülmüştür. 01.09.2010 - 01.10.2011 tarihleri arasındaki siparişler ERP sistemden çekilerek incelenmiştir. Siparişlerin durumunu gösteren listeden (siparişler planlandı, iptal

edildi, aktif, kapatıldı olarak sınıflandırılmaktadır) kapatılan siparişler ayrılarak yeni bir liste oluşturulmuştur. Kapatılan siparişler listesinde gerçekleşen teslimat tarihi - söz verilen teslimat tarihi farkı alınarak gecikmeler hesaplanmıştır. Bu durumda planlanan süreden önce tamamlanan siparişler negatif, planlanan süreden geç tamamlanan siparişler ise pozitif kayıt olarak gözükmektedir. Kapatılan Siparişler listesinden elde edilen betimsel istatistik veriler Tablo 3.1' de sunulmuştur;

Tablo 3.1. Mevcut Durum Betimleyici İstatistik Veriler

Aritmetik Ortalama	6,7308
Standart Sapma	7,3022
Min	-8
Max	35
Median (Ortanca)	6,000

Tablodan anlaşılacağı üzere gecikme süreleri oldukça yüksektir. Sürecin en kısa süre içinde bir iyileştirme projesiyle ele alınması gerekmektedir. Müşterilerle yapılan görüşmelerde, gecikmenin "0" güne indirilmesi uzun vadeli bir proje gerektireceği hususunda anlaşılmıştır. Gecikmelerin öncelikle 10 günü geçmemesine karar verilmiştir. Kendisi için yeni üretim hattı kurulacak müşteri ise 10 günlük gecikmenin kabul edilemez olduğunu, maksimum 7 günlük gecikmeyi tolere edebileceğini bildirmiştir. Bu durumda mevcut üretim süreçleri için ÜSL (Üst Spesifikasyon Limiti) 10, yeni kurulacak hat için ÜSL 7' dir.

İyileştirme çalışmalarının 2012 yılı 1. çeyreği sonuna kadar tamamlanması kararlaştırılmıştır. Üst yönetim tarafından gerçekleştirilen toplantıda Altı Sigma iyileştirme takımı oluşturulmuş ve Altı Sigma projesi tanımlanmıştır. Tanımlama dokümanı Tablo 3.2 'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Proje Tanımlama Belgesi

Altı Sigma Proje Tanımlama Belgesi

Düzenleme Tar. : 21.10.2011	Son Yenileme Tar. :21.10.2011	Proje No. : 001
-----------------------------	-------------------------------	-----------------

Proje Adı	Rotilerde Yaşanan Teslimat Gecikmelerinin İyileştirilmesi Süreci
Bölüm	Rotil üretim sürecinde yer alan bölümler
Stratejik Etki	Zamanında teslimat müşteri memnuniyetini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Ciromuzda en büyük paya sahip olan rotillerin teslimat performanslarının iyileştirilmesiyle müşteri memnuniyetinin artırılması hedeflenmektedir

Proje Tanımı			
Problem	Eylül 2010 - Ekim 2011 tarihleri arasında rotillerdeki ortalama gecikmenin 6 gün olduğu tespit edilmiştir.		
Amaç	Mevcut hatlardaki üretim süreci ÜSL 10 ve yeni kurulacak hatlardaki ÜSL 3 olacak şekilde, süreci öncelikle 3 sigma seviyesine yükseltmek.		
Kapsam	Gövdesi ve Aşığı firma tarafından dövülen ve işlenen, gövdesi firmada katofrez kaplanan, hammadde ve montajda kullanılan ara parçalar dışında satınalma veya dış kaynak kullanımı gerektirmeyen rotiller.		
Bitiş Tarihi	31.01.2012	Tahmini Parasal Yıllık Gelir	

Proje Ana Metriği	Tanım	Teslimat Gecikme Süresi
	Formül	$GECİKME = \text{Söz Verilen Teslimat Tarihi} - \text{Gerçekleşen Teslimat Tarihi}$
Bariyerler	Malzeme, Makine, Yöntem, Yönetim	

Proje Yöneticisi (KK/YK)	Süreç Sahibi / Bölüm Yön.	Uzman Kara Kuşak	Şampiyon
NİLAY KOYUNCU YEMENİCİ	MURAT IŞIK	-	HAKAN EGE

Takım Üyesi	Bölüm	İmza	Bölüm Yöneticisi	İmza
Ercan Ekinci	Kalite Departmanı		Hakan Ege	
Yusuf Çakal	Üretim Planlama Departmanı		Yusuf Çakal	
Fatma Ekinci	Montaj Departmanı		Murat Işık	
Alp Ünal	İmalat Departmanı		Murat Işık	
Erdem Çavuş	ARGE Departmanı		Ahmet Çakal	

3.2.1. Projenin gerçekleştirildiği fabrikanın tanıtımı

Projenin gerçekleştirildiği fabrika binek ve hafif ticari araç ön süspansiyon takımları üretiminde, mevcut kapasitesiyle yenileme pazarında (after market) Avrupa'nın en büyük üreticisidir. Üretiminin % 87' sini başta Avrupa ülkeleri olmak üzere, 50 farklı ülkeye ihraç etmektedir. 4500' ü aşan ürün çeşitli, 1100' ü aşan çalışan sayısı ve 40.000 m² kapalı alanı bulunmaktadır.

Bünyesinde bulundurduğu, Sıcak Çelik ve Alüminyum Dövme Tesisi, Burç Üretim Tesisi, Kataforez ve Çinko fosfat kaplama tesisi, talaşlı imalat sahası, montaj bantları ile hizmet vermektedir.

Yaklaşık 3000 m² kapalı alanda, sayısı 330' u aşan bay-bayan elemanla, 3' ü tam otomatik, 2' si yarı otomatik ve 10' u manuel olmak üzere toplam 15 hatta; Sac salıncak, döküm, dövme ve alüminyum rotilli kol, rotill-rotbaşı, rot mili ve Z-rot (stabilizör rot) üretimi yapılmaktadır. Günlük üretim kapasitesi vardiyada 50.000 adet olup, günlük 450 ila 500 çeşit ürün üretilmektedir. Ürünler dünya standartlarındaki tezgahlarda, hepsi eğitimden geçmiş elemanlarla üstün işçilik ve malzeme kalitesi ile üretilmektedir. Otomatik hatlarda yüksek sayıdaki ürünler el değmeden seri bir şekilde üretilmektedir.

Fabrikada yapılan üretim faaliyetlerinin sırası, ERP programındaki Rotalarda (İş Akış Şemaları) belirtilmiştir. İş Akış Şemaları bölümlerde görünür yerlerde asılı bulundurulur. Operatörler parçaların izleyeceği proses sıralarını bu İş Akış Şemalarından faydalanarak bilirler. İş akış Şeması henüz oluşturulmamış yeni ürünlerin İşlem sıraları Mühendislik ve Metod Bölümünün belirleyeceği sıraya göre yapılır. Metod Sorumlusunun belirleyeceği işlem sırasının dışına çıkmak kesinlikle yasaktır.

Talaşlı üretim sahasında Kaba Delik İşlem, Z-rot Gövde İşleme, Salıncak - Rotilli Kol İşleme, Tornalama, Segman Kanalı Açma, Boy Tamamlama, Kaynak Ağzı Açma, Sac Kesme, Şablon Kesme, Sac Salıncak Form Verme, Kaynak, Taşlama, Bileme, Malzeme Kesme (Boru -Çubuk Kesme), Broş Açma, Alyan Anahtarı Ağzı

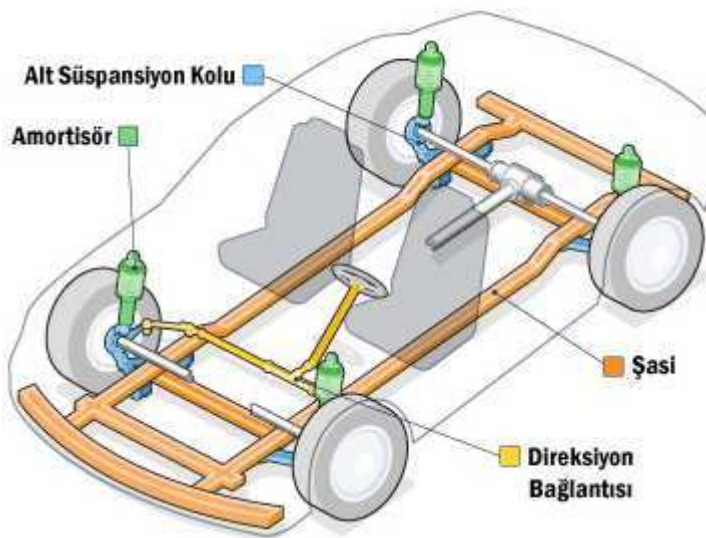
Açma, Gupilya Deliği Delme, Anahtar Ağzı Açma, Ovalayarak Diş Açma, Diş Açma (Klavuz), Burç Çakma, Delme, Kanal Yarma faaliyetleri yürütülmektedir. Talaşlı üretim bölümünde işlemi tamamlanmış parçalar taşıma araçlarıyla montaj yapılmak üzere ilgili depoya sevk edilir.

Montaj hatlarında Burç Çakma, Rotmili Kapama, Kapak Sıvama, Gövdeye Aşık Yatak Çakma, Burç - Rotil Civatalama, Markalama, Paketleme, Körük - Segman - Halka Takma, Aşık Çakma, Z-rot Plastik Yatak Kaynatma, Rotmili - Rot Takımı Birleştirme, Form Verme faaliyetleri gerçekleştirilmektedir.

3.2.2. Ürünün tanıtımı, rotil

Bir otomobilin performansını düşündüğümüzde ilk olarak aracın beygir gücü, torku ve 0-100 km hızlanma değerleri gözümüzün önüne gelir. Fakat sürücü aracı kontrol edemedikten sonra istediği kadar güçlü olsun bir önemi kalmaz. Otomobil üreticileri artık 4 zamanlı motorlar konusunda usta oldular ve aracın performansını arttırmak üzere süspansiyon sistemlerine (Şekil 3.2) yöneldiler.

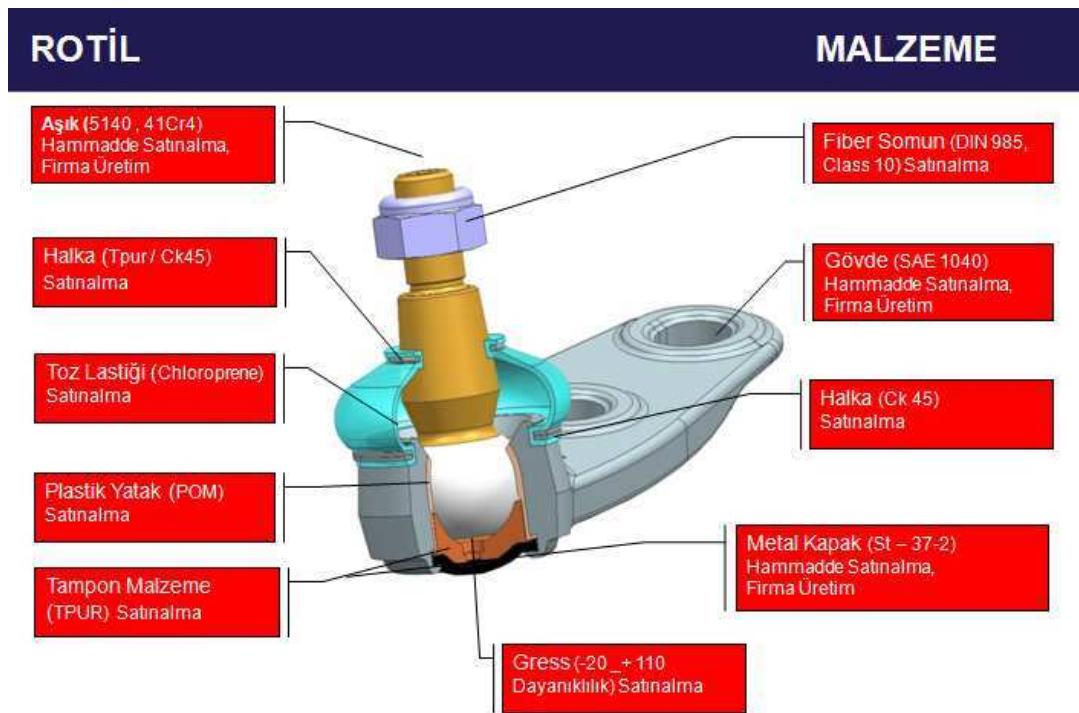
Otomobildeki süspansiyon sisteminin amacı, lastiklerle yol arasındaki sürtünmeyi maksimum yaparak, sürüş stabilitesini optimum seviyeye çıkartmak ve kusursuz



Şekil 3.2. Süspansiyon sistemi

dönüş yapılabilmesini sağlamaktır. Bu araç içinde seyahat edenlerin güvenliği ve rahatı için birincil dereceden önemlidir. Eğer yollarımız kusursuz düzlükte olsaydı, süspansiyon sistemlerine bu kadar fazla ihtiyaç duyulmazdı.

Tekerlek bir tümsekten geçerken, yukarı yönde bir ivmelenme söz konusudur. Bu ivmelenme neticesinde eğer süspansiyon olmasa aracın yerle bağlantısı kesilerek son derece stabil olmayan bir durum oluşacaktır. İşte bu noktada süspansiyonun yukarı ivmelenmeyi absorbe edip tekerleğin yol ile olan bağlantısını sürdürmesini sağlaması gerekmektedir.



Şekil 3.3. Rotil

Rotil (Şekil 3.3) bir küresel mafsallık olup aks başının salıncaklara bağlantısını yapan parçadır. Tekerleklere gelen düşey ve yatay kuvvetleri taşır ve aracın dönmesi esnasında direksiyon çatalına pim vazifesi görür. Rotillerin genel görevi, aks bağlantılarının tekerleğin değişik durumlarında dahi bağlantısının sürekliliğini sağlar. Örneğin aracın ön tekerleği bir tümsekteyse, rotiller hareketli bir mekanizma olduğundan aksı hafif yukarı kaldırarak yine bağlı kalmasını sağlar; yani bir nevi insan kolunun gövdeye bağlanması işlevini üstlenir. Rotillere otomobillerin eklemleri de denilebilir.

3.2.3. İyileştirme kapsamındaki rotillerin tanımlanması

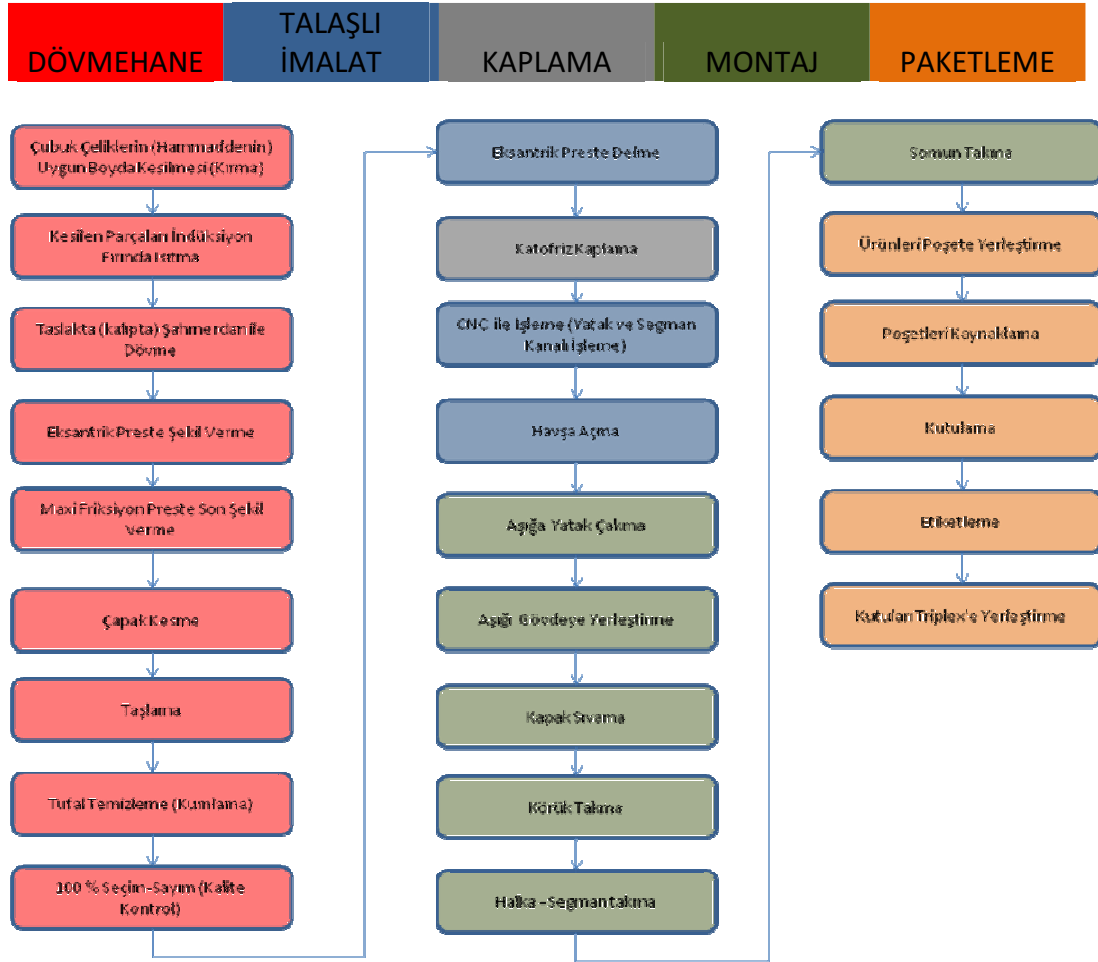
Proje kapsamındaki rotiller gövdesi ve aşığı (Şekil 3.3) firma bünyesinde dövülen, talaşlı imalatta işlenen ve kataforez kaplamada kaplanan rotillerdir. Kapsam içindeki ürünleri üretiminde dış kaynak kullanılmamaktadır. Kapaklar firma içinde sac malzemelerin kesilmesi ve preslerde şekil verilmesi ile üretilmektedir, satın alınmamaktadır. Rotillerde kullanılan alt parçalardan halka, segman, körük, somun, plastik yatak ve gres satın alınmaktadır.

3.2.4. Rotil üretim süreci

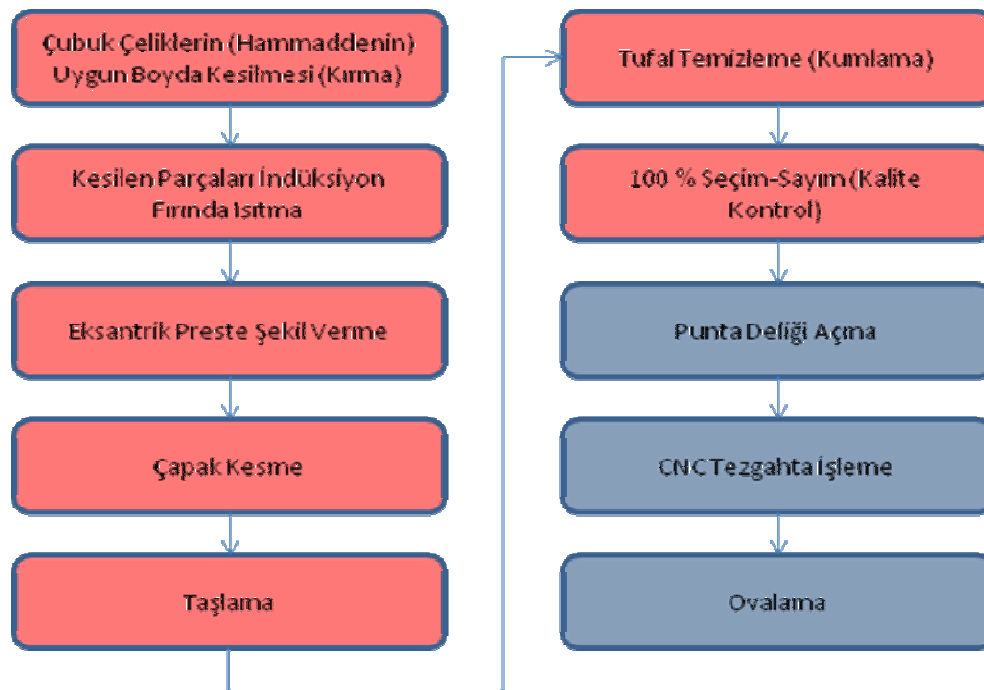
Rotil gövdeleri hammaddenin firma dışından temininin ardından firma dövmehanesinde dövülmekte, Kataforez tesisinde boya kaplanmakta ve talaşlı imalatta işlenmektedir.

Gövdelere iş emirlerine ve ürün ağaçlarına göre ilgili parçaların montajı yapılmakta, yine montaj sahasında paketlenerek sevkiyat sahasında depolanmaktadır. Ürünün taşınması müşteriye aittir; bu nedenle firma kaynaklı gecikmeler sadece üretim akışındaki aksamaların sonucunda ortaya çıkmaktadır. Rotilin üretim süreci aşağıda Şekil 3.4' de detaylandırılmıştır.

Rotil üretim sürecini aksatacak en önemli alt parça aşıktır; önceki bölümlerde de belirtildiği gibi aşık ve gövde dışındaki parçalar satın alınmaktadır. Aşık üretim süreci aşağıda Şekil 3.5' te detaylandırılmıştır.



Şekil 3.4. Rotil üretim süreci akış diyagramı



Şekil 3.5. Aşık üretim süreci akış diyagramı

3.3. Mevcut Durum Ölçümü Giriş

Altı sigma ölçme fazının amacı; problemin nedenlerini belirlemede kullanılmak üzere, sürecin hızı, kalitesi ve maliyetleri ile ilgili veri elde etmek ve sürecin mevcut durumunun net olarak anlaşılmasıdır.

İyileşmenin gerekli olup olmadığı, ne derecede analizlere ihtiyaç olduğu ölçme fazı sırasında ortaya konur. Ayrıca ölçümler sürecimizin mevcut durumu hakkında bilgi verdiği için; daha sonraki aşamalarda uygulanacak iyileştirmelerde de iyileştirmenin etkinliğinin ölçülmesi için, iyi birer referans oluştururlar.

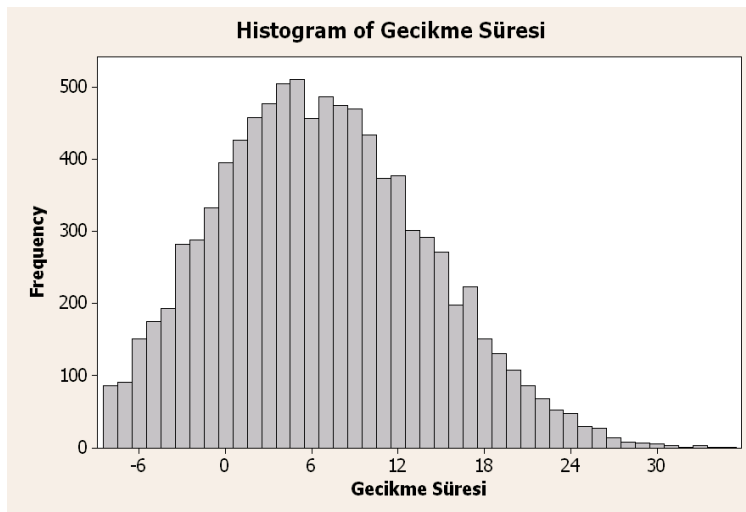
Tanımlama fazında problemin var olduğu betimsel istatistiksel verilerle (Tablo 3.1) kanıtlanmış, ortalama gecikme 6 gün, ÜSL 10 / 7 gün olarak belirlenmiştir. ÜSL' ye göre sürecimiz gerçekten yetersiz olup olmadığı, iyileştirme çalışması gerekli olup olmadığı verilerle ortaya konmalıdır. Problemin kök nedeni belirlenmeden önce sürecin mevcut durumu ortaya konarak iyileştirmeye gerçekten ihtiyaç duyulup duyulmadığı araştırılmalıdır. Mevcut durumun ortaya konması için; bu bölümde süreç yeterliliği ve sigma düzeyi ölçülmüştür.

Tezimizin amacı iyileştirme faaliyetleri gerçekleştirilmeden önce problemin tanımlanması, mevcut durumunun ölçülmesi ve kök neden analizinin Altı Sigma metodolojisi ve YEM kullanılarak gerçekleştirilmesidir. İyileştirme çalışmalarında etkinliğin net bir şekilde ortaya konması için; problem ve problemin kök neden tanımlanırken, iyileştirme öncesi sürecin durumu netleştirilmelidir.

3.3.1. Gecikme sürelerinin istatistiksel olarak incelenmesi

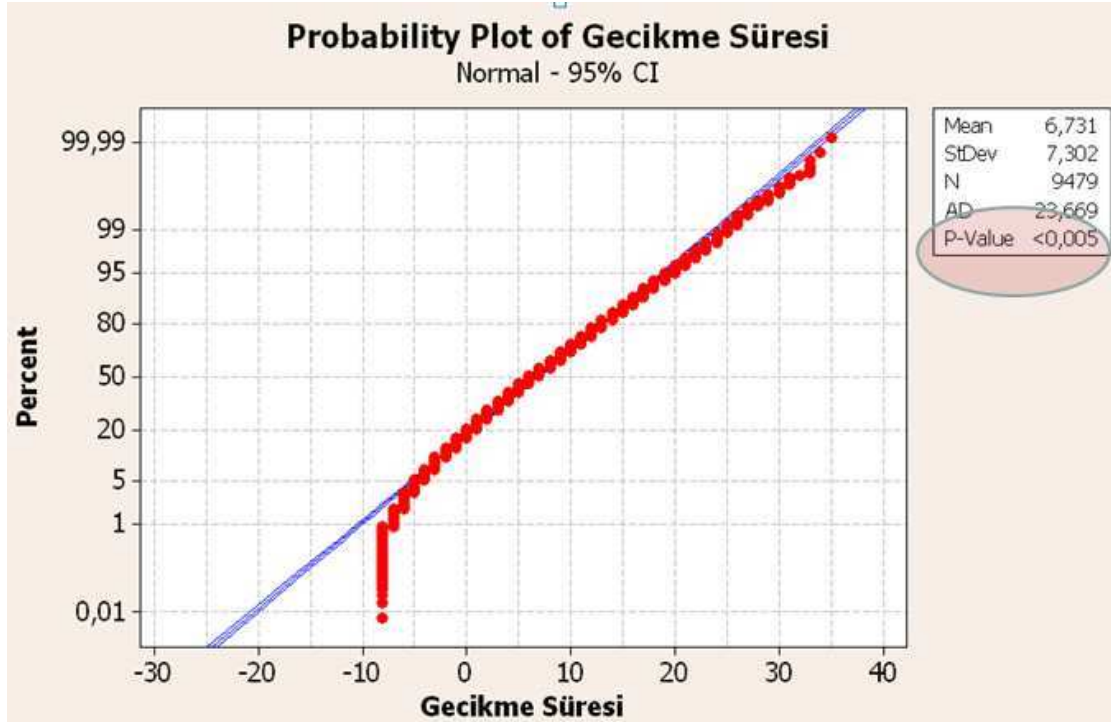
Tanımlama fazında da belirtildiği gibi 01.09.2010 - 01.10.2011 tarihleri arasındaki müşteri şikayetleri ve uygunsuzluk kayıtları ERP (Enterprise Resource Planning - Kurumsal Kaynak Planlama) sistemden çekilerek, özet tablolar oluşturulmuş ve sonuçlar incelenmiştir. Verilerden elde edilen betimsel istatistikler problemin tanımlanmasında verilmiştir (Tablo 3.1).

Mevcut durum verisinin yeterlilik hesaplamalarında ve hipotez testlerinde kullanılabilmesi için, dağılımı hakkında bilgi sahibi olunması gerekmektedir. Verinin simetrisinin ve merkezi eğiliminin incelenmesi için frekans dağılımını incelemek gerekir. Veriler Minitab programına aktarılarak çeşitli grafikler oluşturulmuş ve testler gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.6 veri setinden elde edilen histogramı göstermektedir. Histogram incelendiğinde anlaşıldığı üzere veri sağa çarpıktır. Çarpıklığın verinin normal dağılımlı olarak kabul edilmesine engel olacak kadar büyük olup olmadığı, ancak olasılık dağılımı testiyle anlaşılabilir.



Şekil 3.6. Gecikme Süreleri Frekans Dağılımı

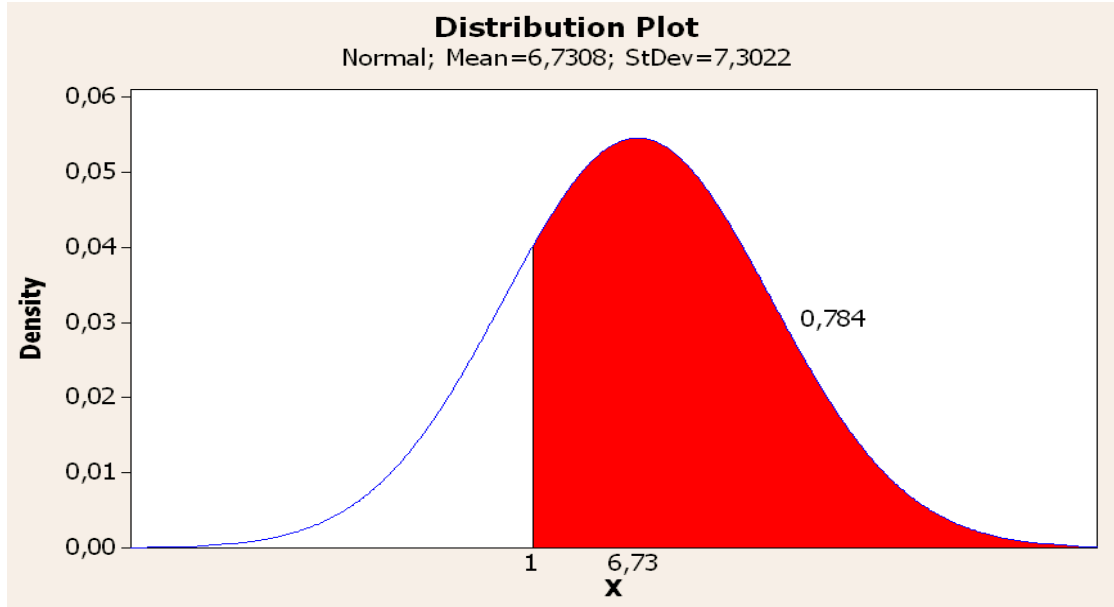
Olasılık nokta grafiğiyle veriler incelendiğinde; veri doğru ile uyum gösteriyorsa ve $p < 1 - \text{Güven Aralığı}$ ise veri seti test edilen dağılımın özelliklerini taşıyor demektir. Başka bir deyişle veri seti test edilen dağılıma sahiptir. Minitab Olasılık Diyagramı (Şekil 3.7) incelendiğinde H_0 hipotezinin, veri normal dağılıma sahiptir, kabul edildiği görülmektedir; çünkü p değeri "0" 'dır, ayrıca veri seti doğru ile uyum içindedir.



Şekil 3.7. Olasılık Nokta Grafiği

Mevcut durumda siparişlerin % kaçının geciktiği Minitab' de olasılık dağılımları yardımıyla rahatlıkla bulunabilir. Şekil 3.8' de olasılık dağılımından durum net bir şekilde görülmektedir. $P[(\text{Gerçekleşen teslimat tarihi} - \text{Söz verilen teslimat tarihi}) \geq 1] = 0,784$ olarak tespit edilmiştir. Başka bir deyişle bir siparişin planlanan süreden geç tamamlanması olasılığı 0,78' dir. 9999 sipariş kaydından "2318" inde gecikme "0" ' dır. Bir başka deyişle 9999 siparişin 2160' ında ürün zamanında teslim edilmiştir.

Buradan siparişlerin sadece % 22' sinin planlanan zamanda teslim edilebildiği, kalan % 78' lik kısmın müşteriye söz verilen/planlanan zamandan geç teslim edildiği anlaşılmaktadır.



Şekil 3.8. Geciken Siparişlerin Olasılığı

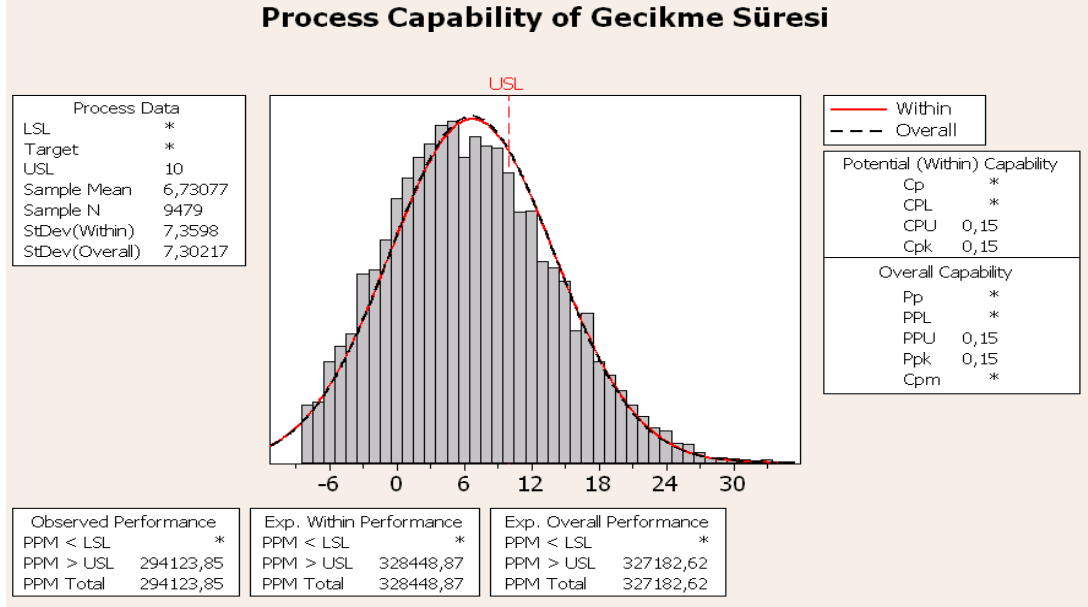
3.3.2. Mevcut süreç yeterliliği

Müşterilerin geneli için, gecikme süresi $\bar{U}SL=10'$ dur. Bu durumda sürecimizin yeterliliği " P_{pk} " 0,15 olarak tespit edilmiştir. (Şekil 3.8) Kendisine özel üretim hattı oluşturulmasını isteyen müşterimiz için, gecikme süresi $\bar{U}SL=7'$ dir. Bu durumda sürecimizin yeterliliği " P_{pk} " 0,01 olarak tespit edilmiştir. (Şekil 3.10)

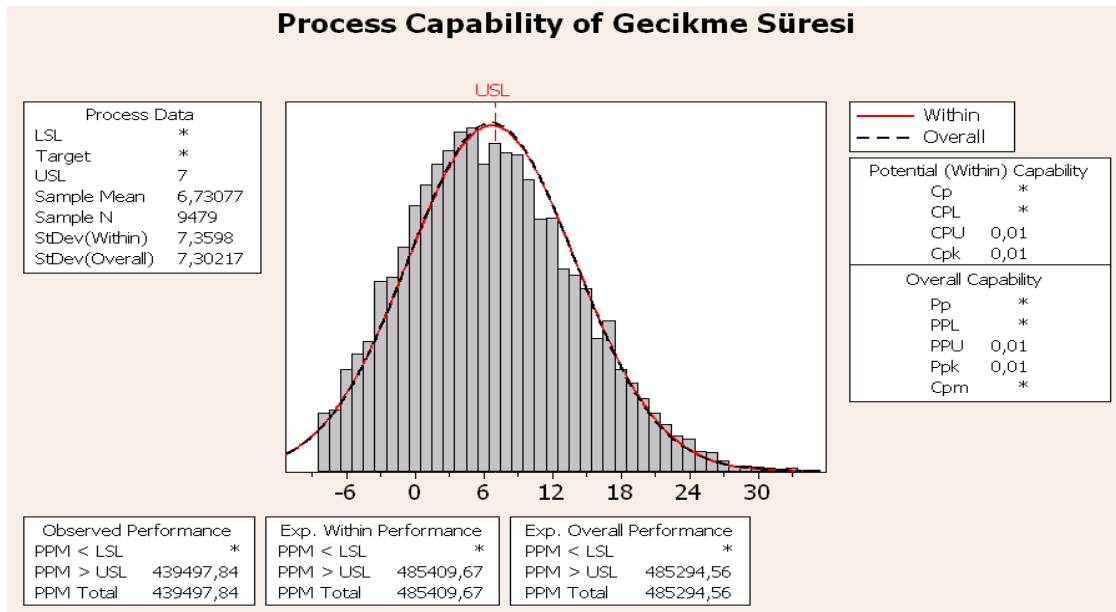
Her iki grafikte de (Şekil 3.9, Şekil 3.10) $C_{pk}=P_{pk}'$ dir. Süreç yeterliliği hesaplanırken, rasyonel alt gruplar kullanılır. Rasyonel bir alt grup minimum süreç değişkenliğini yakalamaya çalışan, bir süreçten ard arda üretilen parçalar veya birimlerin mantıksal bir seçimidir. P_{pk} hem grup içi hem gruplar arası değişkenliği içerir. C_{pk} alt grupların ortalamalarının birbirinden farklılığının etkisini içermez. Sadece grup içi değişkenliğin etkisini içerir. C_{pk} altgrupların ortalamaları aynı olsaydı'nın yanıtıdır. Veri kümemiz uzun vadeli (1 yıl) bu nedenle rasyonel alt grup büyüklüğü "1" olarak alınmıştır, Rasyonel alt grup büyüklüğü "1" olduğu için grafikte $C_{pk}=P_{pk}'$ dir.

Bir sürecin yeterli olarak kabul edilebilmesi için $P_{pk} \geq 1,33$ olmalıdır. Altı Sigma süreçlerinde $P_{pk}=2'$ dir. $P_{pk} < 1$ olduğunda süreç yetersiz olarak kabul edilir.

Sürecimizin müşteri beklentilerini karşılamada oldukça başarısız olduğu net bir şekilde görülmektedir.



Şekil 3.9. Müşterilerin geneli için yeterlilik hesabı



Şekil 3.10. Yeni üretim bandı kurulacak müşteri için yeterlilik hesabı

3.3.3. Süreç sigma kalite seviyesi

Literatür kısmında sigma kalite seviyesi detaylı olarak anlatılmıştır. "Sigma Kalite Seviyesi tolerans değerinin (ÜTL-Hedef veya Hedef-ATL) standart sapma değerine (σ) bölünmesi ile hesaplanır ve tolerans bandına/aralığına kaç adet σ değeri sığdırılabileceğini gösterir."

Mevcut süreç aritmetik ortalaması 6,7308, Standart sapması 7,3022 olarak belirlenmişti (Tablo 3.1), mevcut üretim hatlarıyla ürün üretilen müşteriler için Üst Spesifikasyon Limiti 10 gün, kendisine özel hat kurulacak müşteri için Üst Spesifikasyon Limiti 7 gündür.

Bu durumda süreç Sigma Kalite Düzeyi (Sigma Ölçüsü) ; Mevcut üretim hatları için; $|6,7308-10| / 7,3022 = 0,4477 \sigma'$ dır. Yani sürecimiz 1 sigma seviyesine dahi gelememiştir.

Kendisine yeni hat kurulmasını talep eden müşteri spesifikasyonlarına göre sigma düzeyi hesaplandığında; ; $|6,7308-7| / 7,3022 = 0,0368 \sigma'$ dır.

Sürecimizin mevcut duruma kontrol limitlerinin dışında olduğu ve müşteri beklentilerini karşılamada yetersiz olduğu sigma seviyelerinden de rahatlıkla anlaşılmaktadır. Sürecin yeterli kabul edilebilmesi için Sigma Kalite Seviyesinin en az 3 σ olması gerekir. Altı Sigma süreçlerinde ise sigma kalite seviyesi en az "6" olmalıdır.

3.4. Kök Neden Analizi

Firma gerek mevcut üretimini iyileştirmek, gerekse yeni kurulacak hatlarda aynı hataları tekrarlamamak için bu nedenlerden hangilerinin daha etkili olduğunu ve ne derece etkili olduğunu bilmek zorundadır. Altı sigma uygulamasında problemin analiz fazında, potansiyel kök nedenler tanımlanır, kök nedenin çıktılara etkisi doğrulanır, temel çıktılar üzerindeki kök neden etkileri tahmin edilir ve kök nedenler önem sırasına dizilir. Kök nedenlerin doğru olarak belirlenmesinde; ANOVA,

regresyon analizleri gibi yaygın olarak kullanılan istatistiksel tekniklerden yararlanılmaktadır.

Analiz fazında, potansiyel kök nedenlerin etkilerinin araştırılması için, öncelikle potansiyel kök nedenlerin ortaya konması gerekmektedir. Potansiyel kök nedenlerin ortaya konmak için genellikle neden-sonuç araçları ve FMEA' dan faydalanılmaktadır.

Bu çalışmada ele alınan teslimatın gecikme probleminin nedenlerinin belirlenmesinde, süreçte oluşabilecek potansiyel hataların ve etkilerinin ortaya konması için FMEA (Failure Modes and Effects Analysis - Hata Türleri ve Etkileri Analizi) ve beyin fırtınası uygulaması gerçekleştirilmiştir. Süreçte görev alan uygulayıcıların; mühendis, operatör, yönetici vb. fikrine başvurularak potansiyel gecikme nedenleri ortaya konmuştur.

FMEA çalışması, ARGE (Araştırma Geliştirme) Departmanı mühendislerinin görüşleri alınarak yapılmıştır. Bu sayede rotil üretim sürecini tasarlayan ve operasyonları belirleyen uzmanların süreçte oluşabilecek potansiyel hataları tespit etmeleri sağlanmıştır.

Gecikmeye neden olan en önemli faktörler kalite kontroller sırasında ortaya çıkan uygunsuzluklardır; uygunsuzlukların tespiti, karar almak için harcanan zaman, yeniden işleme / tamir sürecin planlanan süreden geç tamamlanmasına neden olmaktadır. Kalite kontrol alt süreçlerinde çalışan operatörlerle, ürünlerde karşılaştıkları gecikmeye neden olan hataları ve nedenlerini ortaya çıkaracak bir beyin fırtınası çalışması gerçekleştirilmiştir.

Rotil üretim sürecinin planlanan süre içerisinde tamamlanamaması, sadece süreç adımlarından kaynaklanan hatalara dayanmamaktadır, sürecin etkileşimde olduğu diğer süreçler de rotil üretim sürecinde gecikme yaşanmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, sürecin etkileşimde olduğu tüm süreçlerin ve rotil üretim alt süreçlerinde görev alan çalışanların görüşleri alınarak potansiyel gecikme nedenlerini ortaya koyacak bir beyin fırtınası gerçekleştirilmektedir.

FMEA ve beyin fırtınası çalışmalarından elde edilen potansiyel gecikme nedenleri özetlenerek bir tablo haline getirilmiş ve nominal grup tekniği ile değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirme sonrasında bazı nedenlerin daha etkili olduğu tespit edilmiştir; fakat nominal grup tekniği ile nedenin etkisi ortaya konamamaktadır.

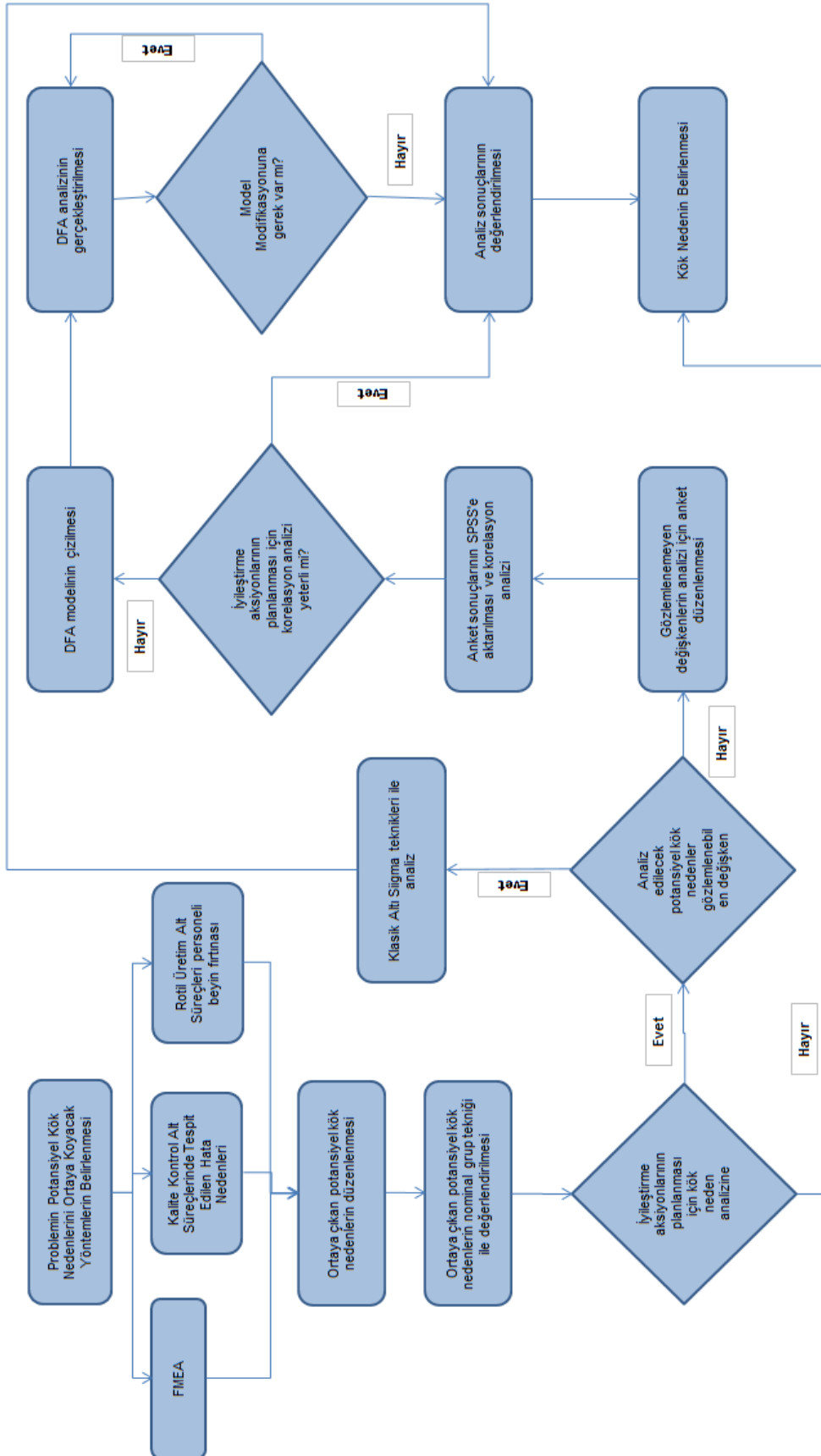
İyileştirme aksiyonlarının iyi planlanabilmesi için kök nedenler ve kök nedenler arasındaki ilişki ortaya konmalıdır. Problemin neden kaynaklandığı yani buz dağının ardı net bir şekilde ortaya konamazsa iyileştirmeler yüzeysel kalacaktır ve kısa bir süre sonra tekrar ortaya çıkacaktır. Kalıcı çözümlerin ortaya konması için detaylı bir analize ihtiyaç duyulmaktadır.

Gecikme nedenlerinin etkisi ve aralarındaki etkileşimin ortaya konması için analiz araçlarından (ANOVA, regresyon vs.) faydalanmak gerekmektedir. Potansiyel nedenler incelendiğinde, bu nedenlerin belli ana başlıklar altında toplandığı tespit edilmiştir. Beyin fırtınasında ve FMEA' da toplanan veriler özetlendiğinde gecikme nedenlerinin; altyapı yetersizliği, insan kaynakları yönetimi, kalite yaklaşımı, malzeme kalitesi/tedarikçi profili, süreçlerin iyi planlanmamış olması, yönetimsel veya sistemsel hatalar ve yanlış veya eksik yöntemlerin kullanılması başlıklarında toplandığı görülmüştür (Şekil 3.11). Şu durumda karşımıza gecikme ana nedenleri ve bunların alt nedenleri çıkmaktadır (Neden-neden ağacı). Bu tür bir yapıda nedenlerin etkilerinin ve birbirleriyle etkileşimlerinin ortaya konması için birden fazla analiz gerçekleştirmek gerekmektedir.

Gecikmenin kök nedeni ölçülemeyen (Örtük-Latent) değişkendir. Gecikmenin kök nedeni örtük bir değişken olduğu gibi, ortaya konan ana gecikme başlıkları da örtük değişkenlerdir. Örtük değişkenler sadece yordadıkları gözlenen değişkenler aracılığıyla ölçülebilirler. Alt nedenlerin ana nedenlere etkisi neden-sonuç araçlarıyla ölçülememektedir. Altı Sigma metodolojisi analiz fazında faktörlerin etkisini ölçmek için kullanılan istatistiksel araçların gözlemlenebilen faktörlerin etkisini ölçtüğü, gözlemlenemeyen değişkenlerin etkilerini ise ölçemediği tespit edilmiştir. Gecikme nedenleri incelendiğinde neden-neden ağacı yapısı bulunduğu ve nedenlerin belli ana başlıklar altında toplanabildiği tespit edilmiştir (Şekil 3.12). Şu durumda birden fazla

doğrusal ilişki aynı anda test edilecektir. Oluşturduğumuz ana başlıklar gerçekten doğru mudur, hangi ana gecikme nedeni daha etkilidir, ana gecikme nedeninin altındaki hangi alt neden daha etkilidir, bir bütün halinde ele alındığında gerçek gecikme nedenlerini mi göstermektedir. Kısaca nedenler arasında oluşturduğumuz ilişki modelinin doğruluğu, korelasyonların varlığı ispatlanmalıdır.

Şu durumda örtük değişkenler ile oluşturduğumuz gecikme nedenleri arasındaki ilişki yapısının doğruluğu araştırılacak ve faktör yükleri hesaplanarak en etkili nedenler ortaya konacaktır. Yapısal Eşitlik Modellemesi (YEM) örtük (gözlemlenemeyen) değişkenlerin etkisini ortaya çıkarmak için kullanılan, etkin bir istatistik analiz yöntemidir. Bu çalışmada bir YEM analiz yöntemi olan Doğrulayıcı Faktör Analizi (DFA) kullanılarak potansiyel kök nedenler arasından en etkili olanlar; yani problemin kök nedenleri tespit edilmiştir. Problemin kök neden analizinde uygulanan adımlar Şekil 3.11' de verilmiştir.



Şekil 3.11. Problemin Kök Neden Analizi Adımları

3.4.1. Rotil üretim süreç FMEA

Süreçte aksamaya neden olabilecek hata türlerinin ortaya konması için FMEA çalışması yapılmıştır. FMEA çalışmasında sadece uzman görüşlerine yer verilmiştir. Ek K' da verilen FMEA sonuçları mühendislik ve kalite departmanında çalışan teknik personel tarafından ortaya konmuş fikirlerin bir özetidir. FMEA' nın gerçekleştirilmesinin nedeni, üretim sürecinde gecikmeye neden olabilecek kalite hatalarının ortaya çıkarılmasıdır.

Her bir üretim süreci adımında (operasyonda) Risk Öncelik Sayısı en yüksek olan nedenler bir tablo haline getirilerek öncelikli iyileştirilmesi gereken adımlar olarak belirlenmiştir (Muir, 2006). En yüksek RÖS puanı alanlar bir tablo haline getirilmiştir (Tablo 3.3).

Tablo 3.3. Risk Öncelik Sayısı (RÖS) yüksek olan nedenler

OPERASYON ADIMI	HATA	NEDEN	RÖS
Aşık Tornalama	Ovalite problemi	Punta hatalı	84
Aşık Tornalama	Ovalite problemi	Kalem aşınması	84
Aşık Tornalama	Konik çapı büyük/küçük	Ayar Hatası	84
Aşık Küre Ovalama	Yüzey pürüzlülüğü fazla	Hadde basıncı ve formu	75
Rotil Gövde Kataforez Kaplama	Boya uygun değil	Kazan konsantrasyonları uygun değil	72
Rotil Gövde Kataforez Kaplama	Boya uygun değil	Fırın sıcaklığı uygun değil	72
Rotil Gövde Yuva İşleme	Yuva çapı büyük / küçük	Ayar Hatası	84
Sivama	Yüksek moment	Gövde yuva çapı büyük	63
Sivama	Yüksek moment	Aşık küre çapı büyük	63
Toz lastik boğaz segmanı takma	Tozluk lastik montajı hatalı	Toz lastik kanal çapı büyük veya küçük	72
Son Kontrol	Eksik operasyon	Eksik operasyon	60

Tablo 3.4' teki hatalar ve nedenleri incelendiğinde nedenlerin; teknik bilgi / eğitim yetersizliği (malzeme - ekipman - kullanım/çalışma koşulları), hammaddenin uygun zamanda / kalitede / adette temin edilememesi, tezgahlarda kullanılan aparatların uygun zamanda / kalitede / adette temin edilememesi, zamanında önlem alınmayan hataların bir sonraki süreçte büyümesi ve hataya açık süreçler / dokümanlar başlıkları altında toplanabilir.

3.4.2. Mevcut durumun neden - sonuç araçları ile incelenmesi

İstatistiksel araçlarla sürecimizin yetersiz olduğu net bir şekilde ortaya konmaktadır. Rotil üretim sürecinin planlanan zamanda tamamlanmasına engel olan kök nedenlerin etkileri ve ilişkileri araştırılmadan önce, potansiyel nedenler ortaya konmalıdır. Süreçte gecikmeye neden olabilecek faktörler literatürden de çıkarılabilir; fakat her işletmenin süreçleri, tedarikçileri, çıktı ürünü, kültürü ve içinde bulunduğu pazar koşulları farklı nedenlerin ön plana çıkmasına neden olacaktır. Potansiyel kök nedenlerin ortaya konmasında en yaygın olarak kullanılan araçlar neden-sonuç araçlarıdır. Neden-sonuç araçları süreçlerde sorumluluk alan uygulayan, yöneten, bir önceki sürecin müşterisi, bir sonraki sürecin tedarikçisi olan, kısaca süreci en iyi bilen ve yaşayan personelin deneyim ve öngörülleri ile ortaya konur. Bu çalışmada da sürecin sesinin ortaya konması için; iki farklı beyin fırtınası gerçekleştirilmiştir.

Birinci beyin fırtınasında; kalite kontrol personeline rotillerin her bir alt üretim sürecinde aksamalara neden olan kalitesizlik hataları ve nedenleri sorulmuştur. Her tür süreç için; sürecin aksamasına neden olan en önemli faktörlerden biri kalitesizliktir. Özellikle uygun olmayan ürünün yönetimi sürecinin iyi planlanmadığı ve sık sık tekrarlanan kalite problemlerine karşı kalıcı çözümlerin gerçekleştirilmediği işletmelerde, kalitesizlik kaynaklı gecikmeler veya değer katmayan aktiviteler daha fazla gözlenmektedir. Net bir şekilde ifade edilebilir ki; kalite hataları sadece ürünle ilgili bilgi vermemekte, süreçlerde aksayan noktaları ve yanlış uygulamaları da ortaya çıkarmaktadır. Bir anlamda, farklı süreçlerdeki ve departmanlardaki hatalar ürün üzerindeki kalitesizlik ile ortaya çıkmaktadır.

İkinci beyin fırtınasında ise; rotil üretim sürecine etki eden tüm bölümler belirlenmiş (Satınalma, Planlama, Dövme, Talaşlı İmalat, Montaj, Depolama, Kalite, Arge) ve bu bölümlerin makine-malzeme-çevre-insan-yöntem-yönetim bakımından potansiyel etkilerinin ortaya konması istenmiştir. İşletme körlüğü kavramı kaçınılmaz bir gerçektir. Süreç uygulayıcıları kendi süreçlerindeki hataları genelde fark edemezler, süreçlerinde yaşadıkları aksaklıkların sürecin müşterilerinden veya sürecin tedarikçilerinden kaynaklandığını iddia ederler. Burada amaç rotil üretim sürecinin alt süreçlerinde veya ilişkide olduğu süreçlerdeki kişilerin görüşleri alınarak;

süreçlerin müşterilerinin ve tedarikçilerinin, tespit ettikleri veya öngördükleri aksaklıkları belirlemektir.

Firma her üretim alt biriminde, farklı kalite kontrol alt süreçleri uygulamaktadır. Gövdesi ve aşığı firma içinde dövülen, işlenen ve montajı yapılan bir rotıl sırasıyla; Kalite Girdi Kontrol, Dövmehane Kalite Kontrol, Kataforez Kaplama Kalite Kontrol, Talaşlı İmalat Kalite Kontrol, Montaj - Paketleme Kalite Kontrol süreçlerinde prosedürlere ve talimatlara uygun olarak kontrol edilmektedir.

Her bir alt kalite kontrol süreci sorumlusundan rotillerin bir sonraki sürece zamanında teslim edilmesini engelleyen uygunsuzluklar ve potansiyel nedenlerini belirtmeleri istenmiştir. Üretim üç vardiya kesintisiz devam etmektedir; tüm kalite kontrol elemanlarını bir araya toplamak zor olduğundan, Ek H boş form şeklinde personele verilmiş, hatalar ve nedenleri talep edilmiştir. Elde edilen veriler Tablo 3.4' de özetlenmiştir.

Rotillerin zamanında teslim edilememesine neden olan mevcut süreç aksaklıklar üzerine bir beyin fırtınası çalışması planlanmıştır. Tüm birimlerden ilgili elemanların üretim devam ederken bir araya toplanması güç ve zaman kısıtlayıcıdır. Bu nedenle beyin fırtınası için bir form hazırlanarak (Ek A) Rotil Üretim Sürecinde görev alan personel tarafından doldurulması sağlanmıştır. İlgili personelden rotil üretim sürecinde fonksiyonu olan her bir departman için; makine-insan-çevre-yöntem-yönetim-malzeme kaynaklı hangi hataların rotillerin zamanında teslimine engel olabileceğinin düşünülmesi istenmiştir. Elde Edilen Veriler Ek B' de listelenmiştir.

Tablo 3.4. Kalite kontrol süreçlerinde tespit edilen hatalar

HATALAR	NEDENLER
Ölçüsel Hata (Tırtıl Çapı düşük, dış ölçüsü hatalı, aylan ağzı hatalı,dövme boyu hatalı)	Ovalama hatalı Gövde ölçüsü hatalı Tornalama Hatalı Makine ayarı hatalı Operatör dikkatsiz çalışıyor Tezgah kalıp/aparatı uygun zamanda değişmemiş veya bakımı yapılmamış Operatörlerin ölçüm aletlerini doğru/dikkatli kullanmaması Malzemelerin soğuk dövülmesi
Yanlış alt parça kullanımı	Depodan yanlış ürün sevki Dikkatsizlik
Sıvama Hataları	Dikkatsizlik (Yanlış alt parça kull.) Elemanların Eğitimi Yetersiz
Dövme Hataları (Kat, Dövme doldurmama, Eksen kaçıklığı,tufal)	Kalıplar uygun değil Seçim-Sayım elemanının dikkatsizliği/çalışma koşulları Kalıba tufal yapışması Şahmerdan örsünün yatması Elemanlar tecrübesiz (Malzeme kalıba tam oturtulmuyor) Malzemenin fazla ısınması Baskı makaslarının bakımının / değişiminin zamanında yapılmaması Kalıpların aşırı yağlanması Hammadde kesim ebadı uygun değil Kalıp pimlerinin kaçık çakılması Ürünlerin kalıptan zorlanarak çıkarılması Çapak kesme sırasında malzemenin ekseninin bozulması Malzemelere kalıplara hava tutulması
Tork Sıklığı / Gevşekliği	Hatalı işlenen veya satın alınan alt parçaların montajda birleştirilmesi
Ürünlerin paslı / talaşlı olması	Tezgahlarda işleme sonrasında temizliğe özen gösterilmemesi
Körük Yırılması	Segman geçirilirken doğru aparat kullanılmaması Elleçleme / taşıma yöntemleri uygunsuz
Görsel Kusurlar (Yüzey pürüzlülüğü)	Operatörlerin onay sonrasında makineyi hızlandırması Aşınan elmasların zamanında değiştirilmemesi Takımhanede yeterli aparat olmaması Takımhanede uygun olmayan aparatların kullanılmaya devam edilmesi

3.4.3. Elde edilen verilerin nominal grup tekniği ile değerlendirilmesi

FMEA ve beyin fırtınası çalışmalarından elde edilen, potansiyel nedenler bir tabloda özetlenerek, işletmede rotül üretim sürecinde veya ilgili süreçlerde görev alan çalışanlardan nominal grup tekniği ile değerlendirilmesi istenmiştir.

Öncelikle, Ek K, Tablo 3.4 ve Ek B' de belirtilen potansiyel kök nedenler bir araya getirilerek, bir özet tablo oluşturulmuştur (Tablo 3.5). Tüm birimlerden ilgili elemanların üretim devam ederken bir araya toplanması güç ve zaman kısıtlayıcıdır. Bu nedenle nominal grup tekniğinin uygulanabilmesi için bir form hazırlanmış (Ek C) ve katılımcılardan kendilerince gecikmede en çok etkisi olan ilk 20 maddeyi, en önemliye "20" puan en önemsizine ise "1" puan vererek değerlendirmeleri istenmiştir. 22 kişinin değerlendirmesi sonucunda elde edilen sonuçlar, Tablo 3.5' de verilmektedir. En yüksek puan alan maddeye 20 puan verildiğinden en yüksek puan alan madde "440" puan alabilirken, en düşük puan alan madde "0" puan alabilir. Tablodaki puanlar incelendiğinde "0" puan alan bir maddenin olmadığı; yani her maddenin en az "1" kişi tarafından gecikme nedeni olarak kabul edildiği görülmektedir.

Tablo 3.5' da görüleceği gibi nominal grup tekniği kullanılarak, problemin potansiyel nedenleri önem derecesine göre sıralanabilir; en çok puan alan neden kök neden olarak kabul edilebilir. Örn; en yüksek puan alan nedenler "Zamanında önlem alınmayan hataların bir sonraki süreçte büyümesi" ve "Hammaddenin uygun zamanda / kalitede / adette temin edilememesi" olarak tespit edilmiştir. Problemin kök nedeninin tespiti için; bu nedenlere neden-sonuç diyagramları ile cevap alınmayana dek "neden" sorusu sorularak çözümler üretilebilir. "80' e 20 kuralı" nı uyguladığımızda; 45 maddeden 28' inin önemli olduğu ve iyileştirme kapsamına alınması gerektiği sonucuna varılmaktadır. Problemin çok fazla faktörden (nedenden) kaynaklanıyor olması ve bu nedenlerin değerlendiriciler tarafından birbirine yakın puanlar alacak şekilde değerlendirilmesi, nominal grup tekniğinin etkin uygulanamamasına, problemin ana nedenlerinin net bir şekilde ortaya konamamasına neden olmaktadır.

Tablo 3.5. Gecikme nedenleri nominal grup tekniği sonuçları

NEDENLER	TOPLAM	80'e 20
Zamanında önlem alınmayan hataların bir sonraki süreçte büyümesi	172	5.8
Hammaddenin uygun zamanda / kalitede / adette temin edilememesi	131	10.2
Tecrübeli / alanında eğitimli eleman yetersizliği	115	14.1
Birimler arası koordinasyon eksikliği	108	17.8
Siparişlerin kapasite / doluluk göz önünde bulundurulmadan kabulü	102	21.2
Hatalı İşleme / Montaj	102	24.7
Satınalma siparişlerinin yanlış/geç geçilmesi	102	28.1
Dikkatsiz Çalışma / ürünün sorumluluğunu hissetmeme	102	31.6
Depolama sistematiki hataya açık	100	35.0
Paketleme malzemesinin uygun zamanda / kalitede / adette temin edilememesi	97	38.2
Tezgahlarda kullanılan aparatların uygun zamanda / kalitede / adette temin edilememesi	85	41.1
Makine / Hat/ Cihaz/ Kalıp Yetersizliği	82	43.9
Teknik bilgi / eğitim yetersizliği (malzeme - ekipman - kullanım/çalışma koşulları)	81	46.6
Depolama koşulları / ortam uygun değil	80	49.3
Kalite kontrol onaysız çalışma	78	52.0
Üretim Bölümlerine ve Tezgahlara kapasite üstünde yükleme	73	54.4
Tezgaħ / forklift / Makine Arızası	73	56.9
Malzemelerin kabul/red kararlarıyla ilgili katı kuralların uygulanmayışı	73	59.4
Yeniden işleme / tamir	72	61.8
Uygun olmayan ürünün yönetiminin karmaşıklığı / hiyerarşik karar gerektirmesi	71	64.2
Yüksek Adetli İş Emirlerine Öncelik Verme	65	66.4
Alan Yetersiz	65	68.6
Firma içinde lot takip sisteminin uygulanmaması	65	70.8
Tezgaħ doluluğu Nedeniyle Uygun Olmayan Tezgaħta İşleme-Dövme-Montaj	59	72.8
Kapasitenin yanlış hesaplanması	59	74.8
Tezgaħ / Makine ayar Hataları	58	76.8
Devamsızlık	57	78.7
Hataya açık süreçler / dokümanlar	57	80.6
Tedarikçiye kapasitesinin üzerinde yükleme	54	82.4
İnsiyatif verilmemesi / alınmak istenmemesi	51	84.2
İş yavaşlatma eylemleri / Motivasyon eksikliği	49	85.8
Kalıp / aparat kalite onay sürecinin uygulanmaması	47	87.4
Malzeme kullanılabilirlik onayının yönetim kademelerince geciktirilmesi	46	89.0
Makine / cihaz / aparat / kalıp bakımlarının uygun zamanda yapılmaması	45	90.5
Revizyon sonrasında eski revizyonlu ürünlerin kullanımı / takibi /planlanması ile ilgili sürecin iyi oluşturulmaması / sorumluların belirsizliği	45	92.0
Kalite hataların operatörler tarafından tespit edilememesi veya önemsenmemesi	37	93.3
Süreçlerin etkin design edilmemiş olması / karmaşıklığı	36	94.5
Ürünlerin elleçleme/taşıma yöntemleri hatalı	33	95.6
Terminlerin iyi planlanmadan verilmesi	29	96.6

Tablo 3.5. Gecikme nedenleri nominal grup tekniği sonuçları (Devam)

Çalışma Şartları ve Ortamın Uygun Olmayışı	27	97.5
Kalite kontrol onayından sonra tezgah ayarının (örnek hız) değişmesi	21	98.2
Yeni ürün geliştirme sürecinin hataya açık olabilecek kadar kısa sürede yapılması	20	98.9
Bölümlerin ortak ERP kullanmaması	12	99.3
Yeni design'ların geç temini (montaj alt parça / paket malzemesi vs.)	11	99.7
Elemanların yerine ikamesinin iyi planlanmaması (polivalans çalışması yapılmaması)	10	100.0

Altı sigma iyileştirme metodolojisinde amaç kalıcı çözümler ortaya koyabilmektir. Neden sonuç araçları ile ortaya konan nedenleri sorgulayarak kök nedene kadar inebilirsiniz; yalnız kalıcı çözümlerin ortaya konması için hataya neden olan yapı her bir faktörün (nedenin) etki büyüklüğü ile ortaya konması daha etkin olacaktır. Altı sigma metodolojisi analiz fazında neden-sonuç araçlarıyla belirlenen nedenler ölçülerek, nedenlerin etkileri ve aralarındaki ilişkileri ortaya koyacak yapı oluşturulmaktadır. Tek bir nedenin etkisinin ortadan kaldırılması yerine, problemin kaynağı olan yapı değiştirilerek süreç iyileştirilmekte bazen de sıfırdan tasarlanmaktadır.

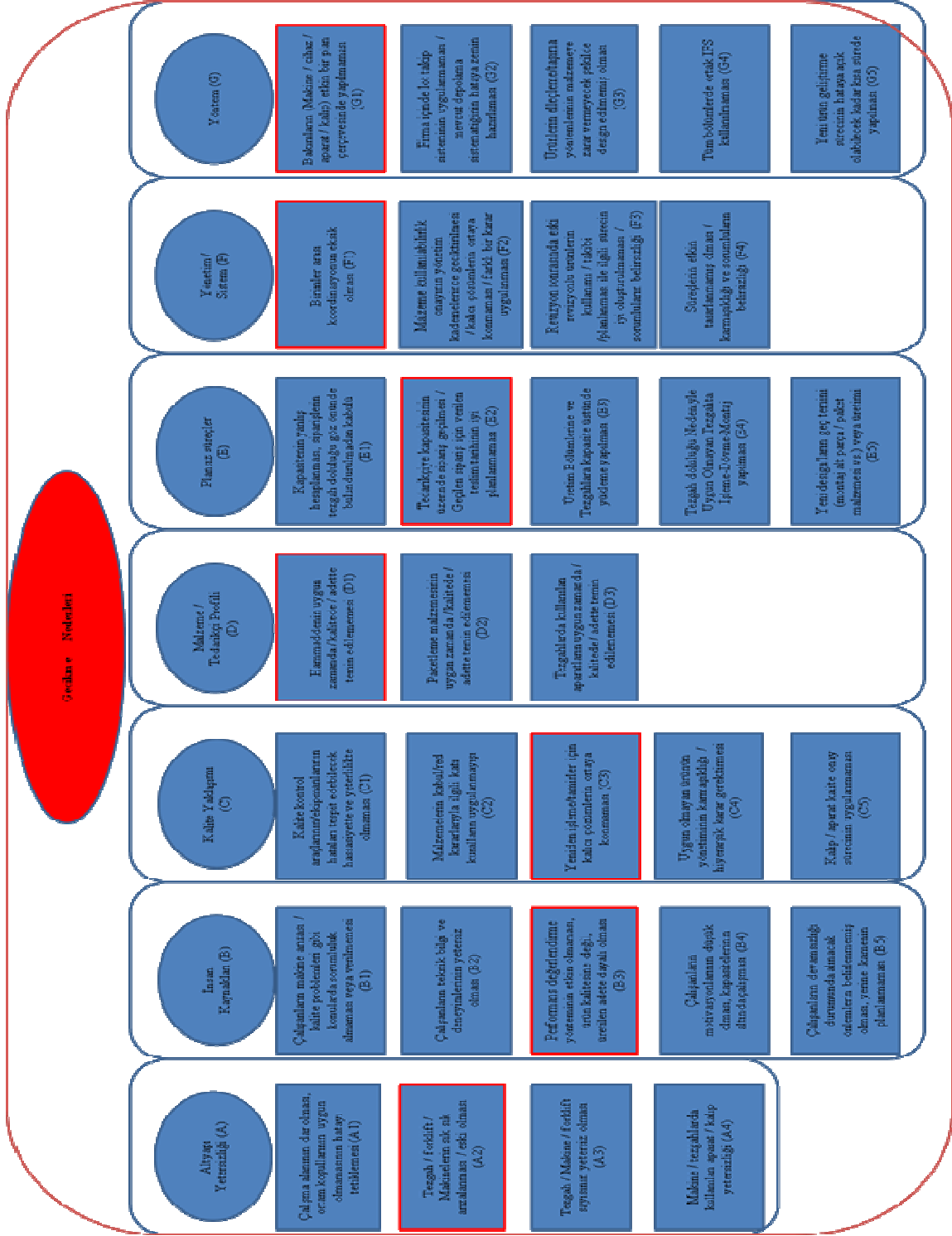
Klasik Altı Sigma araçları ile gözlemlenebilen değişkenler üzerinden analiz yapılarak, problemi ortaya çıkaran yapı tespit edilebilir. Kök neden üzerinde en büyük etkiye sahip faktör belirlenebilir. Gözlemlenemeyen değişkenler söz konusu olduğunda ise sadece neden-sonuç araçları kullanılabilen, dolayısıyla derin bir analiz yapılamamakta ve yapı ortaya çıkarılamamaktadır. Neden-sonuç ilişkileri çok az sayıda katılımcının (genelde yönetici-uzman) deneyimlerine dayalı olarak oluşturulmuştur. İşin uygulayıcılarının (operatörlerin) fikrine ve deneyimlerine çok az yer verilebilmiştir, kısıtlı sayıda uygulayıcı ile yapılabilmektedir. Neden-sonuç ilişkilerinin tezde söz konusu olan gecikme probleminin, her bir potansiyel kök nedeninin etkisini sayısal verilerle ortaya koymakta yetersiz olduğu söylenebilir.

İyileştirme projelerinin genelinde kök nedenler araştırılırken, ölçülebilen değişkenler incelenmektedirler. Örneğin üretimdeki bir ürünün boyutsal bir özelliğinin uygun olmaması, yüzey problemleri vs., literatürdeki çalışmaların çoğunlukla ölçülebilen değişkenler üzerine yoğunlaştığı sınırlı literatür taramasıyla gözlemlenmiştir.

Tablo 3.5' deki potansiyel nedenler incelendiğinde gecikme nedenlerinin; altyapı yetersizliği, insan kaynakları yönetimi, kalite yaklaşımı, malzeme kalitesi/tedarikçi profili, süreçlerin iyi planlanmamış olması, yönetimsel veya sistemsel hatalar ve yanlış veya eksik yöntemlerin kullanılması başlıklarında toplandığı görülmüştür, veriler neden-neden ağaç yapısı oluşturmaktadır (Şekil 3.12). Şu durumda ana başlıkların gecikmenin kök nedenini oluşturdukları, alt başlıkların da ana başlıkları oluşturduğu söylenebilir.

Literatürde ölçülemeyen değişkenlerin açıklanmasında yaygın olarak kullanılan istatistiksel bir teknik tespit edilmiştir. YEM (Yapısal Eşitlik Modellemesi) (SEM - Structural Equations Modeling) yüzyılın başından beri psikologlar ve sosyologlar, 1980' lerin başından itibaren pazar araştırması ve tüketici davranışlarında ise yoğun olarak kullanılmaktadır. YEM gözlenebilen ve gözlenemeyen değişkenlerin nedensel ve ilişkisel bir model içinde tanımlanmasına dayanan çok değişkenli bir istatistiksel yöntemdir. YEM' de gözlenebilen (ölçülebilir) ve gözlenemeyen (ölçülemeyen) değişkenler arasındaki doğrudan ve dolaylı ilişkiler tek bir model içerisinde test edilebilir. YEM aynı anda yapılan birden fazla regresyon analizidir. Uygulamada birçok YEM modeline rastlanabilir. Ancak tüm bu modeller dört temel grup altında toplanabilir: yol analizi modelleri, yapısal regresyon modelleri, doğrulayıcı faktör analizi modelleri ve gizil değişken değişim modelleri (Meydan, 2011). Bu çalışmada DFA modelleri tercih edilmiştir.

Klasik çok değişkenli istatistiksel yöntemler yerine bu çalışmada bir YEM analizi olan DFA' nın tercih edilmesinin nedeni keşfedici yerine doğrulayıcı bir yaklaşım sergilemesi, diğer çok değişkenli yöntemler ölçüm hatasının hesaplanması ya da düzeltilmesinde için herhangi bir yeteneğe sahip değilken tüm ölçümlerde ölçüm hatasını hesaba katması, ve en önemlisi geleneksel analiz yöntemlerinde sadece gözlenebilen değişkenler üzerinden işlem yapılırken, aynı model içinde hem gözlenebilen hem de gözlenemeyen değişkenler üzerinden test yapılabilmesidir (Meydan, 2011). Literatür taramasında DFA' nın mühendisler tarafından iyileştirme projelerinde kök neden analizi aracı olarak kullanılmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışma bu alanda bir ilk olma özelliğini göstermektedir.



Şekil 3.12. Gecikme Nedenleri

3.4.4. DFA kullanılarak kök neden analizi

Şekil 3.12' de potansiyel nedenler ana başlıklar ve alt başlıklar halinde gösterilmektedir. Gözlemlenemeyen (örtük-gizil) değişkenlerin YEM kullanılarak değerlendirilmesi için öncelikle hangi analiz yönteminin kullanılacağına karar verilmesi gerekir. Burada problemin potansiyel nedenlerinin gerçekten etkili olup olmadığı araştırılmak istenmektedir; yani mevcut modelin doğru olup olmadığı araştırılacaktır. İstatistiksel yöntemlerin çoğunda analizler bireysel gözlemler üzerinden gerçekleştirilmekte ve buna ilişkin modeller kurulmaktadır. Örneğin çoklu regresyon veya varyans analizi (ANOVA) gibi yöntemlerde regresyon katsayıları veya hata varyansı kestirimleri, her bir gözlemin, gözlenen ve kestirilen değerleri arasındaki farkın kareler toplamını en küçüklemek yoluyla hesaplanır. Ancak yol analizinde ve DFA' da gözlemlerden ziyade kovaryanslar dikkate alınır. Gözlemlenebilen ve beklenen bireysel değerlerin en küçüklenmiş fonksiyonu yerine örneklem kovaryans matrisi ve model tarafından kestirilen kovaryans matrisi arasındaki fark en küçüklenir. Doğrulayıcı Faktör Analizi (DFA) (CFA-Confirmatory Factor Analysis) gözlemlenen bazı değişkenlerin bir örtük değişkeni oluşturup oluşturmadığının ya da birçok örtük değişken arasında tanımlanan ilişkilerin var olup olmadığının testi için kullanılır. (Meydan, 2011). Bu durumda en uygun analiz yöntemi doğrulayıcı faktör analizi olduğu düşünülmektedir.

Doğrulayıcı faktör analizi uygulamaya konmadan önce değişkenlerin net bir şekilde belirlenmesi gerekir. Hangi değişkenlerimizin örtük değişkenler olduğu, hangi değişkenlerin ise ölçülebileceği belirlenmelidir. Gecikmeye neden olan ana faktörler (altyapı yetersizliği, insan kaynakları yönetimi, kalite yaklaşımı, malzeme kalitesi/tedarikçi profili, süreçlerin iyi planlanmamış olması, yönetimsel veya sistemsel hatalar ve yanlış veya eksik yöntemlerin kullanılması), alt faktörler yardımıyla ölçülebilir. Şekil 3.12' de alt nedenler de örtük değişken olarak gözükmemektedir; bu durumda bu değişkenler nasıl gözlemlenebilen değişken olarak ele alınarak sayısal veriler elde edilebilir sorusu akla takılmaktadır. Bu değişkenlerin bir anket yardımıyla değerlendirilmesi ile sayısal veriler çok rahat elde edilebilir. Sonuç olarak, gecikme kök nedeni ve gecikmeye neden olan ana nedenler (Şekil 3.12) örtük değişkenlerimiz, ana nedenleri gözlemek için ankette

sorgulayacağımız değişkenler ise gözlemlenebilen değişkenlerimiz olarak ele alınacaktır.

Ankette (Ek D) Şekil 3.12' deki alt nedenlerin gecikmeye etkisinin değerlendirilmesi talep edilmiştir. Likert ölçeği kullanılarak, "1-5" arası puanlama (tamamen katılıyorum "5", kısmen katılıyorum "4", ne katılıyorum ne katılmıyorum "3", kısmen katılmıyorum "2", tamamen katılmıyorum "1") ile cevap verilmesi istenmiştir. Anket firma genelinde toplam 125 kişiye uygulanmıştır. Katılımın geniş olması için tüm yöneticiler, mühendisler, takım liderleri, ekip liderlerinin ve bazı operatörlerin fikri alınmıştır.

Anket sonucunda elde edilen veriler sayısallaştırılarak (tamamen katılıyorum "5", kısmen katılıyorum "4", ne katılıyorum ne katılmıyorum "3", kısmen katılmıyorum "2", tamamen katılmıyorum "1") tablo haline getirilmiştir (Şekil 3.13).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Rotillerin Planlanan Süre İçerisinde Müşteriye Sev																
2	Altyapı Yetersizliği	Altyapı Yetersizliği	Altyapı Yetersizliği	Altyapı Yetersizliği	İnsan Kaynakları	İnsan Kaynakları	İnsan Kaynakları	İnsan Kaynakları	İnsan Kaynakları	Kalite Yaklaşımı	Kalite Yaklaşımı	Kalite Yaklaşımı	Kalite Yaklaşımı	Kalite Yaklaşımı	Malzeme / Tedarikçi Profili	Malzeme / Tedarikçi Profili	Malzeme / Tedarikçi Profili
3	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5	D1	D2	D3
4	4	2	4	2	5	5	5	5	5	1	4	4	1	4	1	1	1
5	4	1	1	4	5	2	5	4	5	1	5	5	5	1	2	2	3
6	4	1	4	1	1	4	4	4	4	1	4	3	4	3	2	5	4
7	2	4	2	4	1	4	5	5	5	1	5	3	3	2	5	3	1
8	4	2	1	3	5	4	1	3	4	4	4	3	2	4	5	3	4

Şekil 3.13 Anket Verileri

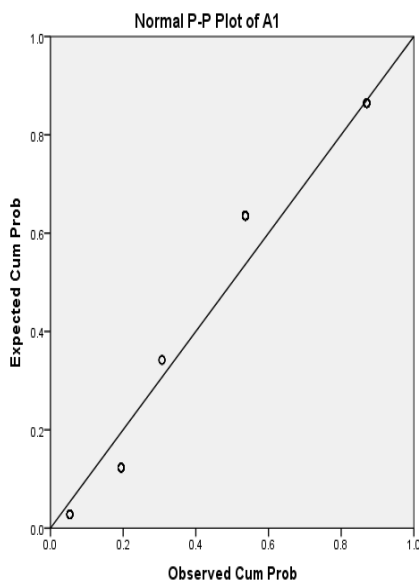
Verilerin analiz edilmesi için normal dağılıma sahip olmaları gerekmektedir. Excel dosyasına kaydedilen veriler SPSS programı ile normallik testine tabi tutulmuşlardır.

Bilindiği üzere "olasılık diyagramında (probability plot)" veriler doğrunun her iki tarafında simetrik dağıldığında normal dağılım göstermektedir (Şekil 3.14, Ek E). Normallik testi sonuçları incelendiğinde tüm gözlenen değişkenlerin (cevapların)

normal dağılıma sahip oldukları tespit edilmiştir. Bu durumda verimiz YEM analizlerine uygundur (Tablo 3.6).

Tablo 3.6. Tahmin Edilen Dağılım Parametreleri

	Normal Dağılım	
	Location (μ)	Scale (σ)
A1	3.54	1.328
A2	3.31	1.445
A3	3.15	1.463
A4	3.68	1.248
B1	3.84	1.192
B2	3.83	1.068
B3	4.22	1.121
B4	4.00	1.008
B5	3.72	1.050
C1	3.18	1.386
C2	3.91	1.093
C3	4.02	.975
C4	3.73	.988
C5	3.31	1.165
D1	3.78	1.285
D2	3.35	1.261
D3	3.70	1.147
E1	3.81	1.089
E2	3.91	.946
E3	3.65	1.177
E4	3.57	1.244
E5	3.48	1.024
F1	4.13	.967
F2	4.15	.933
F3	4.02	.924
F4	3.94	.943
G1	4.03	1.133
G2	3.79	1.251
G3	3.46	1.285
G4	2.87	1.312
G5	3.48	1.224



Şekil 3.14. Gözlenen Değişkenlerin Normallik Testi

DFA' da önceden belirlenmiş model test edilmektedir. Ortaya konulan potansiyel kök nedenlerin, gecikme örtük değişkenine olan olası etkilerini tahmin ederek, tahminlerin veriyle desteklenip desteklenmeyeceğini test edilir. Verinin test edilmesi için öncelikle modelin kurulması gerekmektedir. YEM analizlerinde kullanılmak üzere yazılmış birçok yazılım mevcuttur. Bu çalışmada AMOS yazılımı kullanılmıştır.

3.4.4.1. Korelasyon katsayısı analizleri

YEM modelleri oluşturulmadan önce verideki korelasyon göz önünde bulundurulmalıdır; böylece veride hangi değişkenlerin etkileşim içinde olduğu sayısal verilerle ortaya konabilir.

SPSS' de ham data üzerinde "Pearson's Correlation Coefficients" (Pearson korelasyon katsayıları) testi uygulanmıştır. Pearson Correlation testi iki değişken arasındaki ilişkinin yönünün ve derecesinin tespiti için kullanılır. "-1" ve "1" arası değer alır. Değerin "1" e yakın olması ilişkinin gücünü gösterir. "0,6" 'nın üzerindeki korelasyonlar modelde dikkate alınır (Yang, 2008). Anlamlı çıkan ilişkiler Tablo 3.7' de listelenmiştir. Tablonun tamamı için Bkz. Ek F.

Tablo 3.7. Pearson Korelasyon Katsayısı > 0,6

A2 - A3	Tezgah / forklift / Makinelerin sık sık arızalanması / eski olması	Tezgah / Makine / forklift sayısının yetersiz olması
B1 - A3	Çalışanların makine arızası / kalite problemleri gibi konularda sorumluluk almaması veya verilmemesi	Tezgah / Makine / forklift sayısının yetersiz olması
C2 - A4	Malzemelerin kabul/red kararlarıyla ilgili katı kuralların uygulanmayışı	Makine / tezgahlarda kullanılan aparat / kalıp yetersizliği
B1 - C5	Çalışanların makine arızası / kalite problemleri gibi konularda sorumluluk almaması veya verilmemesi	Kalıp / aparat kalite onay sürecinin uygulanmaması
E1 - A2	Kapasitenin yanlış hesaplanması, siparişlerin tezgah doluluğu göz önünde bulundurulmadan kabulü	Tezgah / forklift / Makinelerin sık sık arızalanması / eski olması
D3 - B3	Tezgahlarda kullanılan aparatların uygun zamanda / kalitede / adette temin edilememesi	Performans değerlendirme yönteminin etkin olmaması, ürün kalitesine değil, üretilen adete dayalı olması

Tablo 3.7. Pearson Korelasyon Katsayısı > 0,6 (Devam)

E1 - B2	Kapasitenin yanlış hesaplanması, siparişlerin tezgah doluluğu göz önünde bulundurulmadan kabulü	Çalışanların teknik bilgi ve deneyimlerinin yetersiz olması
E1- B3	Kapasitenin yanlış hesaplanması, siparişlerin tezgah doluluğu göz önünde bulundurulmadan kabulü	Performans değerlendirme yönteminin etkin olmaması, ürün kalitesine değil, üretilen adete dayalı olması
G4 - C4	Tüm bölümlerde ortak IFS kullanılmaması	Uygun olmayan ürünün yönetiminin karmaşıklığı / hiyerarşik karar gerektirmesi
G1 - E1	Bakımların (Makine / cihaz / aparat / kalıp) etkin bir plan çerçevesinde yapılmaması	Kapasitenin yanlış hesaplanması, siparişlerin tezgah doluluğu göz önünde bulundurulmadan kabulü
G5 - B4	Yeni ürün geliştirme sürecinin hataya açık olabilecek kadar kısa sürede yapılması	Çalışanların motivasyonlarının düşük olması, kapasitelerinin altında çalışması
G4 - B4	Tüm bölümlerde ortak IFS kullanılmaması	Çalışanların motivasyonlarının düşük olması, kapasitelerinin altında çalışması
E2 - B3	Tedarikçiye kapasitesinin üzerinde sipariş geçilmesi / Geçilen sipariş için verilen teslim tarihinin iyi planlanmaması	Performans değerlendirme yönteminin etkin olmaması, ürün kalitesine değil, üretilen adete dayalı olması
E3 - B1	Üretim Bölümlerine ve Tezgahlara kapasite üstünde yükleme yapılması	Çalışanların makine arızası / kalite problemleri gibi konularda sorumluluk almaması veya verilmemesi
E4 - B1	Tezgah doluluğu Nedeniyle Uygun Olmayan Tezgahta İşleme-Dövme-Montaj yapılması	Çalışanların makine arızası / kalite problemleri gibi konularda sorumluluk almaması veya verilmemesi
E5 - B3	Yeni design'ların geç temini (montaj alt parça / paket malzemesi vs.) veya üretimi	Performans değerlendirme yönteminin etkin olmaması, ürün kalitesine değil, üretilen adete dayalı olması
F1 - A4	Birimler arası koordinasyonun eksik olması	Makine / tezgahlarda kullanılan aparat / kalıp yetersizliği
F1 - B4	Birimler arası koordinasyonun eksik olması	Çalışanların motivasyonlarının düşük olması, kapasitelerinin altında çalışması
F2 - B1	Malzeme kullanılabilirlik onayının yönetim kademelerince geciktirilmesi / kalıcı çözümlerin ortaya konmaması / her seferinde farklı bir karar uygulanması	Çalışanların makine arızası / kalite problemleri gibi konularda sorumluluk almaması veya verilmemesi
F2 - D2	Malzeme kullanılabilirlik onayının yönetim kademelerince geciktirilmesi / kalıcı çözümlerin ortaya konmaması / her seferinde farklı bir karar uygulanması	Paketleme malzemesinin uygun zamanda / kalitede / adete temin edilememesi
F3 - A2	Revizyon sonrasında eski revizyonlu ürünlerin kullanımı / takibi /planlanması ile ilgili sürecin iyi oluşturulmaması / sorumluların belirsizliği	Tezgah / forklift / Makinelerin sık sık arızalanması / eski olması
G5 - A4	Yeni ürün geliştirme sürecinin hataya açık olabilecek kadar kısa sürede yapılması	Makine / tezgahlarda kullanılan aparat / kalıp yetersizliği
G5 - B1	Yeni ürün geliştirme sürecinin hataya açık olabilecek kadar kısa sürede yapılması	Çalışanların makine arızası / kalite problemleri gibi konularda sorumluluk almaması veya verilmemesi

Korelasyon katsayıları sadece iki neden arasındaki basit ilişkiyi verirler. Bu nedenle gecikmenin kök nedeninin tespiti için yeterli değildirler. Her ne kadar ilişkinin tamamını açıklamada yetersiz olsalar dahi, Pearson korelasyon katsayıları modelin kurulmasında veri hakkında fikir sahibi olmak için gereklidir (Yang, 2008).

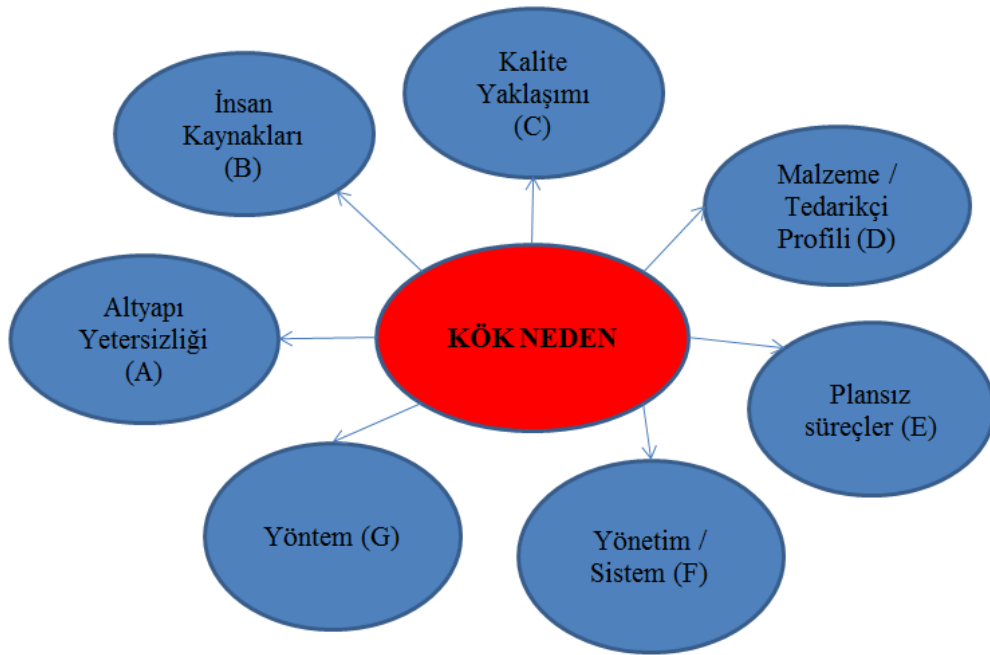
3.4.4.2. Modelin tanımlanması

Analiz edilecek veri bir seri yapısal eşitlik (regresyon eşitlikleri) içermektedir, bu nedenle oluşturulan bu yapısal eşitlikler, hipotezlerin daha kolay anlaşılabilmesi için görsel olarak çizimle gösterilmelidir. Model en temel anlamda, gözlenen (observed) ya da gözlenemeyen (latent) değişkenlerle, bunlar arasındaki neden-sonuç ilişkisini gösteren oklardan oluşur. Klasik istatistiksel yöntemlerden farklı olarak bağımlı ve bağımsız değişkenlerin yerine dışsal (exogenous) ve içsel (endogenous) değişken tanımlamaları kullanılır. Bunun en temel nedeni, YEM modellerinde bir değişkenin bazı değişkenler için bağımsız değişken iken, aynı anda bazı değişkenler için bağımlı değişken olabilmesidir (Meydan, 2011).

YEM modellerinde modelin tanımlanmasının temelinde konuyla ilgili teori yatmaktadır, kök neden analizinde bir analiz yöntemi olarak kullanılmasında sadece teoriden yola çıkmak yetersiz olacaktır; çünkü gecikme nedenleri işletmelerin faaliyet alanları, büyüklükleri, süreçleri gibi birçok faktöre bağlı olarak kurumdan kuruma farklılık gösterecektir. Bu çalışmada bir teorinin doğrulaması yerine, çalışanlar tarafından ortaya konan nedenlerin gerçekten gecikme üzerinde etkisinin olup olmadığı ve etkisi var ise etkinin büyüklüğü incelenmektedir. Böylece ana etken tespit edilecek ve iyileştirilecektir.

Model oluşturulmadan önce hangi DFA modelinin analiz edileceği belirlenmelidir. Çalışanlar tarafından belirtilen gecikme nedenlerinin belli ana başlıklar altında toplandığı tespit edilmişti, bu ana nedenler gecikmenin alt nedenleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Gözlenen değişkenlerin birden fazla, birbiriyle bağıntısız faktör altında toplandığı, daha sonra ise bu faktörlerin daha geniş kapsayıcı bir faktör altında birleştiği bir model söz konusudur. Bu durumda ikinci düzey çok faktörlü model analiz edilecektir. 2. derece Latent (örtük - gözlenemeyen) değişken gecikmenin kök

nedeni, gecikmeye neden olan 1. derece örtük değişkenler ise; altyapı yetersizliği, insan kaynakları, kalite yaklaşımı, malzeme/tedarikçi profili, plansız süreçler, yönetim/sistem ve yöntemdir. Gecikme nedenlerini gösteren ana model aşağıda verilmiştir (Şekil 3.15). Önceki bölümlerde belirtildiği gibi gecikmeye neden olan ana faktörler, FMEA ve neden-sonuç araçları kullanılarak gerçekleştirilen beyin fırtınası ve nominal grup tekniği çalışmalarıyla elde edilmiştir.



Şekil 3.15. DFA Ana Yapı

Tablo 3.8. Gözlemlenebilen Değişkenler Listesi

ÖRTÜK DEĞİŞKEN	KOD	GÖZLEMLENEBİLEN DEĞİŞKEN
Altyapı Yetersizliği	A1	Çalışma alanının dar olması, ortam koşullarının uygun olmamasının hatayı tetiklemesi
Altyapı Yetersizliği	A2	Tezgah / forklift / Makinelerin sık sık arızalanması / eski olması
Altyapı Yetersizliği	A3	Tezgah / Makine / forklift sayısının yetersiz olması
Altyapı Yetersizliği	A4	Makine / tezgahlarda kullanılan aparat / kalıp yetersizliği
İnsan Kaynakları	B1	Çalışanların makine arızası / kalite problemleri gibi konularda sorumluluk almaması veya verilmemesi
İnsan Kaynakları	B2	Çalışanların teknik bilgi ve deneyimlerinin yetersiz olması
İnsan Kaynakları	B3	Performans değerlendirme yönteminin etkin olmaması, ürün kalitesine değil, üretilen adete dayalı olması

Tablo 3.8. Gözlemlenebilen Değişkenler Listesi (Devam)

İnsan Kaynakları	B4	Çalışanların motivasyonlarının düşük olması, kapasitelerinin altında çalışması
İnsan Kaynakları	B5	Çalışanların devamsızlığı durumunda alınacak önlemlerin belirlenmemiş olması, yerine ikamenin planlanmaması
Kalite Yaklaşımı	C1	Kalite kontrol araçlarının/ekipmanlarının hataları tespit edebilecek hassasiyette ve yeterlilikte olmaması
Kalite Yaklaşımı	C2	Malzemelerin kabul/red kararlarıyla ilgili katı kuralların uygulanmayışı
Kalite Yaklaşımı	C3	Yeniden işleme/tamirler için kalıcı çözümlerin ortaya konmaması
Kalite Yaklaşımı	C4	Uygun olmayan ürünün yönetiminin karmaşıklığı / hiyerarşik karar gerektirmesi
Kalite Yaklaşımı	C5	Kalıp / aparat kalite onay sürecinin uygulanmaması
Malzeme / Tedarikçi Profili	D1	Hammaddenin uygun zamanda / kalitede / adette temin edilememesi
Malzeme / Tedarikçi Profili	D2	Paketleme malzemesinin uygun zamanda / kalitede / adette temin edilememesi
Malzeme / Tedarikçi Profili	D3	Tezgahlarda kullanılan aparatların uygun zamanda / kalitede / adette temin edilememesi
Plansız süreçler	E1	Kapasitenin yanlış hesaplanması, siparişlerin tezgah doluluğu göz önünde bulundurulmadan kabulü
Plansız süreçler	E2	Tedarikçiye kapasitesinin üzerinde sipariş geçilmesi / Geçilen sipariş için verilen teslim tarihinin iyi planlanmaması
Plansız süreçler	E3	Üretim Bölümlerine ve Tezgahlara kapasite üstünde yükleme yapılması
Plansız süreçler	E4	Tezgah doluluğu Nedeniyle Uygun Olmayan Tezgahta İşleme-Dövme-Montaj yapılması
Plansız süreçler	E5	Yeni design'ların geç temini (montaj alt parça / paket malzemesi vs.) veya üretimi
Yönetim / Sistem	F1	Birimler arası koordinasyonun eksik olması
Yönetim / Sistem	F2	Malzeme kullanılabilirlik onayının yönetim kademelerince geciktirilmesi / kalıcı çözümlerin ortaya konmaması / her seferinde farklı bir karar uygulanması
Yönetim / Sistem	F3	Revizyon sonrasında eski revizyonlu ürünlerin kullanımı / takibi /planlanması ile ilgili sürecin iyi oluşturulmaması / sorumluların belirsizliği
Yönetim / Sistem	F4	Süreçlerin etkin tasarlanmamış olması / karmaşıklığı ve sorumluların belirsizliği
Yöntem	G1	Bakımların (Makine / cihaz / aparat / kalıp) etkin bir plan çerçevesinde yapılmaması
Yöntem	G2	Firma içinde lot takip sisteminin uygulanmaması / mevcut depolama sistematığının hataya zemin hazırlaması
Yöntem	G3	Ürünlerin elleçleme/taşıma yöntemlerinin malzemeye zarar vermeyecek şekilde design edilmemiş olması
Yöntem	G4	Tüm bölümlerde ortak IFS kullanılmaması
Yöntem	G5	Yeni ürün geliştirme sürecinin hataya açık olabilecek kadar kısa sürede yapılması

İkinci düzey DFA oluşturulurken; yukarıda Şekil 3.15' de belirtilen gecikme nedenleri birinci dereceden örtük değişkenler, Kök neden ise 2. dereceden örtük

değişken olarak alınmıştır. DFA' da modeldeki her bir örtük (gizil) değişken, bir grup gözlemlenen değişken tarafından ölçülmektedir (Meydan, 2011). Gözlenen değişkenler, ilişkide oldukları latent (örtük-gizli-gözlenemeyen) faktörlerin altında yatan nedenlerdir. Gözlenen değişkenler Tablo 3.8' de sıralanan ve Ek D' de anketle ölçülen değişkenlerdir. Her bir gözlenen değişkene bağlı ölçüm hatası ve örtük değişkenlerden birisine bağlı artık hata terimi bulunmaktadır. Ölçüm hatası, gözlemlenen değişkendeki rastgelelikten kaynaklanan rastgele ölçüm hatasıyken; artık hatası, örtük bir değişkenin dışsal bir faktör olarak, içsel faktör konumundaki bir başka örtük değişken üzerindeki etkisinden kaynaklanmaktadır. Gözlenen değişkenlerdeki hataların (error) yükleri "1", Örtük Değişkenlerin Hataları (Residuals) "1" ve örtük değişkenleri yordayan birinci derece gözlem değeri yükleri "1" olarak belirtilmiştir. Birinci seviye faktör yüklenimlerinin tamamının kolaylıkla tahmin edilebilmesi için ikinci seviye faktörün varyansı "1" e eşitlenir (Meydan, 2011). Modeldeki tek yönlü oklar yapısal regresyon katsayılarını temsil etmektedir. Örtük değişkenleri yordayan birinci derece gözlem değişkeninin belirlenmesi ise betimsel istatistiki veriler (Tablo 3.9) kullanılmıştır. Anket sonuçlarına göre ortalaması en yüksek olan gözlenen değişken seçilmiştir. Analizlerin yapılabilmesi için veri setinde basıklık 2' nin, çarpıklık 7' nin altında olmalıdır (Şimşek, 2007). Bizim veri setimiz bu koşulları sağlamaktadır.

Tablo 3.9. Betimsel İstatistiki Veriler

Descriptive Statistics							
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Çarpıklık	Basıklık
A1	125	1	5	3.54	1.323	-0.655	-0.851
A2	125	1	5	3.31	1.439	-0.394	-1.251
A3	125	1	5	3.14	1.457	-0.314	-1.331
A4	125	1	5	3.66	1.237	-0.803	-0.333
B1	125	1	5	3.83	1.190	-0.914	-0.038
B2	125	1	5	3.83	1.068	-0.938	0.311
B3	125	1	5	4.22	1.121	-1.588	1.774
B4	125	1	5	4.00	1.008	-1.091	0.732
B5	125	1	5	3.71	1.046	-0.721	0.237
C1	125	1	5	3.18	1.386	-0.318	-1.185
C2	125	1	5	3.91	1.093	-1.017	0.494
C3	125	1	5	4.02	.975	-0.817	-0.056
C4	125	1	5	3.71	.982	-0.476	-0.122
C5	125	1	5	3.30	1.152	-0.326	-0.659
D1	125	1	5	3.78	1.282	-0.729	-0.68
D2	125	1	5	3.34	1.251	-0.3	-0.809

Tablo 3.9. Betimsel İstatistiki Veriler (Devam)

D3	125	1	5	3.70	1.145	-0.747	-0.108
E1	125	1	5	3.80	1.085	-0.852	0.215
E2	125	1	5	3.90	.945	-0.843	0.907
E3	125	1	5	3.64	1.174	-0.625	-0.513
E4	125	1	5	3.57	1.240	-0.564	-0.584
E5	125	1	5	3.47	1.021	-0.312	-0.245
F1	125	1	5	4.13	.967	-1.064	0.676
F2	125	1	5	4.12	.938	-0.887	0.155
F3	125	1	5	4.02	.924	-0.708	-0.036
F4	125	1	5	3.93	.943	-0.782	0.328
G1	125	1	5	4.02	1.132	-1.152	0.555
G2	125	1	5	3.78	1.248	-0.885	-0.236
G3	125	1	5	3.45	1.267	-0.457	-0.748
G4	125	1	5	2.87	1.301	0.018	-0.953
G5	125	1	5	3.47	1.215	-0.422	-0.613
Valid N (listwise)	125						

Önceki bölümlerde gerçekleştirilen çalışmalar doğrultusunda aşağıdaki model (Şekil 3.16, büyük görüntü için Bkz. Ek G1), AMOS graphics ile elde edilmiştir. Modelin şematik çizimi yol diyagramı olarak adlandırılır çünkü modeller, üzerinde çalışılan konunun görsel olarak simgelenmesidir (Meydan, 2011). Aşağıda verilen (Şekil 3.16) yol diyagramında kareler "gözlenebilen değişkenleri", daireler "hata ve/veya artıkları", ovaler "örtük (ölçülemeyen) değişkenleri", oklar ise "ilişkileri" temsil etmektedirler.

Örtük değişkenler gözlemlenebilen değişkenlerdeki ortak varyasyonu göstermektedirler. Oklar ilişkileri faktör yüklerini temsil ederler. Ölçüm hataları, değişkenlerin bir kısımlarının hipotez testi yapılan faktörden başka bir şeyi ölçtüğünü belirtirler (Schumacker, 2004).

Başlangıç modelimizde her bir gözlemlenebilen değişken tek bir faktöre bağlanmıştır. Modelimizde A1,A2,A3,A4 gözlemlenebilen değişkenlerinin altyapı yetersizliği örtük değişkenini, B1,B2,B3,B4,B5 gözlemlenebilen değişkenlerinin insan kaynakları örtük değişkenini, C1,C2,C3,C4,C5 gözlemlenebilen değişkenlerinin kalite yaklaşımı örtük değişkenini, D1,D2,D3 gözlemlenebilen değişkenlerinin malzeme/tedarikçi profili örtük değişkenini, E1,E2,E3,E4,E5 gözlemlenebilen değişkenlerinin plansız süreçler örtük değişkenini, F1,F2,F3,F4

gözlemlenebilen değişkenlerinin yönetim/sistem örtük değişkenini, G1,G2,G3,G4,G5 gözlemlenebilen değişkenlerinin ise yöntem örtük değişkenini ölçtüğü düşünülmektedir. İnsan kaynakları, malzeme/tedarikçi profili, plansız süreçler, yöntem, yönetim/sistem, kalite yaklaşımı örtük değişkenlerinin kök neden örtük değişkenini ölçtüğü düşünülmektedir (Şekil 3.16).

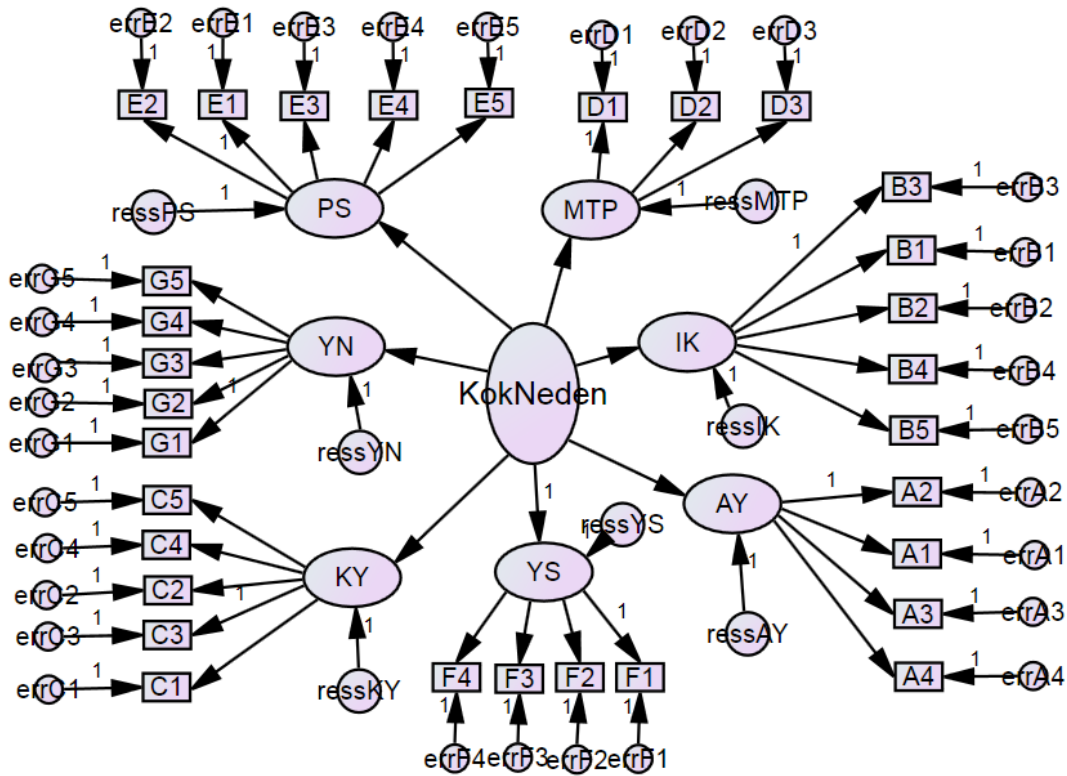
Bu durumda modelimizde 31 adet gözlemlenebilen değişken, 7 adet birinci dereceden örtük değişken ve bir adet ikinci dereceden örtük değişken bulunmaktadır. Mevcut veri seti Açımlayıcı Faktör Analizi (Exploratory Factor Analysis) ile değerlendirilmiş (Ek I) ve gözlemlenebilen değişkenlerin yedi ana faktör altında toplandığı tespit edilmiştir. Açımlayıcı Faktör Analizi; C1 gözlemlenebilen değişkeninin “Kalite kontrol araçlarının/ekipmanlarının hataları tespit edebilecek hassasiyette ve yeterlilikte olmaması” “Kalite Yaklaşımı” yerine “Altyapı Yetersizliği” faktörü altında olmasını, E5 gözlemlenebilen değişkeninin “Yeni dizaynların geç temini (montaj alt parça / paket malzemesi vs.) veya üretimi” “Plansız Süreçler” yerine “Malzeme/Tedarikçi Profili” faktörü altında olmasını önermektedir. Mevcut altyapılar (Şekil 3.16), başka bir deyişle her bir örtük değişkenin gözlemlenebilen değişkeni ile oluşturduğu ölçüm modeli analiz edildiğinde, altyapıların uyum iyiliği indekslerinin kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu (Ek J) tespit edilmiştir.

Açımlayıcı Faktör Analizi; B1 “Çalışanların makine arızası / kalite problemleri gibi konularda sorumluluk almaması veya verilmemesi”, B2 “Çalışanların teknik bilgi ve deneyimlerinin yetersiz olması”, C5 “Kalıp / aparat kalite onay sürecinin uygulanmaması”, F1 “Birimler arası koordinasyonun eksik olması”, G1 “Bakımların (Makine / cihaz / aparat / kalıp) etkin bir plan çerçevesinde yapılmaması” gözlemlenebilen değişkenlerinin modelden çıkarılmasını önermektedir.

Firma içindeki uzmanların görüşleri alındığında bu faktörlerin modelden çıkarılmasının daha uygun olmayacağı tespit edilmiştir. Anket sorularına verilen cevapların ortalaması alındığında B1 için 3,83, B2 için 3,83, C5 için 3,30, F1 için 4,13 ve G1 için 4,02 olduğu tespit edilmiştir. Soruların 5’li Likert ölçeği ile

ölçüldüğü değerlendirilirse çıkarılması önerilen faktörler anket katılımcıları tarafından önemli olarak değerlendirilmiştir.

Bu nedenle Açıklayıcı Faktör Analizinin modelimizden aykırı sonuçlar ortaya koymadığı ve önerilerin DFA modifikasyon indeksleri ve regresyon katsayılarının anlamlılığı ile tekrar değerlendirileceği söylenebilir.



Şekil 3.16. Test Edilen Model (İkinci Derece Faktör Analizi) - AMOS Girdi Yol Diyagramı

Model test edilmeden önce tanımlanmalı ve belirlenmelidir (identification). Şekil 3.16' da test edilecek model tanımlanmıştır. Modelin örneklem varyans kovaryans matrisindeki "S" farklı parametre sayısı " $p(p+1)/2$ " dir, buradaki p değeri gözlemlenebilen değişken sayısını göstermektedir. Modelimizde $p=31$ ' dir. Bu durumda $31(32)/2 = 496$ ' dır. Bu durumda S matrisindeki birbirinden bağımsız parametre sayısı "496", modelde tahmin edilecek serbest parametre sayısından "100" büyüktür (Schumacker, 2004). Model belirlenmiştir "identified". Tüm yolları tanımlanmış "doymuş model" deki (saturated model) serbest parametre sayısı " $p(p+3)/2$ " dir. Bu durumda doymuş modeldeki serbest parametre sayısı

$31(34)/2=527'$ dir. Modelde tahmin edilecek parametre sayısı 100' dür. Serbestlik derecesi (sd)(degrees of freedom-d.f.) $527-100=427'$ dir. Serbestlik derecesi pozitifdir, buradan modelin belirlenmiş "identified" olduğu sonucuna varılır. Modelin örneklem kovaryans matrisinden (S), model kovaryans matrisi (Σ) tahmin edilebilir (Schumacker, 2004).

3.3.4.3. Modelin analizi

YEM' in analizi, oluşturulan modelin görünen ve/veya görünmeyen tüm değişkenlerin birlikte test edilmesi ile elde edilen sonucun, eldeki verilerle ne derece uyumlu olduğunun ortaya konulmasıdır (Meydan, 2011). Modelin AMOS graphics ile çizilmesinin ardından test edilmesi gerekmektedir. Modelin test edilmesi ile elde edilen uyum indeksleri model ile veri arasında uyum olduğunu gösteriyorsa, yapısal olarak oluşturulan hipotezler kabul edilmekte; uyum indeksleri böyle bir uyumun var olmadığını ortaya koyuyorsa hipotezler reddedilmektedir (Meydan, 2011).

3.4.4.4. Analiz sonuçları

Modelimizde 77 adet değişken bulunmaktadır; 31 adet gözlenen değişken, 46 adet gözlenemeyen değişken, 39 tane dışsal değişken ve 38 tane içsel değişken.

Modelin Serbestlik Derecesinin Hesaplanması

Farklı moment sayısı:	527
Tahmin edilen farklı parametre sayısı:	100
Serbestlik derecesi (527 - 100):	427

Modelin doğrulanıp doğrulanmadığına karar vermek için analiz sonuçları incelenmelidir. AMOS programı "Metin çıktısı" ekranı analiz çıktılarını görüntülemektedir. "Model fit " modelin uyumuna, başka bir deyişle faktör yapısının doğrulanıp doğrulanmadığına yönelik değerleri içerir (Meydan, 2011). Eğer modelin uyumu iyiye, tanımlanan model örnek veri tarafından doğrulanır. Eğer modelin uyumu iyi değil ise, tanımlanan model örnek veri tarafından doğrulanmaz (Schumacker, 2004).

AMOS "metin çıktısı" ekranında χ^2 değeri CMIN kısaltmasıyla gösterilmektedir (Tablo 3.10). Modelin Yeterliliği modelin yeterli kabul edilmesi için χ^2 değerinin yüksek ve $p < 0,5$ olmalıdır. AMOS çıktı ekranında serbestlik derecesi 427 için $\chi^2 = 707,830$ $p=0$ elde edilmiştir.

χ^2 model uyum kriteri örneklem büyüklüğüne hassasiyet göstermektedir, örnek sayısı arttıkça (genelde 200 üstü), anlamlı olasılık derecesi göstermektedir. Buna karşın örnek sayısı azaldıkça (genelde 100' ün altı), χ^2 anlamlı olmayan olasılık dereceleri belirtir (Schumacker, 2004). Tez çalışmasında 125 kişinin görüşü alınmıştır, dolayısıyla örneklem büyüklüğümüz 125' tir. Araştırma fabrikada çalışanları üzerinden gerçekleştirilmektedir, dolayısıyla örneklem büyüklüğü kısıtlıdır. Anketi değerlendiren katılımcı sayısı arttırılabilir, fabrikadaki tüm çalışanların katılımı sağlanabilir; fakat anketi değerlendirilemeyecek yeterlilikte kişilerin görüşlerinin alınması yanlış sonuçların elde edilmesine neden olabileceğinden örneklem sayısı 125 ile kısıtlanmıştır.

Modelin iyi uyum gösterdiğinin kabulü için; $\chi^2/$ serbestlik derecesi. < 5 , RMSR < 0.05 , GFI $> 0,9$, AGFI $> 0,9$, NFI $> 0,9$, NNFI $> 0,9$ ve CFI $> 0,95$ olmalıdır. Bu değerlerin anlamlı çıkması her bir gözlenen değişkenin kendi grubuyla güçlü bir bağlantısı olduğunu ve gecikmeye etkisinin anlamlı olduğunu gösterir (Yang, 2008)

Buradan $\chi^2/$ serbestlik derecesi = 1,66 elde edilmiştir, yani model anlamlıdır. Aşağıda AMOS çıktısı verilmiştir. (Tablo 3.10 ve Tablo 3.11). Tablolarda "independence model" modeldeki değişkenler arasında hiçbir ilişkinin olmadığını varsayan ve veriye köktü uyum sağladığı bilinen "bağımsızlık modeli" (yokluk modeli - null model) dir. Bağımsızlık modeli hiçbir parametresi tahmin edilmemiş, boş modeldir, CFI ve NFI değerlerinin hesaplanması için bağımsızlık modelin iyi uyum göstermesi gerekir. Bağımsızlık modelinde kovaryanslar "0" olarak kabul edilir (Schmacker, 2004). Bağımsızlık modeli karşılaştırmalı uyum indekslerinde referans değer elde etmek amacıyla hesaplanır. Bağımsızlık modelinde gösterge değişkenler arasında hiçbir ilişkinin olmadığı varsayılır ve doğal olarak en kötü uyumu vermesi beklenir (Sütütemiz, 2005). "Saturated model" tüm parametreleri belirtilmiş "doymuş model"dir. Doymuş modelde serbest parametre sayısı $p(p+3)/2$

ile hesaplanır, buradaki p değeri modeldeki gözlemlenebilen değişken sayısıdır. "Default model" araştırmacının modeline yönelik değerleri içermektedir. χ^2 değeri "doymuş model" de "0" iken, "bağımsızlık modeli" nde maksimumdur. Teorik modelin "default model" χ^2 değeri bu ikisi arasında bir yerdedir. χ^2 değerinin "0" olması mükemmel uyumu veya örneklem kovaryans matrisi "S" ile teorik modele göre tanımlanan kovaryans matrisi " Σ " arasında farkın olmaması anlamına gelir. YEM modelleri genelde tüm yolları tanımlanmış model (saturated model) ile ilgilenmez. YEM' de amaç parsimony modeli elde etmektir. Parsimony model birkaç anlamlı yol ve anlamsız (nonsignificant) ve doymuş modele yakın χ^2 değerine sahip, örneklem kovaryansı ve model kovaryansı arasında minimum fark içeren modeldir. Bu iki matris arasındaki fark "artık matrisi" (residual matrix) ile gösterilir (Schmacker, 2004). RMSEA "0,06 - 0,08" nın arasında olması modelin kabul edilir olduğunu göstermektedir. Bu durumda modelimizin gözlemlerimizle örtüştüğü yani, tahmin edilen nedenlerin etkili olduğu sonucuna varılmaktadır.

Tablo 3.10. CMIN

Model	NPAR	CMIN	DF	P	CMIN/DF
Default model	100	707.830	427	.000	1.658
Saturated model	527	.000	0		
Independence model	62	1696.404	465	.000	3.648

Tablo 3.11. RMSEA

Model	RMSEA	LO 90	HI 90	PCLOSE
Default model	.073	.063	.082	.000
Independence model	.146	.139	.154	.000

Modelin çıktı yol diyagramı ile (Ek G2) model üzerinde örtük değişkenleri yordayan gözlemlenen değişkenlerin ve içsel örtük değişkenlerin yordama gücü görülmektedir. Verilerden elde edilen regresyon katsayıları aşağıdaki tabloda özetlenmiştir. Modelde tek uçlu oklar regresyon katsayıları ya da madde ağırlıklarını (λ_{ij}) göstermektedir. Gösterge ağırlıkları Maksimum Olabilirlik (Maximum Likelihood-ML) metoduna göre standartlandırılmış katsayı tahminleri olarak verilmektedir. Her bir boyutu etkileyen madde ağırlıklarının (λ_{ij}) yüksek ve anlamlı olması gerekir (Sütütemiz, 2005). C.R. (Critical Ratio) değerlerinin 1,96'dan büyük olması, tahminlerin anlamlı olduğunu göstermektedir (Byrne, 2009).

Tablo 3.12. Regresyon Tahminleri

			Regression Weight	S.E.	C.R.	P	Standardized Regression Weight
E	<---	KokNeden	1.245	0.353	3.526	***	0.691
G	<---	KokNeden	1.419	0.416	3.407	***	0.815
C	<---	KokNeden	1.376	0.398	3.46	***	0.906
F	<---	KokNeden	1				0.705
A	<---	KokNeden	1.906	0.556	3.426	***	0.553
B	<---	KokNeden	1.324	0.399	3.315	***	0.684
D	<---	KokNeden	1.988	0.539	3.686	***	0.706
E2	<---	E	1				0.616
E1	<---	E	1.066	0.212	5.029	***	0.572
E3	<---	E	1.447	0.246	5.872	***	0.718
E4	<---	E	1.502	0.258	5.813	***	0.706
E5	<---	E	0.884	0.194	4.555	***	0.504
D1	<---	D	1				0.71
D2	<---	D	0.972	0.154	6.323	***	0.707
D3	<---	D	0.908	0.142	6.396	***	0.722
G1	<---	G	1				0.497
G2	<---	G	1.549	0.316	4.908	***	0.699
G3	<---	G	1.734	0.34	5.107	***	0.771
G4	<---	G	1.279	0.295	4.341	***	0.553
G5	<---	G	1.332	0.289	4.615	***	0.617
B3	<---	B	1				0.559
B1	<---	B	0.629	0.215	2.922	0.003	0.331
B2	<---	B	0.858	0.212	4.039	***	0.503
B4	<---	B	0.988	0.216	4.565	***	0.614
B5	<---	B	1.094	0.232	4.712	***	0.655
C3	<---	C	1				0.504
C1	<---	C	1.641	0.376	4.366	***	0.582
C2	<---	C	1.131	0.281	4.03	***	0.509
C4	<---	C	0.977	0.249	3.927	***	0.489
C5	<---	C	1.364	0.312	4.367	***	0.582
F1	<---	F	1				0.474
F2	<---	F	1.43	0.309	4.636	***	0.699
F3	<---	F	1.573	0.327	4.81	***	0.78
F4	<---	F	1.469	0.314	4.675	***	0.714
A2	<---	A	1				0.774
A1	<---	A	0.688	0.122	5.658	***	0.58
A3	<---	A	0.919	0.139	6.629	***	0.703
A4	<---	A	0.691	0.115	6.029	***	0.622

Regresyon değerleri faktör yüklenimlerini ifade etmektedir. Yukarıda (Tablo 3.12, Ek G2) regresyon katsayıları, basit ve çok değişkenli regresyondaki (B değerleri) ve standartlaştırılmış regresyon katsayıları (β değerleri) verilmiştir. Her ikili ilişkinin hizasında bulunan "p" değerleri bu ikili ilişkinin istatistiksel anlamlılığı konusunda fikir vermektedir. 0,05 değerinden küçük değerler anlamlı olarak kabul edilmektedir (Meydan, 2011). Modelimizde her bir regresyon katsayısı için " $p < 0,05$ " dir. Sonuçlara göre tüm ilişkiler anlamlıdır. C.R. (critical ratio) değerleri incelendiğinde tahminlerin (estimates) anlamı olduğu sonucuna varılmaktadır; çünkü tüm C.R. değerleri 1,96' dan büyüktür.

Modelin uyumu makuldür; fakat hala daha bazı modifikasyonlar ile beklenen düzeye getirilebilir.

3.4.4.5. Modelin modifikasyonu

Modelin uyumu beklenenin altında olduğunda modifikasyona başvurulur. Modelin modifikasyonu için anlamlı olarak "0" dan farklı olmayan parametreler modelden çıkarılabilir; fakat modelimizde tüm parametrelerin faktör yükleri anlamlı çıkmıştır. AMOS metin çıktılarından " Modifikasyon İndeksleri" (MI değerleri - Modification Indices) modelin daha iyi uyum sağlaması için yapılabilecek düzeltmelere ilişkin ipuçları vermektedir (Meydan, 2011). Bu indeksler gözlenebilen ve örtük değişkenler arasındaki kovaryansa bakarak, daha çok hata matrislerini temel alan ayrıntılı değişiklikler önerirler. Bu değişimler gözlenebilen ve örtük değişkenler arasında oluşturulması gereken yeni bağlantıları, modelden çıkarılması gerekli değişkenleri ve değişkenler arasında eklenmesi uygun görülen hata kovaryanslarına kadar çok sayıda parametreyi içerir. Bu parametreler temel alındığında, modifikasyon sonucunda modelde kazanılacak χ^2 miktarı da bu indekslerle gösterilmektedir (Sütütemiz, 2005). Burada gösterilen ilişkilendirme ya da silme işlemleri modelin daha iyi uyum sonuçları vermesini sağlar; ancak bu işlemlerin yapılması kuramsal bir gerekçeye dayanmalıdır.

Test Edilen modele ait kovaryans MI değerleri Tablo 3.13' te ve regresyon MI değerleri Tablo 3.14' de gösterilmektedir.

Tablo 3.13. Birinci Model Kovaryans Modifikasyon İndeksleri

Covariences		M.I.	Par Change
ressMTP	<--> ressYS	5,029	-,073
errF3	<--> ressAY	4,674	-,148
errF3	<--> ressKY	4,600	-,059
errF3	<--> resslK	4,358	,082
errF3	<--> errA2	6,740	-,172
errF2	<--> ressKY	4,270	,061
errF2	<--> resslK	6,095	-,105
errF2	<--> ressMTP	9,823	-,179
errF1	<--> errA4	4,292	-,167
errC4	<--> ressYN	4,460	-,080
errC2	<--> errA4	6,335	-,227
errC2	<--> errF4	6,688	-,165
errC2	<--> errC4	4,486	,163
errC1	<--> ressAY	10,824	,394
errC1	<--> ressYS	7,510	-,123
errC1	<--> errA2	6,522	,296
errC1	<--> errF3	4,351	-,151
errC1	<--> errC5	4,843	,230
errC3	<--> errF2	9,287	,175
errB5	<--> ressMTP	4,044	,137
errB5	<--> errF2	5,391	-,134
errB4	<--> ressYN	4,443	-,078
errB4	<--> ressPS	6,466	,108
errB4	<--> errF3	12,971	,190
errB4	<--> errF2	5,229	-,130
errB4	<--> errF1	6,907	-,177
errB2	<--> ressPS	4,246	-,098
errB1	<--> errA4	5,393	,245
errB3	<--> ressYS	4,421	,079
errB3	<--> ressMTP	7,565	-,211
errB3	<--> ressPS	4,700	-,105
errB3	<--> errF2	5,141	,147
errB3	<--> errC4	6,655	,201
errB3	<--> errB4	4,319	,157
errG5	<--> resslK	5,165	-,132
errG4	<--> ressAY	4,733	,246
errG4	<--> errG5	7,851	,283
errG3	<--> errA1	5,715	,225
errG3	<--> errA2	4,975	-,201
errG3	<--> errF2	4,250	,126
errG2	<--> ressKY	4,903	-,087
errG2	<--> resslK	5,500	,131
errG2	<--> errC1	5,972	-,253
errG2	<--> errB5	4,302	,158
errG1	<--> errA3	4,363	-,218
errG1	<--> errA2	5,354	,227
errG1	<--> errC5	6,919	,234
errG1	<--> errB1	4,681	-,222
errD3	<--> errA4	15,851	,331
errD3	<--> errC2	4,905	-,174
errD3	<--> errB1	8,564	,268

Tablo 3.13. Birinci Model Kovaryans Modifika İndeksleri (Devamı)

errD3	<-->	errG1	4,204	,166
errD2	<-->	errF2	6,045	-,161
errD2	<-->	errC4	5,521	,184
errD1	<-->	errF3	6,546	-,158
errD1	<-->	errC5	4,085	,181
errE5	<-->	ressMTP	9,232	,215
errE5	<-->	errF1	5,262	,163
errE5	<-->	errB4	5,580	-,166
errE5	<-->	errD2	15,763	,321
errE4	<-->	errB4	4,997	,169
errE4	<-->	errG3	6,548	-,207
errE3	<-->	errA4	5,647	-,201
errE3	<-->	errF2	4,727	-,131
errE3	<-->	errB4	10,254	,227
errE3	<-->	errB1	4,704	-,202
errE1	<-->	errA4	6,748	,225
errE1	<-->	errA2	7,568	-,250
errE1	<-->	errG3	7,756	,216
errE1	<-->	errG1	10,405	-,272
errE2	<-->	ressYS	4,723	,065

Tablo 3.14. Birinci Model Regresyon Modifikasyon İndeksleri

			M.I.	Par Change
A4	<---	B1	5.156	0.178
A4	<---	D3	11.053	0.271
A4	<---	E1	5.126	0.194
A1	<---	G	4.454	0.42
A1	<---	C5	4.399	0.186
A1	<---	G3	7.862	0.226
A2	<---	F3	5.544	-0.249
A2	<---	G3	5.389	-0.179
A2	<---	E1	7.964	-0.255
F4	<---	C2	5.095	-0.136
F3	<---	A2	6.621	-0.11
F3	<---	B4	10.408	0.196
F2	<---	D	4.43	-0.172
F2	<---	C3	6.729	0.176
F2	<---	B5	6.552	-0.162
F2	<---	B4	6.662	-0.17
F2	<---	D3	4.419	-0.122
F2	<---	D2	8.239	-0.152
C5	<---	G1	6.475	0.2
C4	<---	B3	6.069	0.175
C2	<---	A4	7.401	-0.193
C2	<---	D3	4.668	-0.166
C1	<---	A	6.153	0.267
C1	<---	A2	9.398	0.228
C1	<---	F3	5.347	-0.268
C3	<---	F2	4.628	0.18

Tablo 3.14. Birinci Model Regresyon Modifikasyon İndeksleri (Devamı)

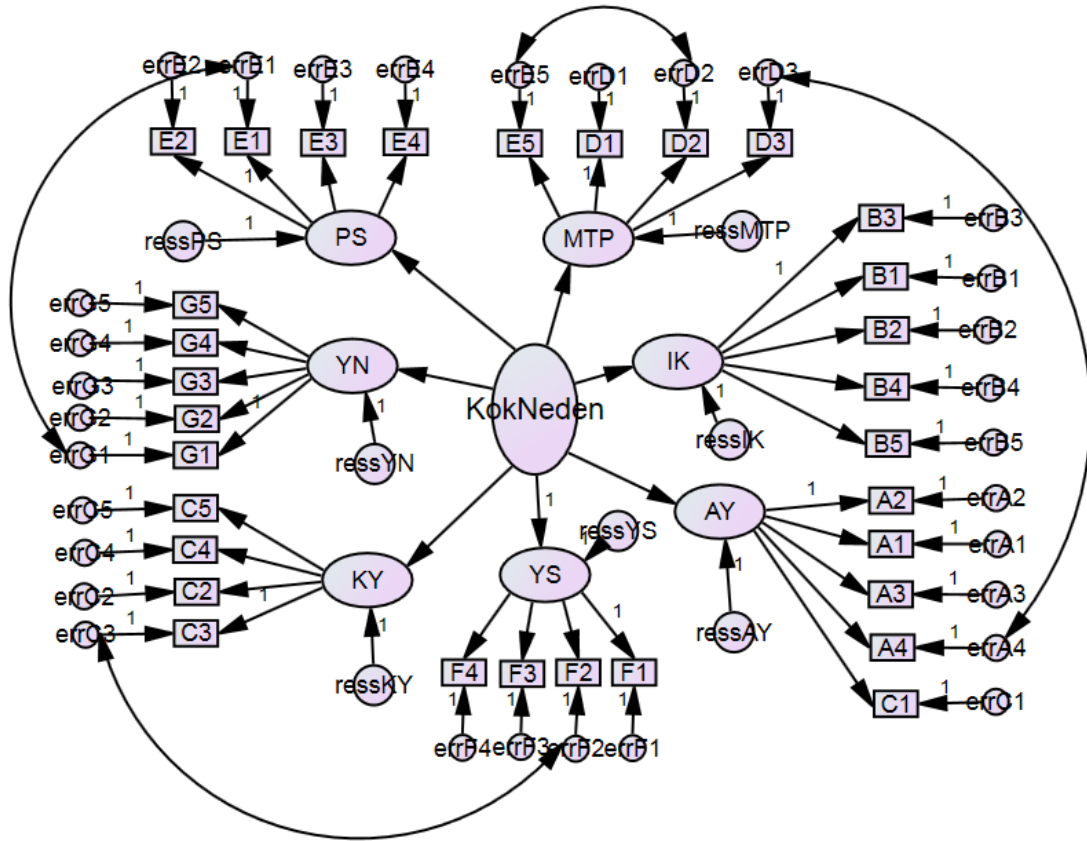
B4	<---	F1	5.197	-0.183
B4	<---	G4	4.094	-0.121
B4	<---	G3	4.921	-0.136
B4	<---	E4	4.129	0.127
B4	<---	E3	6.778	0.173
B2	<---	C2	4.16	0.162
B1	<---	D3	5.933	0.218
B3	<---	F2	5.154	0.215
B3	<---	C4	5.448	0.211
B3	<---	D2	5.165	-0.161
G5	<---	A4	5.096	-0.166
G5	<---	B5	4.796	-0.19
G5	<---	G4	5.087	0.157
G4	<---	G5	4.398	0.175
G2	<---	C1	4.07	-0.127
G2	<---	B5	5.302	0.193
G2	<---	B4	4.761	0.189
G1	<---	C5	5.63	0.187
G1	<---	D3	4.391	0.166
G1	<---	E1	6.581	-0.215
D3	<---	A4	12.886	0.235
D3	<---	C2	4.505	-0.157
D3	<---	B1	6.225	0.17
D2	<---	F2	4.574	-0.204
D2	<---	C4	4.452	0.192
D2	<---	E5	14.149	0.329
E5	<---	D	8.967	0.303
E5	<---	F1	5.914	0.206
E5	<---	C4	5.262	0.191
E5	<---	D3	4.476	0.151
E5	<---	D2	19.189	0.287
E3	<---	A4	4.84	-0.146
E3	<---	F2	4.47	-0.186
E3	<---	C3	4.079	-0.171
E3	<---	B4	5.83	0.197
E1	<---	G3	4.958	0.148
E1	<---	G1	5.177	-0.169

Yukarıda tablolarda (Tablo 3.13, Tablo 3.14) verilen modifikasyon indeksleri incelenmiş ve modele katılması düşünülen ilişkilerin açıklamaları Tablo 3.15' de verilmiştir. YEM analizinde modifikasyonda modele katılacak ilişkilerin teoriyle uyumlu olması gereklidir. Tezimizde analiz edilen yol diyagramı bir teoriye değil mevcut fabrika süreçlerindeki aksaklıklara dayanarak hazırlanmıştır; bu nedenle modele katılacak ilişkilerin fabrika süreçlerine uygun olması gerekmektedir. Hangi ilişkilerin modele katılabileceğinin tespiti için, uzman işletmedeki bazı uzmanların görüşlerine başvurulmuştur.

Tablo 3.15. Birinci test edilen modelde MI değeri>10 olan ilişkiler

İlişki			Açıklama	Modele katılacak (Evet / Hayır)
errF2	<-->	ressMTP	Malzeme kullanılabilirlik onayının yönetim kademelerince geciktirilmesi / kalıcı çözümlerin ortaya konmaması / farklı bir karar uygulanması - Malzeme/Tedarikçi Profili	Hayır
errC1	<-->	ressAY	Kalite kontrol araçlarının/ekipmanlarının hataları tespit edebilecek hassasiyette ve yeterlilikte olmaması - Altyapı Yetersizliği	Evet
errC3	<-->	errF2	Yeniden işleme/tamirler için kalıcı çözümlerin ortaya konmaması - Malzeme kullanılabilirlik onayının yönetim kademelerince geciktirilmesi / kalıcı çözümlerin ortaya konmaması / farklı bir karar uygulanması	Evet
errB4	<-->	errF3	Çalışanların motivasyonlarının düşük olması, kapasitelerinin altında çalışması - Revizyon sonrasında eski revizyonlu ürünlerin kullanımı / takibi /planlanması ile ilgili sürecin iyi oluşturulmaması / sorumluların belirsizliği	Hayır
errD3	<-->	errA4	Tezgahlarda kullanılan aparatların uygun zamanda / kalitede / adette temin edilememesi - Makine / tezgahlarda kullanılan aparat / kalıp yetersizliği	Evet
errE5	<-->	ressMTP	Yeni design'ların geç temini (montaj alt parça / paket malzemesi vs.) veya üretimi -Malzeme / Tedarikçi Profili	Evet
errE5	<-->	errD2	Yeni design'ların geç temini (montaj alt parça / paket malzemesi vs.) veya üretimi - Paketleme malzemesinin uygun zamanda / kalitede / adette temin edilememesi	Evet
errE3	<-->	errB4	Üretim Bölümlerine ve Tezgahlara kapasite üstünde yükleme yapılması - Çalışanların motivasyonlarının düşük olması, kapasitelerinin altında çalışması	Hayır
errE1	<-->	errG1	Kapasitenin yanlış hesaplanması, siparişlerin tezgah doluluğu göz önünde bulundurulmadan kabulü - Bakımların (Makine / cihaz / aparat / kalıp) etkin bir plan çerçevesinde yapılmaması	Evet

İşletme süreçleri için anlamlı olan ilişkiler modele eklenerek (Şekil 3.17, Ek G3) model yeniden test edilmiştir. 1. modelde test sonucunda serbestlik derecesi 427 için $\chi^2 = 707,830$ elde edilmiştir. 2. modelde χ^2 değerinin iyileştiği görülmektedir; serbestlik derecesi 423 için $\chi^2 = 654,30$ ' a düşmüştür.



Şekil 3.17. İkinci Model (birinci modifikasyon sonrası) yol diyagramı

Modifikasyon sonrası modelin modifikasyon indeksleri Tablo 3.16 ve Tablo 3.17' de verilmektedir.

Tablo 3.16. İkinci Model Kovaryans Modifikasyon İndeksleri

Covariances			M.I.	Par Change
ressMTP	<-->	ressYS	4,541	-,066
errA2	<-->	errA3	6,899	,291
errF3	<-->	ressAY	5,987	-,157
errF3	<-->	errA2	5,243	-,153
errF2	<-->	ressIK	6,370	-,102
errF2	<-->	ressMTP	9,371	-,161
errC4	<-->	ressYN	5,823	-,099
errC2	<-->	errF4	7,639	-,175
errC2	<-->	errC4	4,794	,170
errC1	<-->	KokNeden	4,705	,083
errC1	<-->	ressKY	8,037	,150
errC1	<-->	ressMTP	4,445	,189
errC1	<-->	errF1	4,601	,201
errC1	<-->	errC5	7,009	,286
errB5	<-->	ressMTP	4,011	,131
errB5	<-->	errF2	4,861	-,122
errB4	<-->	ressYN	4,881	-,089
errB4	<-->	ressPS	8,385	,127
errB4	<-->	errF3	12,309	,184
errB4	<-->	errF2	4,477	-,116
errB4	<-->	errF1	6,901	-,177
errB2	<-->	ressPS	5,269	-,112
errB3	<-->	ressYS	4,479	<u>.078</u>
errB3	<-->	ressMTP	7,565	-,202
errB3	<-->	errF2	5,513	,147
errB3	<-->	errC4	6,951	,206
errB3	<-->	errB4	4,424	,159
errG5	<-->	ressIK	5,597	-,136
errG4	<-->	ressAY	5,610	,252
errG4	<-->	errG5	8,053	,287
errG3	<-->	errA1	5,459	,216
errG3	<-->	errA2	4,901	-,200
errG3	<-->	errB4	4,042	-,143
errG2	<-->	ressIK	5,180	,125
errG1	<-->	errC5	7,277	,235
errG1	<-->	errB1	4,486	-,208
errD3	<-->	errB1	4,516	,182
errD3	<-->	errG1	4,686	,157
errD2	<-->	ressYS	4,231	-,070
errD2	<-->	errF2	8,155	-,165
errD2	<-->	errB4	6,206	,176
errD1	<-->	errF3	5,627	-,147
errD1	<-->	errC5	4,039	,185
errE5	<-->	ressPS	4,015	,086
errE4	<-->	errG3	4,677	-,174
errE3	<-->	errA4	5,174	-,177
errE3	<-->	errB4	8,336	,202
errE1	<-->	ressYN	5,739	,100
errE1	<-->	errA4	5,881	,187
errE1	<-->	errG3	5,560	,173
errE2	<-->	ressYS	4,764	,065

Tablo 3.17. İkinci Model Regresyon Modifikasyon İndeksleri >10

Regression Weights			M.I.	Par Change
F3	<---	B4	10,162	,193
C1	<---	C5	10,956	,311

Yukarıda tablolarda verilen modifikasyon indeksleri incelendiğinde MI değeri "10" üzerinde olan ilişkilerin açıklamaları Tablo 3.18' de verilmiştir. Hangi ilişkilerin modele katılabileceğinin tespiti için, uzman işletmedeki bazı uzmanların görüşlerine başvurulmuştur.

Tablo 3.18. İkinci Test Edilen Modelde MI>10 olan ilişkiler

İlişki			Açıklama	Modele katılacak (Evet / Hayır)
errF2	<-->	ressMTP	Malzeme kullanılabilirlik onayının yönetim kademelerince geciktirilmesi / kalıcı çözümlerin ortaya konmaması / farklı bir karar uygulanması - Malzeme/Tedarikçi Profili	Hayır
errB4	<-->	errF3	Çalışanların motivasyonlarının düşük olması, kapasitelerinin altında çalışması - Revizyon sonrasında eski revizyonlu ürünlerin kullanımı / takibi /planlanması ile ilgili sürecin iyi oluşturulmaması / sorumluların belirsizliği	Hayır

İşletme süreçleri için anlamlı olan ilişkiler modele eklenerek (Şekil 3.18, Ek G3) model yeniden test edilmiştir. 1. modelde test sonucunda serbestlik derecesi 427 için $\chi^2 = 707,830$ elde edilmiştir. 2. modelde χ^2 değerinin iyileştiği görülmektedir; serbestlik derecesi 423 için $\chi^2 = 654,3$. 2. Uzman görüşleri alınarak modelin önerdiği modifikasyonların gerçekleştirilemeyeceği sonucuna varılmıştır. Neden-sonuç araçları ile oluşturulan ikinci derece DFA modeli (1. Model) ve modifikasyonlar sonucu elde edilen ikinci derece DFA modeli (2. Model) Tablo 3.19'da uyum indekslerine göre karşılaştırılmıştır. Modifikasyonlar sonucunda elde edilen model çok daha iyi uyum göstermektedir.

Tablo 3.19. Test Edilen Modellerin Uyum İndeksleri Karşılaştırması

	Ölçüm Uyum İstatistiği	Birinci Model	İkinci Model	İyi Uyum	Kabul Edilebilir Uyum
Genel Model Uyumu	χ^2 uyum testi	707,83	654,3	Anlamlı olmaması	-
	χ^2 / sd	1,658	1,547	≤ 3	$\leq 4-5$
Karşılaştırmalı Uyum İndeksleri	NFI	0,583	0,614	$\geq 0,95$	0,94 - 0,90
	IFI	0,779	0,818	$\geq 0,95$	0,94 - 0,90
	CFI	0,772	0,812	$\geq 0,97$	$\geq 0,95$
	RMSEA	0,073	0,066	$\leq 0,05$	0,06 - 0,08
Mutlak Uyum İndeksleri	GFI	0,746	0,767	$\geq 0,90$	0,89 - 0,85
	AGFI	0,704	0,727	$\geq 0,90$	0,89 - 0,85
Koruyucu Uyum İndeksleri	PNFI	0,535	0,559	$\geq 0,95$	-
	PGFI	0,642	0,654	$\geq 0,95$	-
Artık Temelli Uyum İndeksi	RMR	0,109	0,107	$\leq 0,05$	0,06 - 0,08

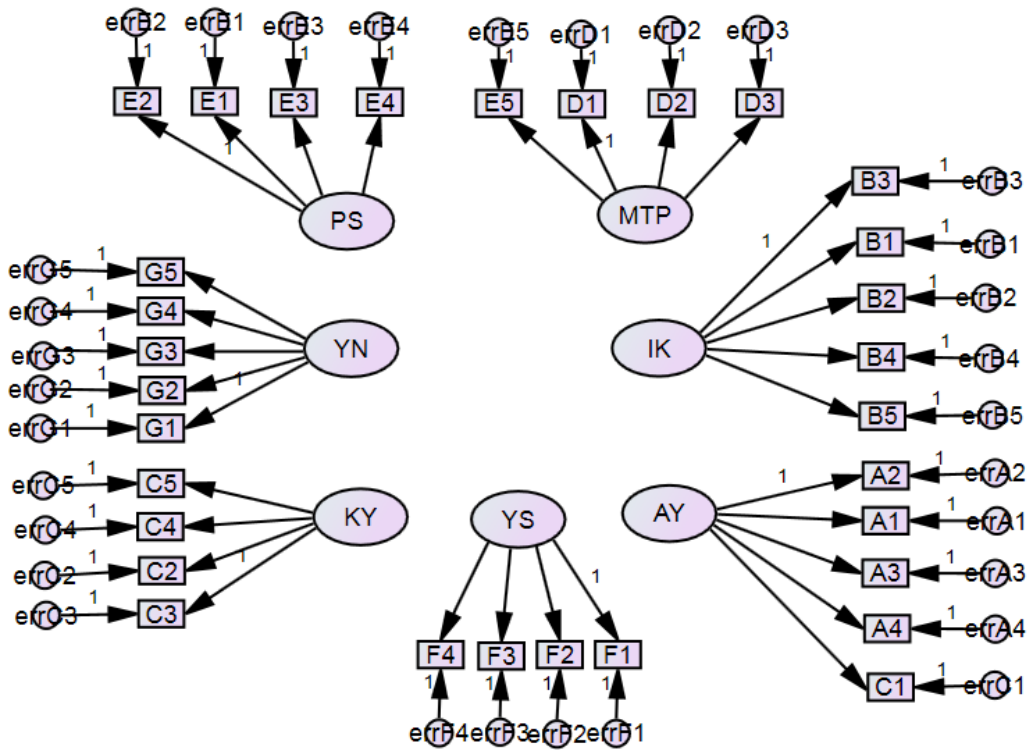
χ^2 (CMIN) ile gösterilmektedir. GFI, modelin eldeki veriye uygunluğunu örneklem büyüklüğüne bağlı olmaksızın değerlendiren ve bir anlamda basit regresyon modelindeki R^2 ye eş değerde bir uygunluk ölçüsüdür. AGFI, GFI değerinin serbestlik derecesine bağlı olarak ayarlanmış değerini vermektedir. CFI bağımsızlık modeli referans alınarak geliştirilmiş bir karşılaştırmalı uyum indeksidir. GFI, AGFI ve CFI' nin 0,90 - 0,94 arasındaki değerleri modelin eldeki veriye iyi uyum sağladığını, 0,95 ve üzerindeki değerler ise, mükemmel iyi uyum sağladığını göstermektedir. RMSEA ise, önerilen modelin parametreleri arasındaki kovaryans matrisiyle, örneklemde gözlenen değişkenler arasındaki kovaryans matrisi arasındaki farka dayanan uyum ölçüsüdür. Dolayısıyla, "0" a yakın değerler modelin eldeki veriye iyi uyum sağladığına ilişkin bilgi verir. 0,10' dan küçük değerler iyi model uyumunu, 0,05'ten küçük modeller ise mükemmel uyumu gösterir (Sütütemiz, 2005).

Tablodan açıkça anlaşılacağı üzere, modelde modifikasyonlar gerçekleştirildikçe uyum indeksleri iyileşmiştir.

3.4.4.6. Modelin alternatif DFA modelleri ile kıyaslanması

DFA analizi araştırmacının elindeki verinin orijinal (daha önce keşfedilmiş ve farklı çalışmalarda kullanılmış olan) yapıya uyup uymadığını gösterir. Araştırmacı elinde bulunan verinin daha önce kurgulanmış olan faktör yapısı ile uyumlu olup olmadığını ortaya koymak ister. Yani analizin amacı değişkenin faktör yapısını test etmektir. DFA yaparken ilişkisiz modelin analizi, birincil seviye DFA, ikincil seviye DFA, tek faktörlü model için DFA yapılmalı, bu dört analizin model uyumu değerlerine bakılarak en iyi uyumun hangisinde olduğuna dikkat edilmelidir. Bu modellerin testi için herhangi bir sıralama bulunmamaktadır. Önemli olan en iyi uyumun olduğu modelin test edilmesidir (Meydan, 2011).

İlişkisiz model örtük değişkenler arasında herhangi bir ilişki, regresyon veya korelasyon, tanımlanmayan modeldir. Şekil 3.18 (Ek G4) ilişkisiz modeli göstermektedir. İlişkisiz model birinci modelimizdeki 2. derece örtük değişkenin silinmesi ile elde edilebilir.



Şekil 3.18 İlişkisiz model

İlişkisiz modelin testi sonucunda, χ^2 değeri 915,7 elde edilmiştir. Bu değer ikincil seviye DFA χ^2 değerinin “654,30” çok üzerindedir. Yani ilişkili modele göre kötü uyum göstermektedir. İlişkisiz model MI değerleri incelendiğinde ilişkilerin eklenmesiyle modelin χ^2 değerinde anlamlı düşüş olabileceği görülmektedir. Tablo 3.20 ve Tablo 3.21’de MI değerleri “10”ün üzerindeki ilişkiler listelenmiştir.

Tablo 3.20. Kovaryans MI değerleri (MI>10)

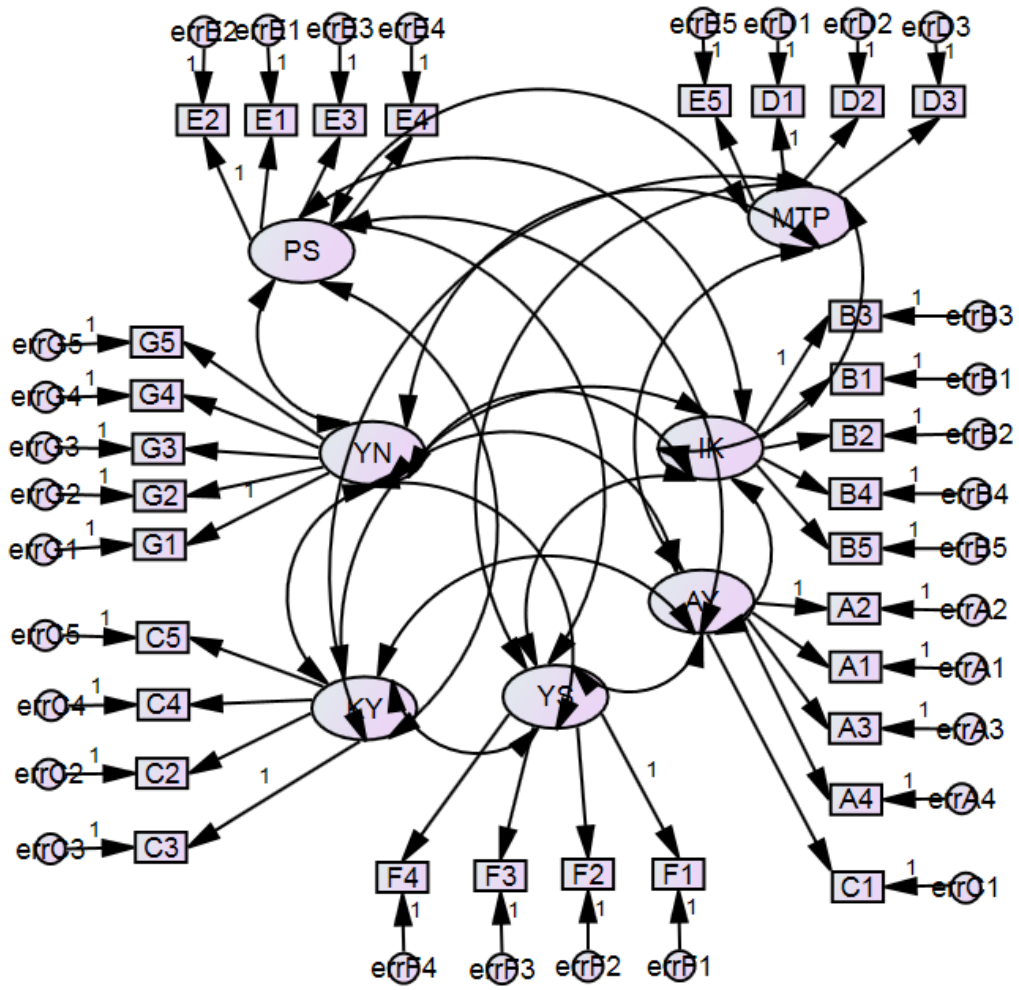
		M.I.	Par Change
C	<--> F	25,801	,141
B	<--> A	14,500	,341
B	<--> F	22,457	,160
B	<--> C	22,220	,204
G	<--> A	15,647	,274
G	<--> F	32,770	,150
G	<--> C	25,034	,168
G	<--> B	15,342	,160
D	<--> A	13,157	,371
D	<--> F	10,315	,124
D	<--> C	22,264	,233
D	<--> B	13,466	,222
D	<--> G	22,255	,220
E	<--> F	22,493	,138
E	<--> C	14,240	,141
E	<--> B	10,270	,146

	M.I.	Par Change
E <--> G	20,891	,161
E <--> D	19,109	,227
errC5 <--> A	10,329	,412
errC5 <--> G	14,959	,227
errC5 <--> D	11,239	,290
errC1 <--> C	13,503	,255
errC1 <--> D	11,629	,329
errC1 <--> errC5	10,586	,395
errB5 <--> D	10,199	,228
errB4 <--> E	10,234	,162
errB4 <--> errF3	13,876	,198
errG2 <--> B	11,885	,240
errD3 <--> errA4	17,689	,365

Tablo 3.21. Regresyon MI değerleri (MI>10)

	M.I.	Par Change
A4 <--- D3	12,935	,296
A1 <--- G3	11,191	,273
F3 <--- B4	16,593	,253
F2 <--- C3	11,701	,234
C5 <--- A	10,329	,301
C5 <--- G	14,959	,815
C5 <--- D	11,239	,472
C5 <--- A1	11,039	,249
C5 <--- C1	17,480	,299
C5 <--- G1	17,441	,366
C5 <--- D1	14,435	,294
C1 <--- C	13,503	1,010
C1 <--- D	11,629	,536
C1 <--- C5	16,086	,386
B5 <--- D	10,199	,371
B4 <--- E	10,234	,475
B4 <--- E4	10,299	,199
B4 <--- E3	12,215	,228
B3 <--- F2	10,559	,308
G2 <--- B	11,885	,578
G2 <--- B5	11,125	,290
G2 <--- B4	10,932	,298
D3 <--- A4	21,762	,314
E1 <--- G3	11,351	,226

Birincil seviye DFA, oluşturulmuş olan faktörler (örtük değişkenlerin) arasındaki ilişkiyi de modele dahil eden analizdir. Daha önce analizi yapılan ilişkisiz modelde çizilen örtük değişkenler karşılıklı olarak birbirlerine bağlandığında birincil seviye analizi yapacak pozisyona gelinmiş olmaktadır. Şekil 3.19 (Ek G5) birincil seviye DFA (ölçüm modelini) göstermektedir.



Şekil 3.19 Birincil seviye DFA modeli

Birincil seviye modelinin testi sonucunda, χ^2 değeri 681,3 elde edilmiştir. Bu değer ikincil seviye DFA χ^2 değerinin 654,30 üzerindedir. Modeldeki ilişkilerin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı incelendiğinde (Tablo 3.22) tüm ilişkilerin tamamının istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 3.22. Birincil seviye DFA modeli ilişki katsayıları

				Regg. Weights	S.E.	C.R.	P	Standardized Regg. Weights
Regression	E1	<---	E	1,049	0,203	5,175	***	0,583
	E3	<---	E	1,396	0,234	5,97	***	0,718
	E4	<---	E	1,462	0,246	5,94	***	0,711
	D1	<---	D	1				0,659
	D2	<---	D	1,142	0,173	6,586	***	0,771
	D3	<---	D	0,915	0,151	6,06	***	0,676
	G1	<---	G	1				0,494
	G2	<---	G	1,56	0,319	4,886	***	0,699
	G3	<---	G	1,744	0,343	5,08	***	0,77
	G4	<---	G	1,277	0,297	4,304	***	0,549
	G5	<---	G	1,356	0,293	4,624	***	0,624
	B3	<---	B	1				0,586
	B1	<---	B	0,608	0,201	3,026	0,002	0,336
	B2	<---	B	0,861	0,198	4,343	***	0,529
	B4	<---	B	0,904	0,194	4,662	***	0,589
	B5	<---	B	0,992	0,206	4,823	***	0,623
	C3	<---	C	1				0,524
	C2	<---	C	1,094	0,265	4,126	***	0,511
	C4	<---	C	1,013	0,241	4,207	***	0,527
	C5	<---	C	1,186	0,282	4,204	***	0,526
	F1	<---	F	1				0,466
	F2	<---	F	1,447	0,314	4,61	***	0,695
	F3	<---	F	1,619	0,336	4,816	***	0,79
	F4	<---	F	1,488	0,32	4,651	***	0,711
	A2	<---	A	1				0,764
	A1	<---	A	0,706	0,121	5,829	***	0,586
	A3	<---	A	0,906	0,135	6,7	***	0,683
	A4	<---	A	0,69	0,113	6,077	***	0,613
E2	<---	E	1				0,638	
E5	<---	D	0,721	0,131	5,496	***	0,597	
C1	<---	A	0,709	0,127	5,603	***	0,563	
Covariances	E	<-->	G	0,18	0,056	3,239	0,001	-
	G	<-->	C	0,207	0,062	3,343	***	-
	C	<-->	F	0,153	0,049	3,157	0,002	-
	F	<-->	A	0,149	0,064	2,317	0,02	-
	B	<-->	A	0,353	0,107	3,299	***	-
	D	<-->	B	0,256	0,083	3,065	0,002	-
	E	<-->	D	0,266	0,076	3,515	***	-
	E	<-->	C	0,164	0,053	3,114	0,002	-
	E	<-->	F	0,153	0,047	3,228	0,001	-
	E	<-->	A	0,218	0,084	2,601	0,009	-
	E	<-->	B	0,138	0,056	2,481	0,013	-
	D	<-->	G	0,264	0,079	3,358	***	-
	G	<-->	B	0,189	0,062	3,027	0,002	-
	G	<-->	A	0,289	0,091	3,177	0,001	-
	G	<-->	F	0,163	0,052	3,164	0,002	-
	C	<-->	A	0,285	0,09	3,172	0,002	-
	B	<-->	C	0,228	0,068	3,361	***	-
	D	<-->	C	0,303	0,083	3,653	***	-
	B	<-->	F	0,174	0,055	3,147	0,002	-
	D	<-->	F	0,145	0,054	2,669	0,008	-
D	<-->	A	0,416	0,124	3,359	***	-	

Birincil model MI değerleri incelendiğinde ilişkilerin eklenmesiyle modelin χ^2 değerinde anlamlı düşüş olabileceği görülmektedir. Tablo 3.23' te MI değerleri "10"un üzerindeki ilişkiler listelenmiştir. İlişkilerin açıklamaları Tablo 3.24' de verilmiştir. Hangi ilişkilerin modele katılabileceğinin tespiti için, işletmedeki bazı uzmanların görüşlerine başvurulmuştur.

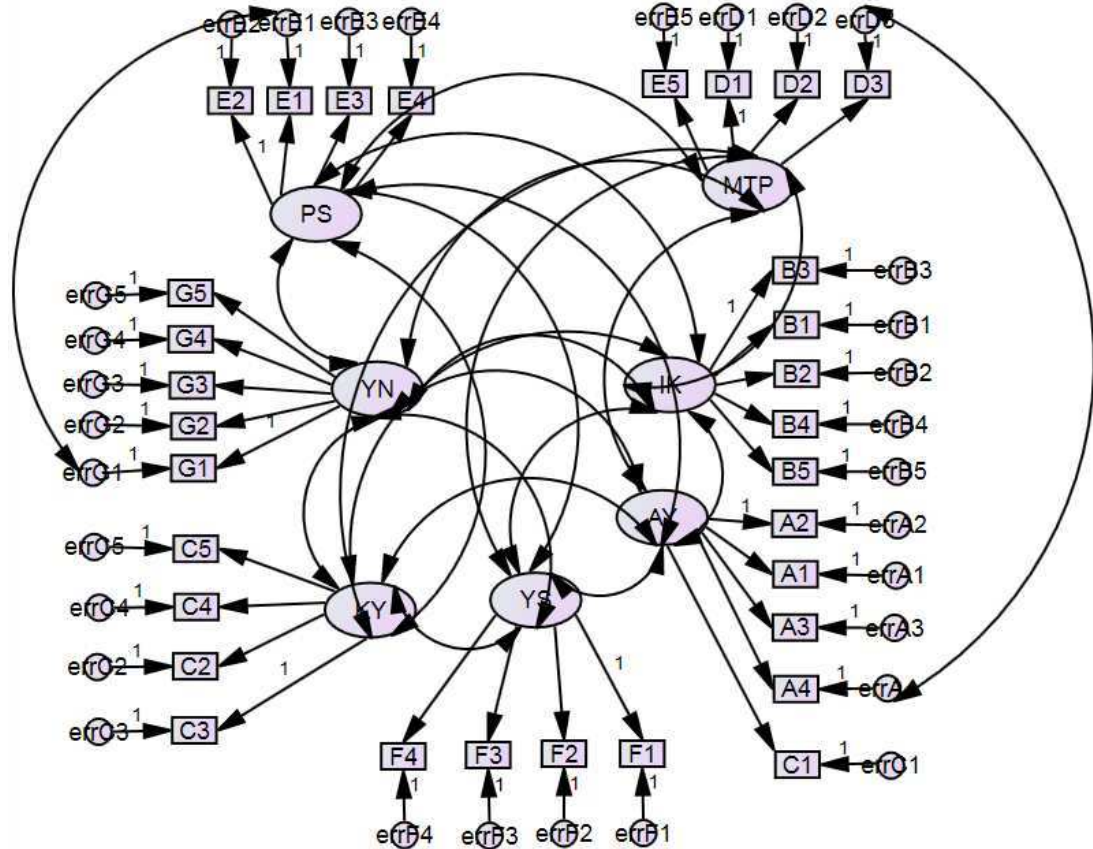
Tablo 3.23. Kovaryans ve Regresyon Modifikasyon Değerleri (MI > 10)

	Relations			M.I.	Par Change
Covariances	errF2	<-->	B	10,218	-0,137
	errB4	<-->	E	11,116	0,15
	errB4	<-->	errF3	9,985	0,164
	errD3	<-->	errA4	17,152	0,352
	errE3	<-->	errB4	10,261	0,23
	errE1	<-->	errG1	10,41	-0,271
Regression Weights	D3	<---	A4	15,178	0,259

Tablo 3.24. MI>10 olan ilişkilerin açıklaması

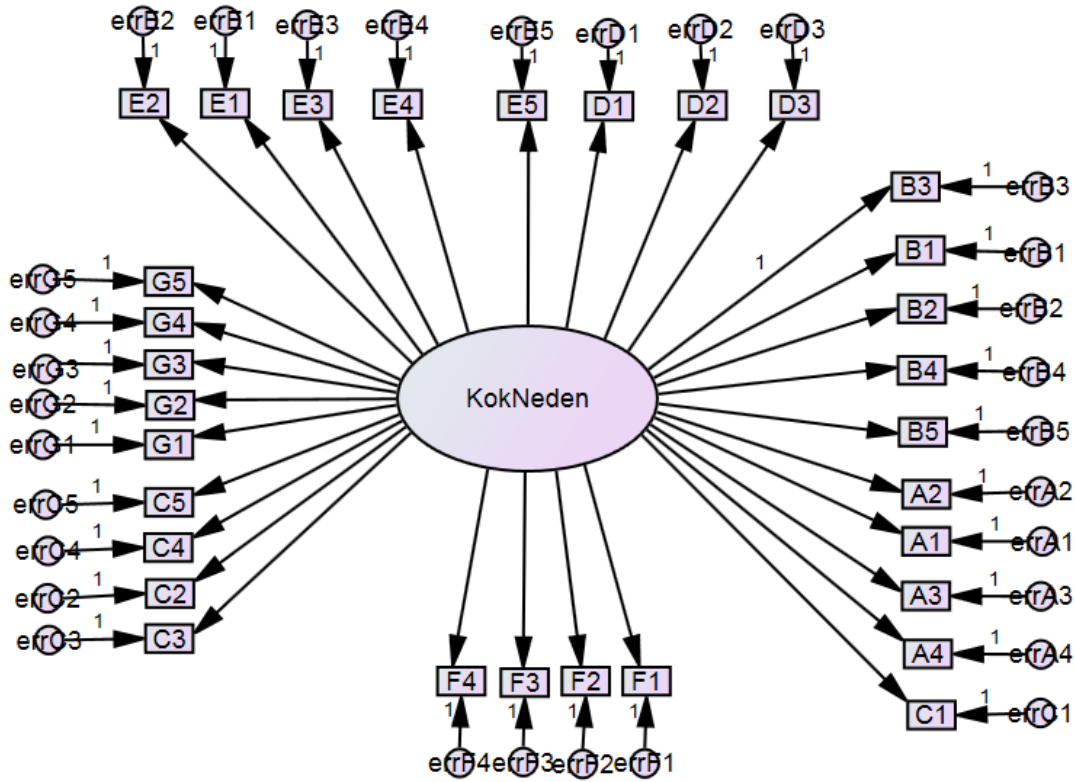
İlişki			Açıklama	Modele katılacak (Evet / Hayır)
errF2	<-->	B	Malzeme kullanılabilirlik onayının yönetim kademelerince geciktirilmesi / kalıcı çözümlerin ortaya konmaması / farklı bir karar uygulanması-İnsan Kaynakları	Hayır
errB4	<-->	E	Çalışanların motivasyonlarının düşük olması, kapasitelerinin altında çalışması-Yöntem	Hayır
errB4	<-->	errF3	Çalışanların motivasyonlarının düşük olması, kapasitelerinin altında çalışması - Revizyon sonrasında eski revizyonlu ürünlerin kullanımı / takibi /planlanması ile ilgili sürecin iyi oluşturulmaması / sorumluların belirsizliği	Hayır
errD3	<-->	errA4	Tezgahlarda kullanılan aparatların uygun zamanda / kalitede / adette temin edilememesi - Makine / tezgahlarda kullanılan aparat / kalıp yetersizliği	Evet
errE3	<-->	errB4	Üretim Bölümlerine ve Tezgahlara kapasite üstünde yükleme yapılması - Çalışanların motivasyonlarının düşük olması, kapasitelerinin altında çalışması	Hayır
errE1	<-->	errG1	Kapasitenin yanlış hesaplanması, siparişlerin tezgah doluluğu göz önünde bulundurulmadan kabulü - Bakımların (Makine / cihaz / aparat / kalıp) etkin bir plan çerçevesinde yapılmaması	Evet
D3	<---	A4	Tezgahlarda kullanılan aparatların uygun zamanda / kalitede / adette temin edilememesi - Makine / tezgahlarda kullanılan aparat / kalıp yetersizliği	Evet

Şekil 3.19' daki birincil derece doğrulayıcı faktör analizi modeli üzerinde, Tablo 3.24' te öngörülen modifikasyonlar gerçekleştirildiğinde, elde edilen model (Şekil 3.20, Ek G6) χ^2 değeri serbestlik derecesi 411 için, 651,3' tür. Modelin modifikasyon sonrasında χ^2 değerinde düşüş olduğu görülmektedir.



Şekil 3.20 Modifikasyonlar sonrası birincil derece DFA

Doğrulayıcı faktör analizi değerlerinin karşılaştırılması amacıyla tüm maddelerin tek bir örtük değişkene (faktöre) bağlandığı bir modelin daha test edilmesi gerekmektedir (Meydan, 2011). Modelimizdeki birinci dereceden örtük değişkenlerin modelde gerekli olup olmadığı bu aşamada değerlendirilmektedir. Gözlemlenebilen değişkenlerin belli örtük değişkenler altında toplanması yerine, direk olarak gecikmeyi oluşturup oluşturmadıkları, tek faktörlü model analizi ile değerlendirilebilir. Şekil 3.21 (Ek G7)' de tüm gözlemlenebilen değişkenlerin gecikme örtük değişkeni altında toplandığı tek faktörlü model gösterilmektedir.



Şekil 3.21 Tek faktörlü model

Tek faktörlü model χ^2 değeri 434 serbestlik derecesi için 970,457 elde edilmiştir.

Tablo 3.25' te ilişkisiz model, tek faktörlü model, birincil derece DFA ve ikincil derece DFA model uyum istatistikleri karşılaştırılmıştır.

Model uyum indeksleri incelendiğinde ilişkisiz model ve tek faktörlü model uyum indekslerinin oldukça kötü olduğu görülmektedir. Gözlemlenebilen değişkenlerin aracı değişkenler (1. dereceden örtük değişkenler) aracılığıyla kök nedeni oluşturduğu görülmektedir. Birincil derece DFA ve ikincil derece DFA uyum indeksleri ilişkisiz modelden çok daha iyidir, buradan yola çıkarak birincil derece örtük değişkenler arasında ilişki olduğu sonucuna varılabilir. Birincil derece DFA ve ikincil derece DFA uyum indeksleri birbirine çok yakındır, her iki modelin de veriye en uyumlu model olduğu sonucuna varılabilir.

Tablo 3.25. DFA analiz modellerinin karşılaştırılması

	Ölçüm Uyum İstatistiği	İlişkisiz Model	Tek faktörlü model	Birincil seviye DFA	İkincil seviye DFA	İyi Uyum	Kabul Edilebilir Uyum
Genel Model Uyum	χ^2 uyum testi	915,698	970,457	651,305	654,3	Anlamlı olmaması	-
	χ^2 / sd	2,110	2,236	1,585	1,547	≤ 3	$\leq 4-5$
Karşılaştırmalı Uyum İndeksleri	NFI	0,460	0,428	0,616	0,614	$\geq 0,95$	0,94 - 0,90
	IFI	0,618	0,575	0,813	0,818	$\geq 0,95$	0,94 - 0,90
	CFI	0,609	0,654	0,805	0,812	$\geq 0,97$	$\geq 0,95$
	RMSEA	0,95	0,100	0,069	0,066	$\leq 0,05$	0,06 - 0,08
Mutlak Uyum İndeksleri	GFI	0,660	0,664	0,767	0,767	$\geq 0,90$	0,89 - 0,85
	AGFI	0,612	0,616	0,718	0,727	$\geq 0,90$	0,89 - 0,85
Koruyucu Uyum İndeksleri	PNFI	0,430	0,399	0,545	0,559	$\geq 0,95$	-
	PGFI	0,578	0,581	0,635	0,654	$\geq 0,95$	-
Artık Temelli Uyum İndeksi	RMR	0,269	0,133	0,105	0,107	$\leq 0,05$	0,06 - 0,08

3.4.5. Analiz fazı sonuç

Neden-sonuç araçlarından elde edilen verilere dayanarak ortaya konan modeller test edilmiş ve gerekli modifikasyonlar gerçekleştirilerek veriyle en uyumlu modeller elde edilmiştir. İkincil derece DFA modeli, başlangıç modelinden çok az farklılaşmamıştır; yani gözlemlenen değişkenlerin altında toplandığı ana nedenler, bir iki değişiklik dışında doğru öngörülmüştür. Modelin genel uyumunu gösteren χ^2 istatistiklerine göre model veriyle uyumludur. Başka bir deyişle öngördüğümüz ilişkiler (kovaryanslar) veriyle doğrulanmıştır. Gecikme nedenlerinin Şekil 3.17' deki ikincil derece DFA yapısına da ve şekil 3.20' deki birincil derece DFA ilişki yapısına da sahip olduğu söylenebilir.

Kök nedeni oluşturan nedenler arasında, faktör yükü en yüksek nedenlerin tespitinin ardından, modeldeki yapı (ilgili gözlemlenebilen ve/veya gözlemlenemeyen

değişkenler) göz önünde bulundurularak iyileştirme alanları tespit edilebilir. Tablo 3.26' da ikincil derece DFA modelinin regresyon katsayılarını gösterilmektedir.

Tablo 3.26. Elde edilen model regresyon katsayıları

			Regresyon katsayıları	S.E.	C.R.	P	Standardize edilmiş Regresyon Katsayıları
E	<---	KokNeden	1,154	,334	3,450	***	0,648
G	<---	KokNeden	1,516	,428	3,543	***	0,812
C	<---	KokNeden	1,444	,403	3,580	***	0,941
F	<---	KokNeden	1,000				0,71
A	<---	KokNeden	1,933	,549	3,522	***	0,587
B	<---	KokNeden	1,342	,400	3,354	***	0,7
D	<---	KokNeden	1,915	,520	3,685	***	0,706
E1	<---	E	1,089	,214	5,100	***	0,581
E3	<---	E	1,504	,255	5,889	***	0,744
E4	<---	E	1,517	,264	5,757	***	0,71
D1	<---	D	1,000				0,69
D2	<---	D	1,022	,161	6,364	***	0,722
D3	<---	D	,922	,143	6,439	***	0,712
G1	<---	G	1,000				0,528
G2	<---	G	1,441	,271	5,314	***	0,703
G3	<---	G	1,614	,290	5,564	***	0,776
G4	<---	G	1,174	,256	4,582	***	0,549
G5	<---	G	1,231	,250	4,934	***	0,617
B3	<---	B	1,000				0,557
B1	<---	B	,627	,215	2,917	,004	0,329
B2	<---	B	,864	,213	4,060	***	0,505
B4	<---	B	,987	,216	4,568	***	0,612
B5	<---	B	1,099	,232	4,728	***	0,656
C3	<---	C	1,000				0,511
C2	<---	C	1,095	,272	4,031	***	0,501
C4	<---	C	,951	,241	3,942	***	0,485
C5	<---	C	1,264	,296	4,270	***	0,549
F1	<---	F	1,000				0,475
F2	<---	F	1,451	,310	4,685	***	0,704
F3	<---	F	1,570	,325	4,838	***	0,78
F4	<---	F	1,488	,315	4,724	***	0,724
A2	<---	A	1,000				0,746
A1	<---	A	,737	,126	5,847	***	0,598
A3	<---	A	,930	,141	6,588	***	0,686
A4	<---	A	,687	,114	6,045	***	0,601
E5	<---	D	,607	,126	4,811	***	0,527
C1	<---	A	,721	,131	5,489	***	0,559

Nedenlerin kök nedeni açıklama başarılarının, gecikmeyi açıklama başarıları ile aynı kabul edilebileceği söylenebilir. Gecikmeye neden olan 1. derece örtük değişkenler standartlaştırılmış regresyon katsayılarına göre dizildiğinde; birinci neden "yöntem" (G), ikinci neden "kalite yaklaşımı" (C), üçüncü neden "yönetim / sistem" (F),

dördüncü neden " İnsan Kaynakları" (B), beşinci neden " plansız süreçler" (E), altıncı neden " malzeme / tedarikçi profili" (D) ve yedinci neden " altyapı yetersizliği" (A) olarak tespit edilmiştir.

Tez çalışması öncesinde çalışanlarla gerçekleştirilen bazı görüşmelerde, gecikmenin ana nedenleri sorulduğunda eldeki makine ve cihazların yetersizliğinin ve tedarikçi kaynaklı etkenlerin aksamalara neden olduğu bilgisi alınmıştı. Oysa analizler gerçekleştirildiğinde bu nedenlerin etkilerinin diğerlerine kıyasla çok daha az olduğu görülmektedir.

Birincil derece DFA modeliyle elde edilen kovaryanslar incelendiğinde (Tablo 3.27), birincil derece örtük değişkenler arasındaki korelasyonların anlamlı olduğu görülmektedir. Bu durumda örtük değişkenlerden biri üzerinde yapılacak bir iyileştirmenin diğerleri üzerinde de olumlu etki yapacağı ve modelin genelini etkileyeceği söylenebilir.

Tablo 3.27. Birincil derece örtük değişkenler arası kovaryanslar

Covariences	Estimate	S.E.	C.R.	P
E <--> G	,194	,057	3,387	***
G <--> C	,222	,064	3,448	***
C <--> F	,152	,048	3,149	,002
F <--> A	,147	,063	2,325	,020
B <--> A	,354	,106	3,330	***
D <--> B	,250	,082	3,045	,002
E <--> D	,259	,074	3,499	***
E <--> C	,163	,052	3,114	,002
E <--> F	,151	,047	3,219	,001
E <--> A	,221	,082	2,692	,007
E <--> B	,137	,055	2,477	,013
D <--> G	,277	,080	3,447	***
G <--> B	,201	,065	3,090	,002
G <--> A	,310	,094	3,293	***
G <--> F	,173	,053	3,242	,001
C <--> A	,293	,090	3,252	,001
B <--> C	,228	,068	3,361	***
D <--> C	,296	,082	3,631	***
B <--> F	,174	,055	3,147	,002
D <--> F	,141	,053	2,645	,008
D <--> A	,381	,118	3,224	,001

Nominal grup tekniği çalışmasıyla elde edilen en önemli üç neden; zamanında önlem alınmayan hataların bir sonraki süreçte büyümesi, hammaddenin uygun zamanda /

kalitede / adette temin edilememesi, tecrübeli / alanında eğitimli eleman yetersizliği ele alındığında, DFA sonuçlarına oranla oldukça sığ oldukları ve etkin bir iyileştirme aksiyonu planlamasına zemin hazırlamadığı görülmektedir.

Analiz fazından elde edilen sonuçlara göre işletmede kalite yaklaşımı, yöntem ve yönetim/sistem kaynaklı hataların gecikmelere neden olduğu söylenebilir. Gecikme nedenleri arasında kovaryans anlamlı olduğu için; kalite yaklaşımı, yöntem ve sistem kaynaklı iyileştirmeler diğer birincil derece faktörlerin de etkilerinin azalmasını sağlayabilir. Tüm faktörlerin kök nedeni oluşturma gücünün anlamlı olduğu görülmüştür, kök nedenin Kalite Yönetim Sistemi (KYS)' nin doğru uygulanmaması, başka bir ifade ile KYS uygulamasındaki eksiklikler olduğu söylenebilir.

KAYNAKLAR

ANAGUN, Ş., ANILAN, H., The Turkish adaption study results of constructivist learning environments scale: Confirmatory factor analysis results, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, Syf. 1482- 1487, Sayı 2, 2010

ALPAR, R., Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler, Detay Yayıncılık, Ankara, 2011

AYDIN, A., ÜÇÜNCÜ, K., TAŞDEMİR, T., İşletmelerde uygulanan toplam kalite yönetimi çalışmalarının çalışan performansı üzerine etkileri, *International Journal of Economic & Administrative Studies*, Sayı 2 Yayın 5, 2010

BASU, R., Implementing Six Sigma and Lean: A Practical Guide to Tools and Techniques, Butterworth-Heinemann, Syf. 40, Almanya, 2009

CASTEJON, J.L., PEREZ, A.M., GILAR, R., confirmatory factor analysis of Project Spectrum activities. A second-order g factor or multiple intelligences?, *Intelligence*, Syf. 481-496, Sayı 38, 2010

CHANG, C., LEE, A.C., LEE, C. F., Determinants of capital structure choice: A structural equation modeling approach, *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 49, 2009

CHEN, C.Y., LEU, J. D., CHIOU, C. H., The Impact of E-Supply Chain Capability On Competitive Advantage And Organizational Performance, *International Journal of Electronic Business Management*, Sayı 4, No. 5, 2006

CHEN, Y., LIN, L.S., Structural equation-based latent growth curve modeling of watershed attribute-regulated stream sensitivity to reduced acidic deposition, *Ecological Modelling*, 221, 2010

DU, Y.F., A review of structural equation modeling and its use in library and information studies, *Library & Information Science Research*, Syf. 257–263, 31, 2009

FALLER, H., STORK, S., SCHULER, M., Depression and Disease Severity as Predictors of Health-Related Quality of Life in Patients With Chronic Heart Failed

A Structural Equation Modeling Approach, Journal of Cardiac Failure, Sayı 15 No. 4, 2009

GENÇ, S. , İSO-KATEK 6 Sigma Klavuzu, İstanbul Sanayi Odası, Syf. 21-23-25-28 İstanbul, 2009/29

GEORGE, M.L., MAXEY, J. , ROWLANDS, D., PRICE, M. , The Lean Six Sigma Pocket Toolbook, McGrawHill, Syf. 1-6-7-8-9-12-13-15-17-18-135-140, 2004

GILLETT, J., How Caterpillar Uses 6 SIGMA to Execute Strategy, Strategic Finance, Syf.-25-28, Nisan 2010

HARRY, M. J., SCHROEDER, R., Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations, Currency, USA, Ocak 2000

HEI, K., CHU, L., A factorial validation of work value structure: Second-order confirmatory factor analysis and its implications, Tourism Management, Syf. 320-330, Sayı 29, 2008

HENDERSON, G. R., Six Sigma Quality Improvement with Minitab, Wiley,Syf.205, 2006

IRIONDO, J. M., ALBERT, M. J., ESCUDERO, A., Structural equation modelling: an alternative for assessing causal relationships in threatened plant populations, Biological Conservation, 113, 2003

LAURI, D., ROSSITER, J.A., SANCHIS, J., MARTINEZ, M., Data-driven latent-variable model-based predictive control for continuous processes, Journal of Process Control 20, 2010

LIU, G., DEITZ, G.D., Linking supply chain management with mass customization capability,International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Sayı. 41 No. 7, 2011

MAOLI, T., Confirmatory Factor Analysis on social responsibility of knowledge intensive ventures, E-Business and Information System Security International Conference, 23-24 Mayıs 2009

MCCARTY, T., BREMER, M., DANIELS, L., GUPTA, P., The Six Sigma Black Belt Handbook, McGraw-Hill, Syf. 3-4, Digital Library, 2004

MERAN, R., JOHN, A., ROENPAGE, O., STAUDTER, C., Six Sigma + Lean Toolset, LUNAU S., Springer, Syf. 4-9, Frankfurt/Almanya, 2008

MEYDAN, C.H., ŞEŞEN, H., Yapısal eşitlik modellemesi AMOS uygulamaları, Detay Yayıncılık, Ankara, 2011

MONTGOMERY, D.C., Statistical Quality Control, John Wiley & Sons, Inc., Syf. 31-32-49-52-53-54, 2005

- MUIR, A., *Lean Six Sigma Statistics*, McGraw Hill, Syf. 89-92, USA, 2006
- NUSAIR, K., HUA, N., Comparative assessment of structural equation modeling and multiple regression research methodologies: E-commerce context, *Tourism Management*, 31, 2010
- ÖZTEKİN, A., KONG, Z. J., DELEN, D., Development of a structural equation modeling-based decision tree methodology for the analysis of lung transplantations, *Decision Support Systems*, 51, 2011
- PANDE, P.S., NEUMAN, R.P., CAVANAGH, R.R. *Six Sigma Yolu*, Klan Yayınları, Syf. 40-51-54-61-68-70-262-277 İstanbul, Ağustos 2003
- PUNNIYAMOORTHY, M., MATHIYALAGAN, P., PARTHIBAN, P., A strategic model using structural equation modeling and fuzzy logic in supplier selection, *Expert Systems with Applications*, Syf. 458–474, 38,2011
- RAYKOV, T., MARCOULIDES, G.A., *A First Course in Structural Equation Modeling*, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 2000
- RHO, B.H., YU, Y.M., A comparative study on the structural relationships of manufacturing practices, lead time and productivity in Japan and Korea, *Journal of Operations Management*, 16, 1998
- SCHUMACKER, R.E., LOMAX, R.G., *A Beginners Guide to Structural Equation Modeling*, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 2004
- SHAH, R., MEYER, S., Use of structural equation modeling in operations management research: Looking back and forwards, *Journal of Operations Management*, 148–169, 24, 2006
- SNEE, R.D., HEARL, R.W. SOURCE, Turning to service sectors, *Industrial Engineering*,10, Syf.41, 2003
- SÜTÜTEMİZ, N., Hizmet Sektöründe Müşteri Sadakati Belirliyecileri ve Modellerinin Karşılaştırılması Üzerine Bir Çalışma, Doktora, Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, Üretim Yönetimi ve Pazarlama, Temmuz 2005
- ŞİMŞEK, Ö.F., Yapısal Eşitlik Modellemesine Giriş: Temel İlkeler ve Lisrel Uygulamaları, Ekinoks, Syf. 3-4, Ankara, 2007
- TAŞKIN, Ç., AKAT, Ö., Measurement of Consumer Based Brand Equity Using Structural Equation Modeling and A Research in Durable Consumer Goods Sector, *Business & Economics Research Journal*, Sayı 1 Yayın 2, 2010
- TORAL, S.L., BARRERO, F., MARTÍNEZ-TORRES, M.R., GALLARDO, S., DURÁN, M. J., Modeling Learner Satisfaction in an Electronic Instrumentation and

Measurement Course Using Structural Equation Models, IEEE Transactions On Education, Sayı 52, No. 1, Şubat 2009

TU, Q., VONDEREMBSE, M., RAGU-NATHAN, T.S., The impact of time-based manufacturing practices on mass customization and value to customer, Journal of Operations Management, 19, 2001

TÜRKYILMAZ, A., ÖZKAN, C., Development of a customer satisfaction index model; An application to the Turkish mobile phone sector, Industrial Management & Data Systems, Sayı 107 No. 5, 2007

USTA, S.T., A structural model suggestion about the effect of supplier development on purchasing performance, Gazi University Journal of Economics & Administrative Sciences, Sayı 11 Yayın 1, haziran 2009

USTA, S.T., EYÜBOĞLU, K., Determining Factors of Affecting Individuals' Acceptance of Internet Banking with Structural Equation Model, Journal of BRSA Banking & Financial Markets, Sayı 4 yayın 2, 2010

USTA, Ö., UÇMA, T., Hileli Finansal Raporlamada Bağımsız Denetçi Sorumluluğunun Belirlenmesine Yönelik Yapısal Eşitlik Modeli, Muhasebe ve Denetime Bakis, Sayı 11 yayın 34, 2011

USTA, S.T., PERÇİN, S., A structural model suggestion about the effect of critical control (success) factors on enterprise resource planning (ERP) implementation success, Marmara University Journal of the Faculty of Economic & Administrative Sciences, Sayı 28 Yayın 1, Haziran 2010

VINODH, S., JOY Dino, Structural equation modeling of sustainable manufacturing practicess, Clean Techn Environ Policy, DOI 10.1007/s10098-011-0379-8, 2011

WANG, C.L., AHMED, P.K., The development and validation of the organizational innovativeness construct using confirmatory factor analysis, European Journal of Innovation Management, Syf. 303-313, Yayın 7, Sayı 4, 2004

WESTLAND, J. C., Lower bounds on sample size in structural equation modeling, Electronic Commerce Research and Applications, 9, 2010

XIN, Z., HONGZHI, G., LIYUAN, G., Modeling correlation of family holiday activities based on structural equation model, Journal Of Transportaton Systems Engineering and Information Technology. Sayı 11, Yayın 4, Ağustos 2011

XIUQIN, F., XINPING, X., HUAN, G., The Customer Satisfaction Evaluation of Mobile Industry Based on Multilevel Structural Equation Model, Proceedings of 2009 IEEE International Conference on Grey Systems and Intelligent Services, Nanjing, China, Kasm 10-12, 2009

YANG, J.B., OU, S.F., Using structural equation modeling to analyze relationships among key causes of delay in construction, *Can. J. Civ. Eng.*, Vol. 35, 2008

ZADEH, M., SAGHAEI, A., Using Structural Equation Modeling For Measuring Quality Culture in a Construction Company, *Computers & Industrial Engineering*, 2009, International Conference, Temmuz 2009

ZHAOYANG, C., HUIXIN, Y., YONGJING, H., The structure of sale team's cohesion: Confirmatory factor analysis , *Computational Intelligence and Software Engineering International Conference*, 11-13 Aralık 2009

ZHONGWEN, Y., PENGFEI, H., LING, Z., Risk Analysis of Coal Mine Construction Project Based on Structural Equation Model, *3rd International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering*, 2010

ZHU, Y., SU, H., PAN, Q., GUO, P., YU, M., Application of Structural Equation Modeling to Assign the Weights for Evaluation Indexes of Brownfield Development Project, *Industrial Engineering and Engineering Management International Conference*, 8-11 Aralık 2009

EK B

Satınalma	Planlama	Dövmehane	Talaşlı İmalat	Montaj	Paketleme Kaynak	Depolama	Kalite Kontrol	Arge
Makine	Kapasite üstünde yükleme	Kapasite üstünde yükleme	Tezgah anazalı Tezgah doluluğu nedeniyle uygun olmayan tezgahta işleme Düşük adetli iş emirlerinin üretime geç alınması	Tezgah anazalı Tezgah doluluğu nedeniyle uygun olmayan tezgahta sıvama- Aparat yetersizliği	Kaynak makinelerinin ve markalama preslerinin sık sık anazalanması	Forkliftler yeteriz	Ölçüm cihazları yeteriz	
		Tezgah anazalı Tezgah doluluğu nedeniyle uygun olmayan tezgahta dövme Kumlama tezgahının sık sık anazalanması	Ürünlerin alyan ağzlarının yanlış işlenmesi Ürünlerin diğ formlarının düzgün işlenmemesi	Sıvama preslerinde güç ayan				
			Aparat eksik Aparatların bakım planı yetersiz Yedeği olmayan makinelerin anazalanması	Montaj hat sayısı yetersiz Presler eski ve yetersiz				
Çevre	Çalışma şartları uygun değil, hataya açık	Çalışma şartları uygun değil, hataya açık	Çalışma şartları uygun değil, hataya açık	Çalışma şartları uygun değil, hataya açık	Alan yetersiz, ürünler karsıyor	Alan yetersiz, ürünler bulunmuyor	Çalışma şartları uygun değil, hataya açık	
	Ürünün ulaşımı sırasında yaşanan aksaklıklar	Malzemenin paslanmasına neden olan nemli ortam		Montaj ön stok ve ara stok alanları yetersiz	Çalışma şartları uygun değil, hataya açık	Ürünler stokları için yanlış kart/stok kodu verilmesi	Kalite kontrol ölçüm ekipmanları için üretim alanında yeterli alan yok	
						Çalışma şartları uygun değil, hataya açık		
						Yan mamüllerin paslanması		

EK C

Kendinizce en önemli gördüğünüz ilk 20 maddeyi puanlayınız. En önemliye 20 puan veriniz

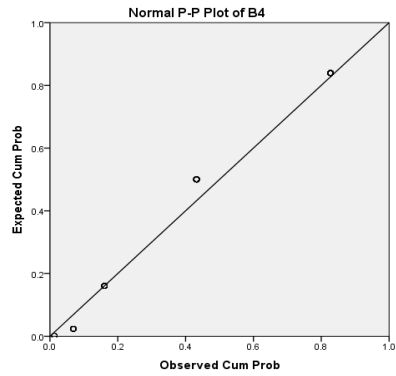
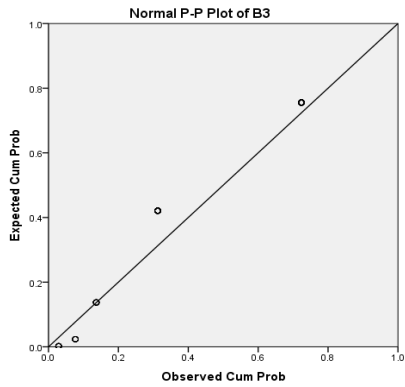
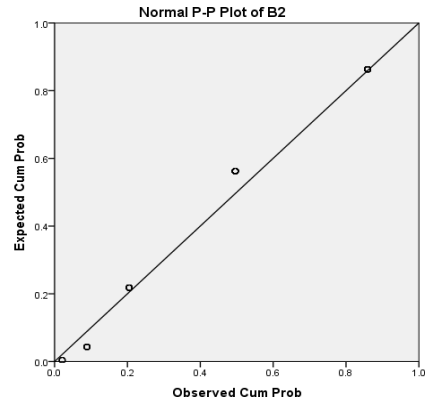
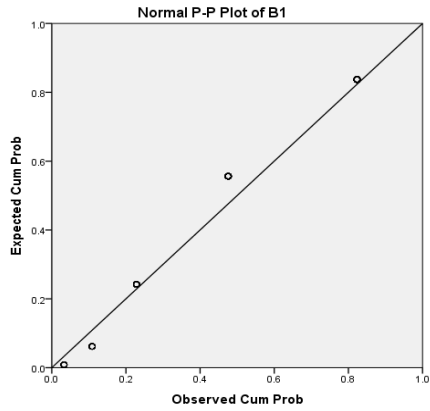
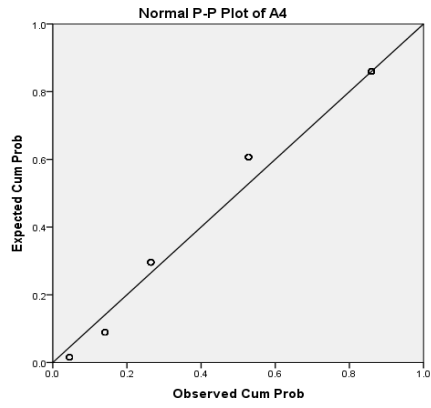
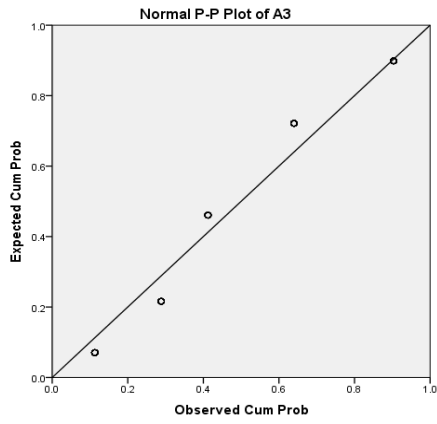
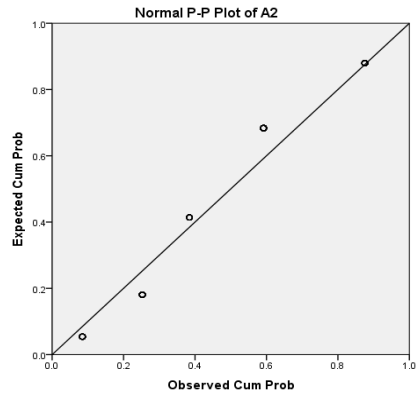
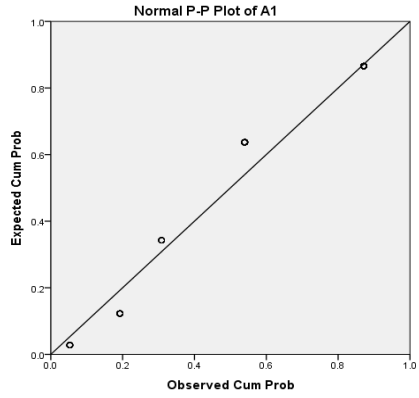
	Puan
Üretim Bölümlerine ve Tezgahlara kapasite üstünde yükleme	
Siparişlerin kapasite / doluluk göz önünde bulundurulmadan kabulü	
Tezgah / forklift / Makine Arızası	
Tezgah doluluğu Nedeniyle Uygun Olmayan Tezgahta İşleme-Dövme-Montaj	
Yüksek Adetli İş Emirlerine Öncelik Verme	
Tezgah / Makine ayar Hataları	
Hatalı İşleme / Montaj	
Makine / Hat/ Cihaz/ Kalıp Yetersizliği	
Çalışma Şartları ve Ortamın Uygun Olmayışı	
Depolama koşulları / ortam uygun değil	
Alan Yetersiz	
Depolama sistemi hataya açık	
Ürünlerin elleçleme/taşıma yöntemleri hatalı	
Satılma siparişlerinin yanlış/geç geçilmesi	
Devamsızlık	
Tecrübeli / alanında eğitimli eleman yetersizliği	
İş yavaşlatma eylemleri / Motivasyon eksikliği	
Dikkatsiz Çalışma / ürünün sorumluluğunu hissetmeme	
İnsiyatif verilmemesi / alınmak istenmemesi	
Hataya açık süreçler / dokümanlar	
Elemanların yerine ikamesinin iyi planlanmaması (polivalans çalışması yapılmaması)	
Zamanında önlem alınmayan hataların bir sonraki süreçte büyümesi	
Teknik bilgi / eğitim yetersizliği (malzeme - ekipman - kullanım/çalışma koşulları)	
Kalite kontrol onaysız çalışma	
Hammaddenin uygun zamanda / kalitede / adette temin edilememesi	
Paketleme malzemesinin uygun zamanda / kalitede / adette temin edilememesi	
Tezgahlarda kullanılan aparatların uygun zamanda / kalitede / adette temin edilememesi	
Yeni design'ların geç temini (montaj alt parça / paket malzemesi vs.)	
Malzeme kullanılabilirlik onayının yönetim kademelerince geciktirilmesi	
Uygun olmayan ürünün yönetiminin karmaşıklığı / hiyerarşik karar gerektirmesi	
Malzemelerin kabul/red kararlarıyla ilgili katı kuralların uygulanmayışı	
Bölümlerin ortak ERP kullanmaması	
Süreçlerin etkin design edilmemiş olması / karmaşıklığı	
Tedarikçiye kapasitesinin üzerinde yükleme	
Birimler arası koordinasyon eksikliği	
Terminlerin iyi planlanmadan verilmesi	
Kapasitenin yanlış hesaplanması	
Kalıp / aparat kalite onay sürecinin uygulanmaması	

Firma içinde lot takip sisteminin uygulanmaması	
Makine / cihaz / aparat / kalıp bakımlarının uygun zamanda yapılmaması	
Yeni ürün geliştirme sürecinin hataya açık olabilecek kadar kısa sürede yapılması	
Yeniden işleme / tamir	
Revizyon sonrasında eski revizyonlu ürünlerin kullanımı / takibi /planlanması ile ilgili sürecin iyi oluşturulmaması / sorumluların belirsizliği	
Kalite kontrol onayından sonra tezgah ayarının (örnek hız) değişmesi	
Kalite hataların operatörler tarafından tespit edilememesi veya önemsenmemesi	

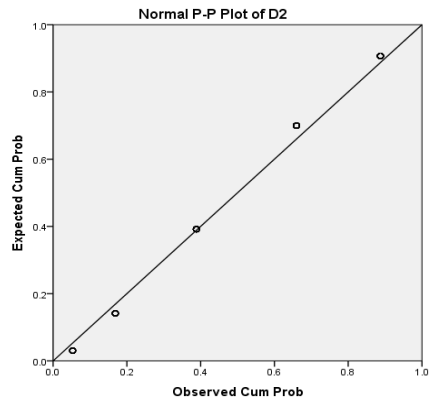
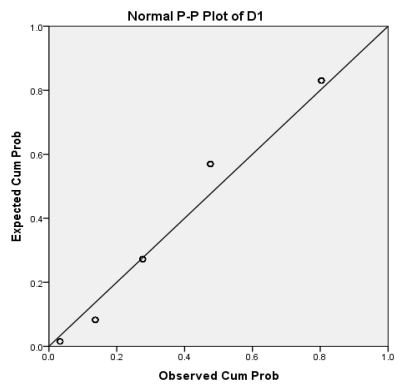
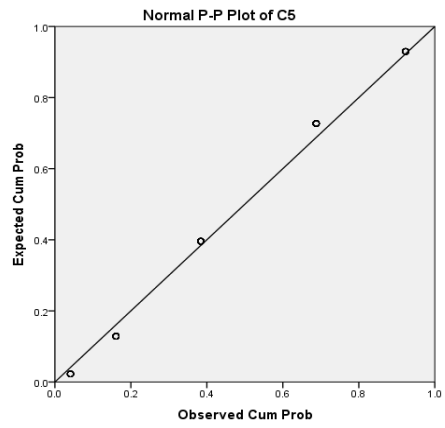
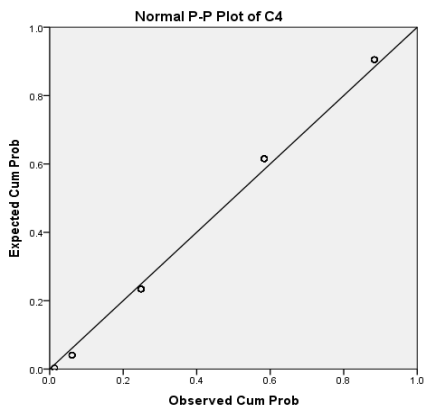
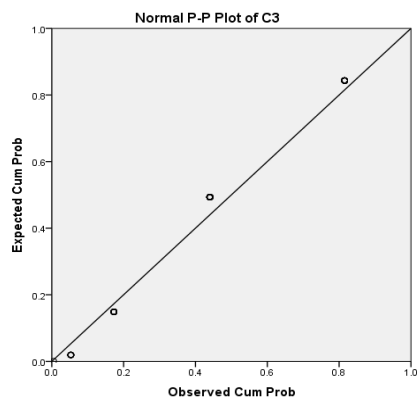
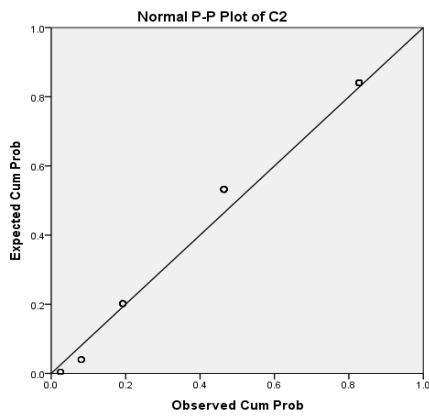
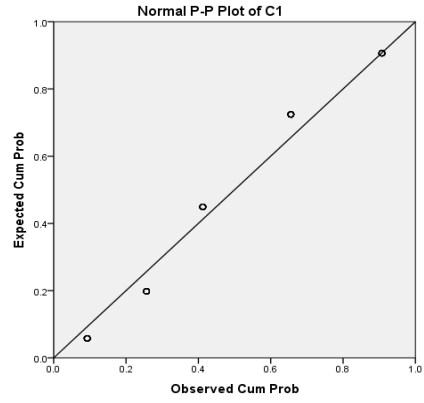
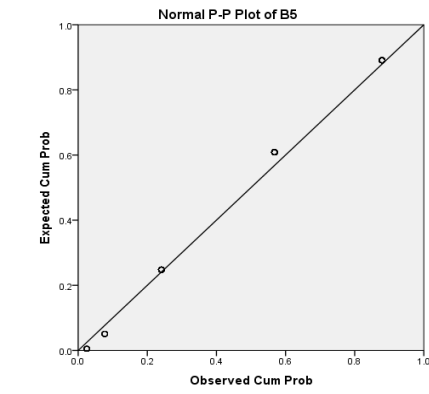
EK D

	Hiç Katılmıyorum	Kısmen Katılmıyorum	Ne Katılmıyorum Ne Katılmıyorum	Kısmen Katılmıyorum	Tamamen Katılmıyorum
Aşağıdaki nedenler rotli siparişlerinin planlanan zamandan geç tamamlanmasına neden olmaktadır.					
Çalışma alanının dar olması, ortam koşullarının uygun olmamasının hatayı tetiklemesi	1	2	3	4	5
Tezgah / forklift / Makinelerin sık sık arızalanması / eski olması					
Tezgah / Makine / forklift sayısının yetersiz olması					
Makine / tezgahlarda kullanılan aparat / kalıp yetersizliği					
Çalışanların makine arızası / kalite problemleri gibi konularda sorumluluk almaması veya verilmemesi					
Çalışanların teknik bilgi ve deneyimlerinin yetersiz olması					
Performans değerlendirme yönteminin etkin olmaması, ürün kalitesine değil, üretilen adete dayalı olması					
Çalışanların motivasyonlarının düşük olması, kapasitelerinin altında çalışması					
Çalışanların devamsızlığı durumunda alınacak önlemlerin belirlenmemiş olması, yerine ikamenin planlanmaması					
Kalite kontrol araçlarının/ekipmanlarının hataları tespit edebilecek hassasiyette ve yeterlilikte olmaması					
Malzemelerin kabul/red kararlarıyla ilgili katı kuralların uygulanmayışı					
Yeniden işleme/tamirler için kalıcı çözümlerin ortaya konmaması					
Uygun olmayan ürünün yönetiminin karmaşıklığı / hiyerarşik karar gerektirmesi					
Kalıp / aparat kalite onay sürecinin uygulanmaması					
Hammaddenin uygun zamanda / kalitede / adette temin edilememesi					
Peketleme malzemesinin uygun zamanda / kalitede / adette temin edilememesi					
Tezgahlarda kullanılan aparatların uygun zamanda / kalitede / adette temin edilememesi					
Kapasitenin yanlış hesaplanması, siparişlerin tezgah doluluğu göz önünde bulundurulmadan kabulü					
Tedarikçiye kapasitesinin üzerinde sipariş geçilmesi / Geçilen sipariş için verilen teslim tarihinin iyi planlanmaması					
Üretim Bölümlerine ve Tezgahlara kapasite üstünde yükleme yapılması					
Tezgah doluluğu Nedeniyle Uygun Olmayan Tezgahta İşleme-Dövme-Montaj yapılması					
Yeni design'ların geç temini (montaj alt parça / paket malzemesi vs.) veya üretimi					
Birimler arası koordinasyonun eksik olması					
Malzeme kullanılabilirlik onayının yönetim kademelerince geciktirilmesi / kalıcı çözümlerin ortaya konmaması / her seferinde farklı bir karar uygulanması					
Revizyon sonrasında eski revizyonlu ürünlerin kullanımı / takibi / planlanması ile ilgili sürecin iyi oluşturulmaması / sorumluların belirsizliği					
Süreçlerin etkin tasarlanmamış olması / karmaşıklığı ve sorumluların belirsizliği					
Bakımların (Makine / cihaz / aparat / kalıp) etkin bir plan çerçevesinde yapılmaması					
Firma içinde lot takip sisteminin uygulanmaması / mevcut depolama sistematığının hataya zemin hazırlaması					
Ürünlerin elleçleme/taşıma yöntemlerinin malzemeye zarar vermeyecek şekilde design edilmemiş olması					
Tüm bölümlerde ortak IFS kullanılmaması					
Yeni ürün geliştirme sürecinin hataya açık olabilecek kadar kısa sürede yapılması					

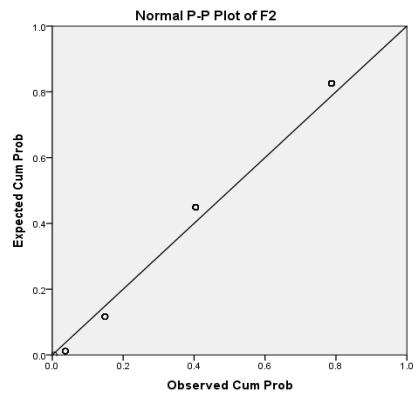
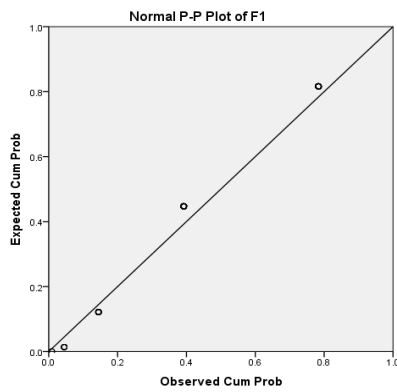
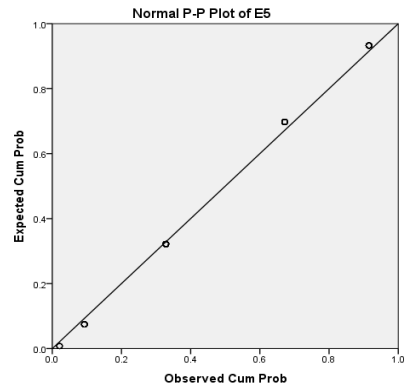
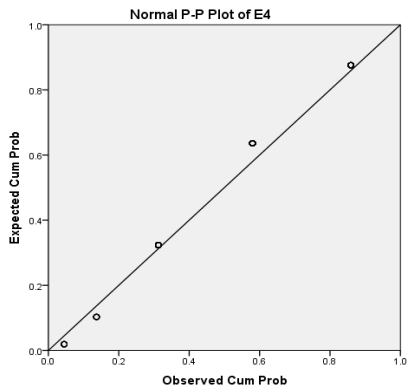
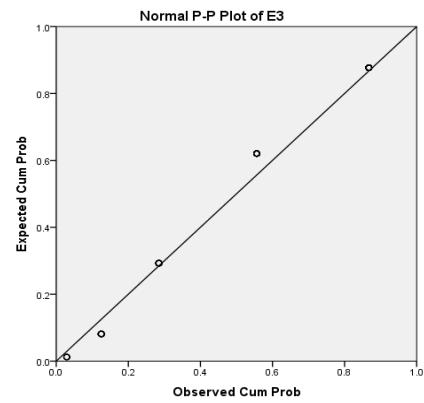
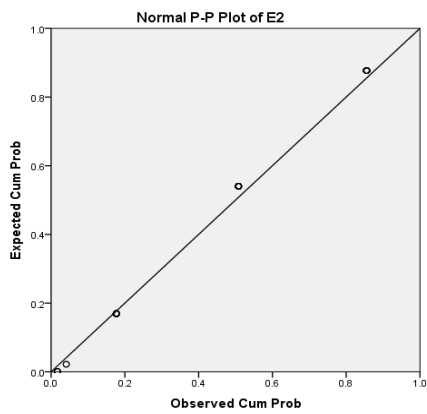
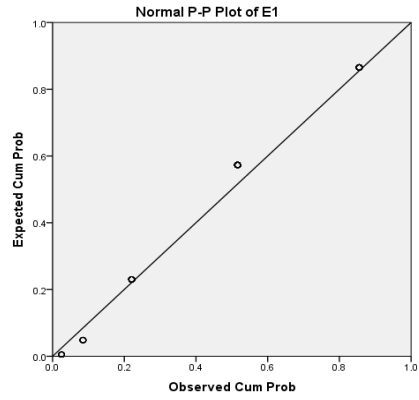
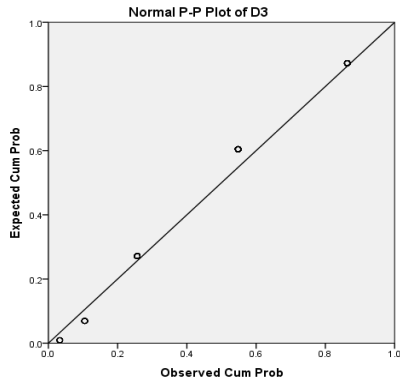
EK E



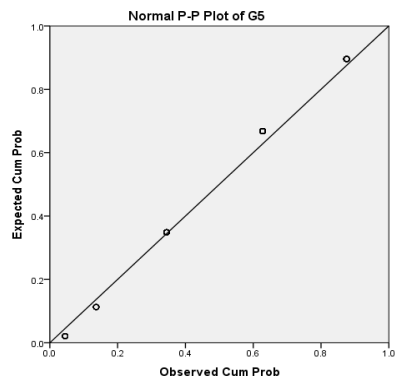
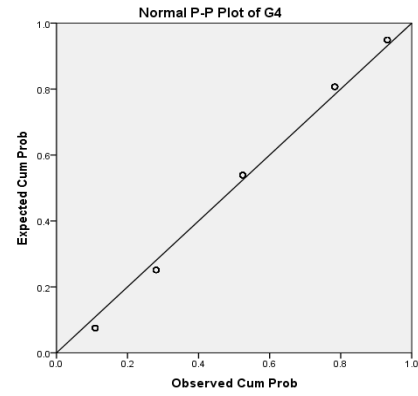
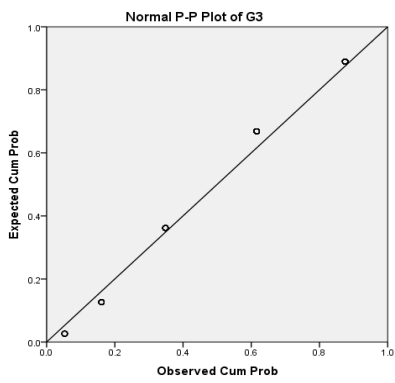
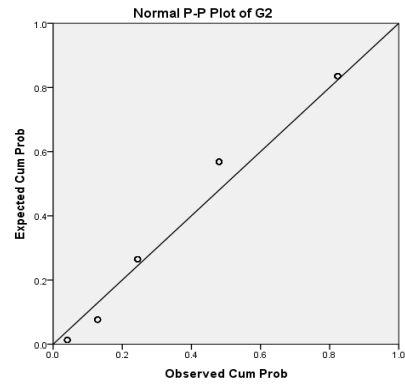
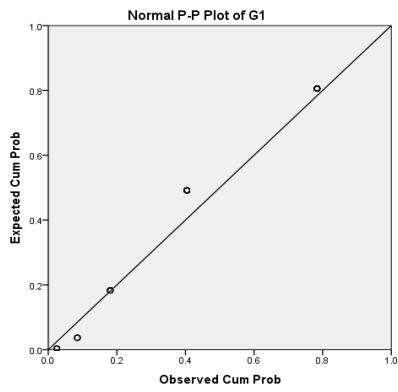
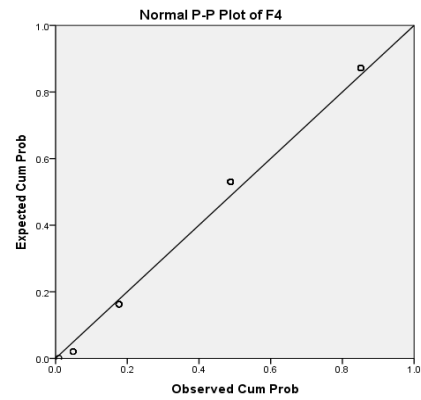
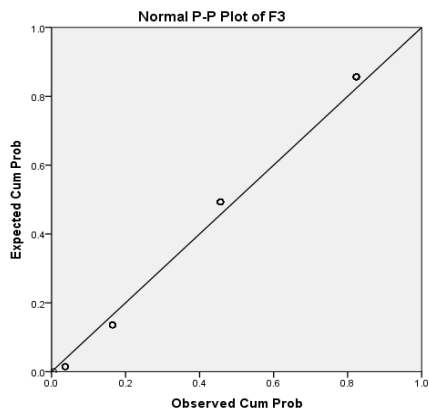
EK E (DEVAM)



EK E (DEVAM)



EK E (DEVAM)



EK F

	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	B5	C1
Pearson Correlation	1									
Sig. (2-tailed)	.420	.000	.336	.436	.124	.207	.136	.097	.223	.348
Pearson Correlation	.420	1	.605	.462	.167	.021	.131	.283	.012	.000
Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.098	.057	.206	.128	.274	.417
Pearson Correlation	.336	.605	1	.398	.028	.176	.257	.148	.287	.323
Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.756	.049	.004	.099	.001	.000
Pearson Correlation	.436	.462	.398	1	.257	.140	.130	.162	.199	.298
Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.004	.119	.147	.072	.026	.001
Pearson Correlation	.124	.149	.028	.257	1	.282	.065	.141	.285	.087
Sig. (2-tailed)	.167	.098	.756	.004	.000	.001	.473	.116	.001	.337
Pearson Correlation	.207	.171	.176	.140	.282	1	.241	.292	.281	.162
Sig. (2-tailed)	.021	.057	.049	.140	.001	.000	.007	.001	.001	.071
Pearson Correlation	.136	.206	.257	.130	.065	.241	1	.450	.338	.218
Sig. (2-tailed)	.131	.021	.004	.147	.473	.007	.000	.000	.000	.014
Pearson Correlation	.097	.128	.148	.162	.141	.292	.450	1	.413	.156
Sig. (2-tailed)	.283	.155	.099	.072	.116	.001	.000	.000	.000	.083
Pearson Correlation	.223	.274	.287	.199	.285	.281	.338	.413	1	.202
Sig. (2-tailed)	.012	.002	.001	.026	.001	.001	.000	.000	.024	.024
Pearson Correlation	.348	.417	.323	.298	.087	.162	.218	.156	.202	1
Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.001	.337	.071	.014	.083	.024	.000
Pearson Correlation	.105	.105	.114	.144	.144	.333	.286	.198	.189	.282
Sig. (2-tailed)	.242	.245	.204	.028	.110	.000	.001	.027	.034	.001
Pearson Correlation	.237	.157	.157	.185	.134	.304	.181	.123	.178	.237
Sig. (2-tailed)	.008	.080	.080	.039	.135	.001	.043	.172	.046	.008
Pearson Correlation	.138	.110	.102	.139	.241	.146	.367	.212	.217	.239
Sig. (2-tailed)	.124	.223	.256	.123	.007	.105	.000	.018	.015	.007
Pearson Correlation	.342	.171	.267	.282	.038	.212	.147	.090	.187	.456
Sig. (2-tailed)	.000	.057	.003	.001	.677	.017	.102	.317	.037	.000
Pearson Correlation	.205	.279	.147	.232	.166	.173	.136	.106	.324	.313
Sig. (2-tailed)	.022	.002	.102	.009	.065	.054	.130	.239	.000	.000
Pearson Correlation	.165	.137	.172	.138	.126	.249	.048	.262	.335	.328
Sig. (2-tailed)	.065	.128	.056	.126	.162	.005	.594	.003	.000	.000
Pearson Correlation	.226	.293	.142	.440	.306	.176	.035	.098	.263	.334
Sig. (2-tailed)	.011	.001	.113	.000	.001	.050	.701	.278	.003	.000
Pearson Correlation	.058	.014	.212	.268	.067	.006	.024	.184	.148	.190
Sig. (2-tailed)	.518	.873	.018	.003	.455	.951	.792	.040	.100	.034
Pearson Correlation	.093	.058	.080	.117	.086	.096	.005	.085	.143	.142
Sig. (2-tailed)	.302	.522	.373	.194	.341	.288	.954	.348	.111	.114

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). * Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed). c. Listwise N=125

EK F (DEVAM)

		Correlations ^f									
		C2	C3	C4	C5	D1	D2	D3	E1	E2	E3
A1	Pearson Correlation	.105	.237 ^{**}	.138	.342 ^{**}	.205	.165	.226	.058	.093	.151
A2	Sig. (2-tailed)	.242	.008	.124	.000	.022	.065	.011	.518	.302	.092
A2	Pearson Correlation	.105	.157	.110	.171	.279 ^{**}	.137	.293 ^{**}	.014	.058	.124
A3	Sig. (2-tailed)	.245	.080	.223	.057	.002	.128	.001	.873	.167	.167
A3	Pearson Correlation	.114	.157	.102	.267 ^{**}	.147	.172	.142	.212	.080	.177
A4	Sig. (2-tailed)	.204	.080	.256	.003	.102	.056	.113	.018	.373	.049
A4	Pearson Correlation	-.028	.185	.139	.282 ^{**}	.232	.138	.440 ^{**}	.268 ^{**}	.117	.049
A4	Sig. (2-tailed)	.757	.039	.123	.001	.009	.126	.000	.003	.194	.585
B1	Pearson Correlation	.144	.134	.241 ^{**}	.038	.166	.126	.306 ^{**}	.067	.086	-.038
B1	Sig. (2-tailed)	.110	.135	.007	.677	.065	.162	.001	.455	.341	.675
B2	Pearson Correlation	.333 ^{**}	.304 ^{**}	.146	.212	.173	.249 ^{**}	.176	.006	.096	.054
B2	Sig. (2-tailed)	.000	.001	.105	.017	.054	.005	.050	.951	.288	.548
B3	Pearson Correlation	.286 ^{**}	.181 [*]	.367 ^{**}	.147	.136	.048	.035	.024	.005	.123
B3	Sig. (2-tailed)	.001	.043	.000	.102	.130	.594	.701	.792	.954	.171
B4	Pearson Correlation	.198 [*]	.123	.212 [*]	.090	.106	.262 ^{**}	.098	.184 [*]	.085	.368 ^{**}
B4	Sig. (2-tailed)	.027	.172	.018	.317	.239	.003	.278	.040	.348	.000
B5	Pearson Correlation	.189 [*]	.178 [*]	.217 [*]	.187 [*]	.324 ^{**}	.335 ^{**}	.263 ^{**}	.148	.143	.243 ^{**}
B5	Sig. (2-tailed)	.034	.046	.015	.037	.000	.000	.003	.100	.111	.006
C1	Pearson Correlation	.282 ^{**}	.237 ^{**}	.239 ^{**}	.456 ^{**}	.313 ^{**}	.328 ^{**}	.334 ^{**}	.190 [*]	.142	.292 ^{**}
C1	Sig. (2-tailed)	.001	.008	.007	.000	.000	.000	.000	.034	.114	.001
C2	Pearson Correlation	1	.349 ^{**}	.382 ^{**}	.214 [*]	.164	.211 [*]	.062	.107	.203	.246 ^{**}
C2	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.017	.067	.018	.490	.233	.024	.006
C3	Pearson Correlation	.349 ^{**}	1	.266 ^{**}	.218 [*]	.319 ^{**}	.260 ^{**}	.228 ^{**}	.232 ^{**}	.098	.068
C3	Sig. (2-tailed)	.000		.003	.015	.000	.003	.010	.009	.278	.448
C4	Pearson Correlation	.382 ^{**}	.266 ^{**}	1	.213 [*]	.243 ^{**}	.357 ^{**}	.158	.082	.152	.140
C4	Sig. (2-tailed)	.000	.003		.017	.006	.000	.078	.365	.090	.119
C5	Pearson Correlation	.214 [*]	.218 [*]	.213 [*]	1	.413 ^{**}	.274 ^{**}	.309 ^{**}	.210 [*]	.205 ^{**}	.267 ^{**}
C5	Sig. (2-tailed)	.017	.015	.017		.000	.002	.000	.019	.022	.003
D1	Pearson Correlation	.164	.319 ^{**}	.243 ^{**}	.413 ^{**}	1	.481 ^{**}	.514 ^{**}	.188 [*]	.129	.252 ^{**}
D1	Sig. (2-tailed)	.067	.000	.006	.000		.000	.000	.036	.153	.005
D2	Pearson Correlation	.211 [*]	.260 ^{**}	.357 ^{**}	.274 ^{**}	.481 ^{**}	1	.530 ^{**}	.253 ^{**}	.294 ^{**}	.228
D2	Sig. (2-tailed)	.018	.003	.000	.002	.000		.000	.004	.001	.011
D3	Pearson Correlation	.062	.228 ^{**}	.158	.309 ^{**}	.514 ^{**}	.530 ^{**}	1	.243 ^{**}	.189 [*]	.152
D3	Sig. (2-tailed)	.490	.010	.078	.000	.000	.000		.006	.035	.091
E1	Pearson Correlation	.107	.232 ^{**}	.082	.210 [*]	.188 [*]	.253 ^{**}	.243 ^{**}	1	.429 ^{**}	.431 ^{**}
E1	Sig. (2-tailed)	.233	.009	.365	.019	.036	.004	.006		.000	.000
E2	Pearson Correlation	.203 [*]	.098	.152	.205 [*]	.129	.294 ^{**}	.189 [*]	.429 ^{**}	1	.456 ^{**}
E2	Sig. (2-tailed)	.024	.278	.090	.022	.153	.001	.035	.000		.000

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). * . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed). c. Listwise N=125

EK F (DEVAM)

	E4	E5	F1	F2	F3	F4	G1	G2	G3	G4	G5
A1	.182	.187	.135	.240	.191	.257	.207	.217	.395	.312	.208
A2	.043	.036	.133	.007	.033	.004	.021	.015	.000	.000	.020
A3	.194	.141	.075	.181	.039	.207	.273	.159	.157	.254	.072
A4	.030	.118	.403	.043	.669	.021	.002	.076	.080	.004	.426
B1	.119	.068	.073	.146	.088	.160	.086	.199	.244	.299	.107
B2	.184	.453	.421	.103	.329	.075	.341	.026	.006	.001	.235
B3	.241	.056	-.031	.139	.181	.186	.207	.250	.251	.193	.037
B4	.007	.533	.730	.122	.043	.037	.020	.005	.005	.031	.685
B5	.027	.165	.117	.040	.164	.068	-.069	.182	.125	.106	-.012
C1	.766	.065	.194	.659	.068	.450	.446	.042	.164	.240	.897
C2	.085	.147	.185	.181	.346	.276	.103	.184	.253	.263	.260
C3	.347	.101	.039	.043	.000	.002	.251	.040	.004	.003	.003
C4	.093	.041	.271	.312	.261	.343	.161	.260	.247	.153	.088
C5	.300	.652	.002	.000	.003	.000	.073	.003	.006	.089	.332
D1	.316	.063	.025	.068	.398	.280	.106	.295	.101	.031	.033
D2	.000	.487	.784	.450	.000	.002	.239	.001	.262	.734	.716
D3	.121	.219	.236	.060	.238	.273	.292	.409	.293	.162	.095
D4	.179	.014	.008	.505	.007	.002	.001	.000	.001	.071	.291
D5	.298	.306	.242	.151	.111	.139	.265	.157	.318	.290	.190
E1	.001	.001	.007	.093	.217	.121	.003	.080	.000	.001	.034
E2	.257	.233	.316	.325	.289	.119	.204	.187	.303	.088	.262
E3	.004	.009	.000	.000	.001	.186	.023	.037	.001	.327	.003
E4	.172	.162	.143	.386	.241	.141	.124	.308	.373	.180	.313
E5	.054	.070	.111	.000	.007	.115	.169	.000	.000	.045	.000
F1	.268	.322	.183	.353	.272	.308	.086	.205	.247	.040	.095
F2	.003	.000	.041	.000	.002	.000	.340	.022	.005	.655	.294
F3	.251	.337	.225	.175	.177	.280	.415	.287	.370	.247	.340
F4	.005	.000	.011	.051	.048	.002	.000	.001	.000	.006	.000
F5	.253	.285	.212	.130	.160	.247	.343	.388	.365	.162	.156
G1	.004	.001	.018	.149	.075	.006	.000	.000	.000	.072	.081
G2	.247	.535	.170	.020	.260	.144	.176	.244	.304	.181	.184
G3	.005	.000	.058	.829	.003	.109	.049	.006	.001	.044	.040
G4	.304	.338	.123	.087	.287	.204	.354	.292	.256	.212	.191
G5	.001	.000	.172	.336	.001	.023	.000	.001	.004	.018	.033
H1	.337	.253	.086	.198	.269	.230	-.003	.319	.394	.256	.243
H2	.000	.004	.340	.027	.002	.010	.977	.000	.000	.004	.006
H3	.411	.315	.216	.249	.334	.345	.108	.146	.238	.160	.229
H4	.000	.000	.015	.005	.000	.000	.232	.104	.007	.074	.010

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). * Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed). c. Listwise N=125

EK F (DEVAM)

	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	B5	C1
E3	,151	,124	,177	,049	-,038	,054	,123	,368	,243	,292
E4	,092	,167	,049	,585	,675	,548	,171	,000	,006	,001
E5	,182	,194	,119	,241	,027	,085	,093	,316	,121	,298
F1	,043	,030	,184	,007	,766	,347	,300	,000	,179	,001
F2	,187	,141	,068	,056	,165	,147	,041	,063	,219	,306
F3	,036	,118	,453	,533	,065	,101	,652	,487	,014	,001
F4	,135	,075	,073	-,031	,117	,185	,271	,025	,236	,242
G1	,133	,403	,421	,730	,194	,039	,002	,784	,008	,007
G2	,240	,181	,146	,139	,040	,181	,312	,068	,060	,151
G3	,007	,043	,103	,122	,659	,043	,000	,450	,505	,093
G4	,191	,039	,088	,181	,164	,346	,261	,398	,238	,111
G5	,033	,669	,329	,043	,068	,000	,003	,000	,007	,217
G6	,257	,207	,160	,186	,068	,276	,343	,280	,273	,139
G7	,004	,021	,075	,037	,450	,002	,000	,002	,002	,121
G8	,207	,273	,086	,207	-,069	,103	,161	,106	,292	,265
G9	,021	,002	,341	,020	,446	,251	,073	,239	,001	,003
G10	,217	,159	,199	,250	,182	,184	,260	,295	,409	,157
G11	,015	,076	,026	,005	,042	,040	,003	,001	,000	,080
G12	,395	,157	,244	,251	,125	,253	,247	,101	,293	,318
G13	,000	,080	,006	,005	,164	,004	,006	,262	,001	,000
G14	,312	,254	,299	,193	,106	,263	,153	,031	,162	,290
G15	,000	,004	,001	,031	,240	,003	,089	,734	,071	,001
G16	,208	,072	,107	,037	-,012	,260	,088	,033	,095	,190
G17	,020	,426	,235	,685	,897	,003	,332	,716	,291	,034

**1. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). *. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed). c. Listwise N=125

EK F (DEVAM)

	C2	C3	C4	C5	D1	D2	D3	E1	E2	E3
E3										
	Pearson Correlation	,246**	,068	,140	,267**	,252**	,152	,431**	,456**	1
E4	Sig. (2-tailed)	,006	,448	,119	,003	,005	,091	,000	,000	
	Pearson Correlation	,257**	,172	,268**	,251**	,253**	,304**	,337**	,411**	,557**
E5	Sig. (2-tailed)	,004	,054	,003	,005	,004	,001	,000	,000	,000
	Pearson Correlation	,233**	,162	,322**	,337**	,285**	,338**	,253**	,315**	,305**
F1	Sig. (2-tailed)	,009	,070	,000	,000	,001	,000	,004	,000	,001
	Pearson Correlation	,316**	,143	,183*	,225*	,212*	,123	,086	,216*	,176*
F2	Sig. (2-tailed)	,000	,111	,041	,011	,018	,172	,340	,015	,050
	Pearson Correlation	,325**	,386**	,353**	,175	,130	,087	,198*	,249**	,120
F3	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,051	,149	,336	,027	,005	,182
	Pearson Correlation	,289**	,241**	,272**	,177*	,160	,287**	,269**	,334**	,318**
F4	Sig. (2-tailed)	,001	,007	,002	,048	,075	,001	,002	,000	,000
	Pearson Correlation	,119	,141	,308**	,280**	,247**	,204*	,230**	,345**	,239**
G1	Sig. (2-tailed)	,186	,115	,000	,002	,006	,023	,010	,000	,007
	Pearson Correlation	,204*	,124	,086	,415**	,343**	,354**	-,003	,108	,195*
G2	Sig. (2-tailed)	,023	,169	,340	,000	,000	,000	,977	,232	,030
	Pearson Correlation	,187**	,308**	,205*	,287**	,388**	,292**	,319**	,146	,266**
G3	Sig. (2-tailed)	,037	,000	,022	,001	,000	,001	,000	,104	,003
	Pearson Correlation	,303**	,373**	,247**	,370**	,365**	,256**	,394**	,238**	,207*
G4	Sig. (2-tailed)	,001	,000	,005	,000	,000	,004	,000	,007	,021
	Pearson Correlation	,088	,180*	,040	,247**	,162	,212*	,256**	,160	,149
G5	Sig. (2-tailed)	,327	,045	,655	,006	,072	,018	,004	,074	,097
	Pearson Correlation	,262**	,313**	,095	,340**	,156	,191*	,243**	,229*	,278**
	Sig. (2-tailed)	,003	,000	,294	,000	,081	,033	,006	,010	,002

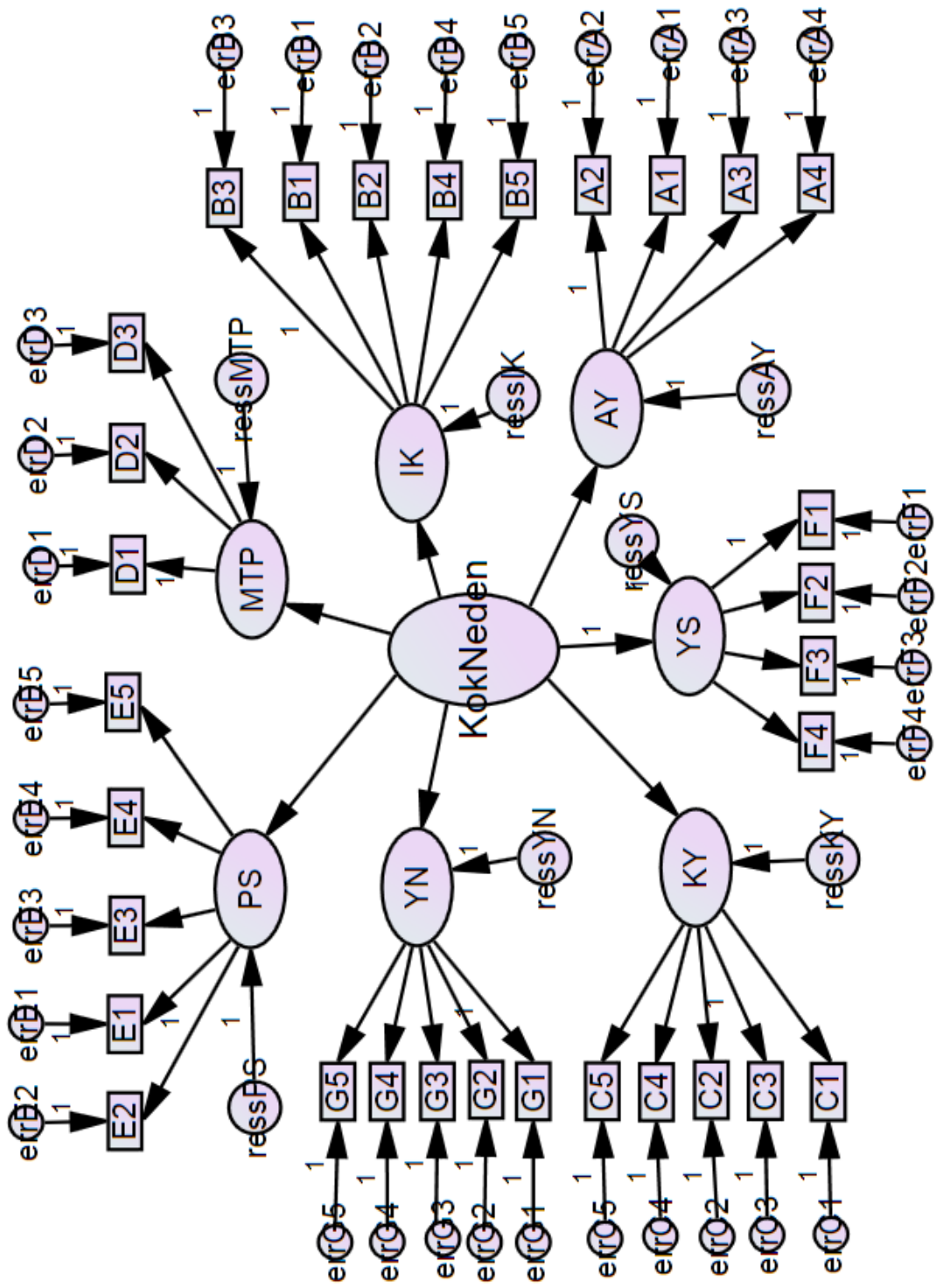
** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). * Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed). c. Listwise N=125

EK F (DEVAM)

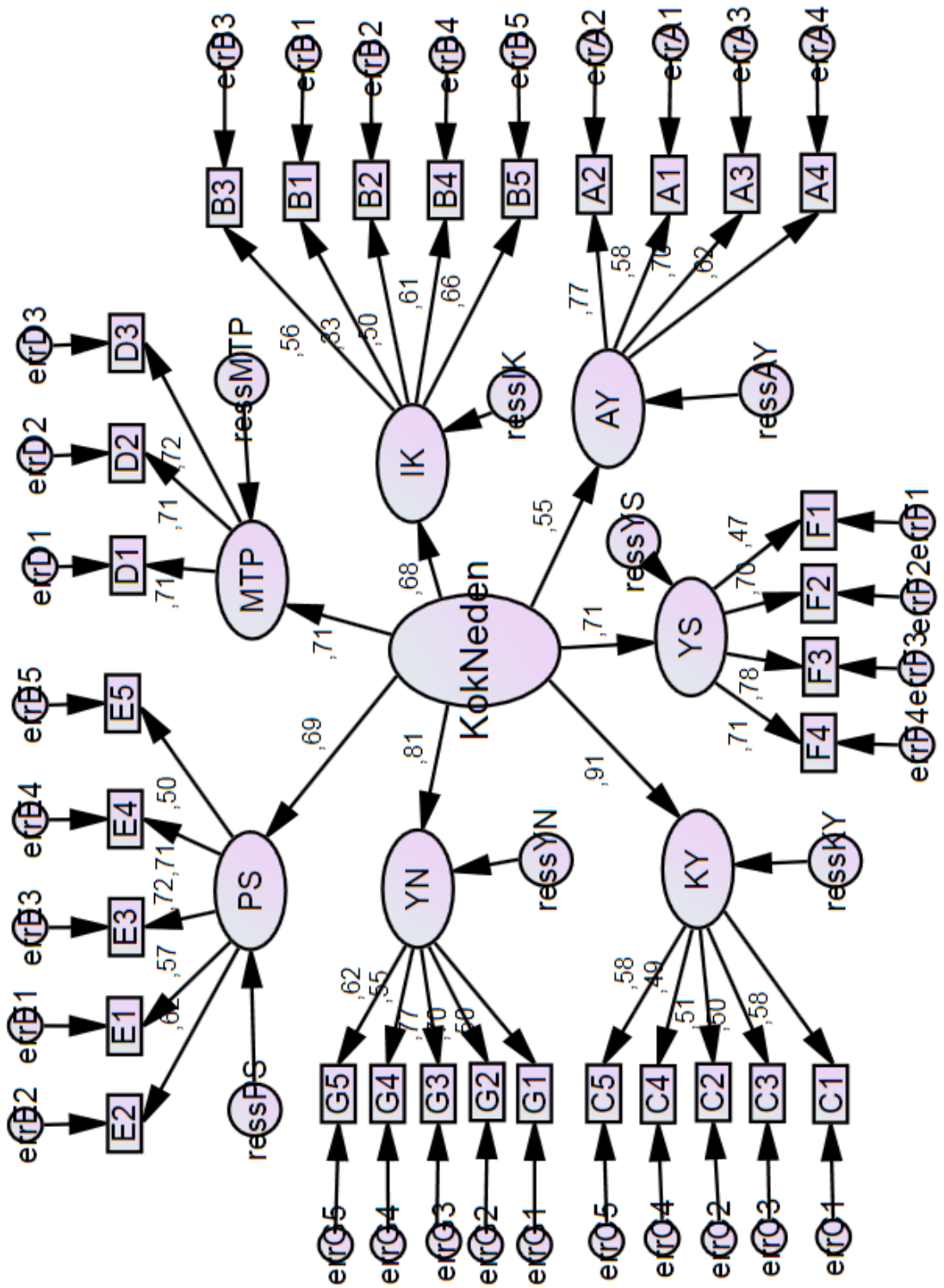
	E3	E4	E5	F1	F2	F3	F4	G1	G2	G3	G4	G5
E3												
E4	.557**		.305**	.176	.120	.318**	.239**	.195	.266**	.207	.149	.278**
E5	.000	1	.001	.050	.182	.000	.007	.030	.003	.021	.097	.002
F1	.328**	.000	.328**	.107	.308**	.351**	.359**	.260**	.335**	.222	.205	.334**
F2	.000	1	.000	.235	.000	.000	.000	.003	.000	.013	.022	.000
F3	.328**	.000	1	.314**	.201*	.291**	.195	.200	.220*	.340**	.119	.281**
F4	.000	.000	.000	.000	.024	.001	.030	.026	.014	.000	.187	.002
G1	.107	.314**	.314**	1	.356**	.341**	.311**	.181*	.224*	.295**	.250**	.181*
G2	.235	.000	.000	.356**	1	.556**	.493**	.043	.012	.001	.005	.043
G3	.308**	.000	.201*	.000	1	.556**	.493**	.217	.367**	.409**	.178	.289**
G4	.000	.000	.024	.000	.000	.000	.000	.015	.000	.000	.047	.001
G5	.351**	.000	.291**	.341**	.556**	1	.565**	.269**	.394**	.331**	.196	.352**
F1	.000	.000	.001	.000	.000	.000	.000	.002	.000	.000	.028	.000
F2	.359**	.000	.195	.311**	.493**	.565**	1	.296**	.377**	.304**	.170	.290**
F3	.000	.000	.030	.000	.000	.000	.000	.001	.000	.001	.058	.001
F4	.260**	.000	.200	.181*	.217	.269**	.296**	1	.329**	.347**	.221*	.349**
G1	.003	.003	.026	.043	.015	.002	.001	.000	.000	.000	.013	.000
G2	.335**	.000	.220*	.224*	.367**	.394**	.377**	.329**	1	.567**	.306**	.424**
G3	.000	.000	.014	.012	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.000
G4	.222	.013	.340**	.295**	.409**	.331**	.304**	.347**	.567**	1	.461**	.433**
G5	.013	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.000	.000	.000	.000	.000
F1	.205	.000	.119	.250**	.178	.196	.170	.221*	.306**	.461**	1	.492**
F2	.022	.022	.187	.005	.047	.028	.058	.013	.001	.000	.000	.000
F3	.334**	.000	.281**	.181*	.289**	.352**	.290**	.349**	.424**	.433**	.492**	.000
F4	.000	.000	.002	.043	.001	.000	.001	.000	.000	.000	.000	.000
G1	.000	.000	.002	.043	.001	.000	.001	.000	.000	.000	.000	.000

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). * . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed). c. Listwise N=125

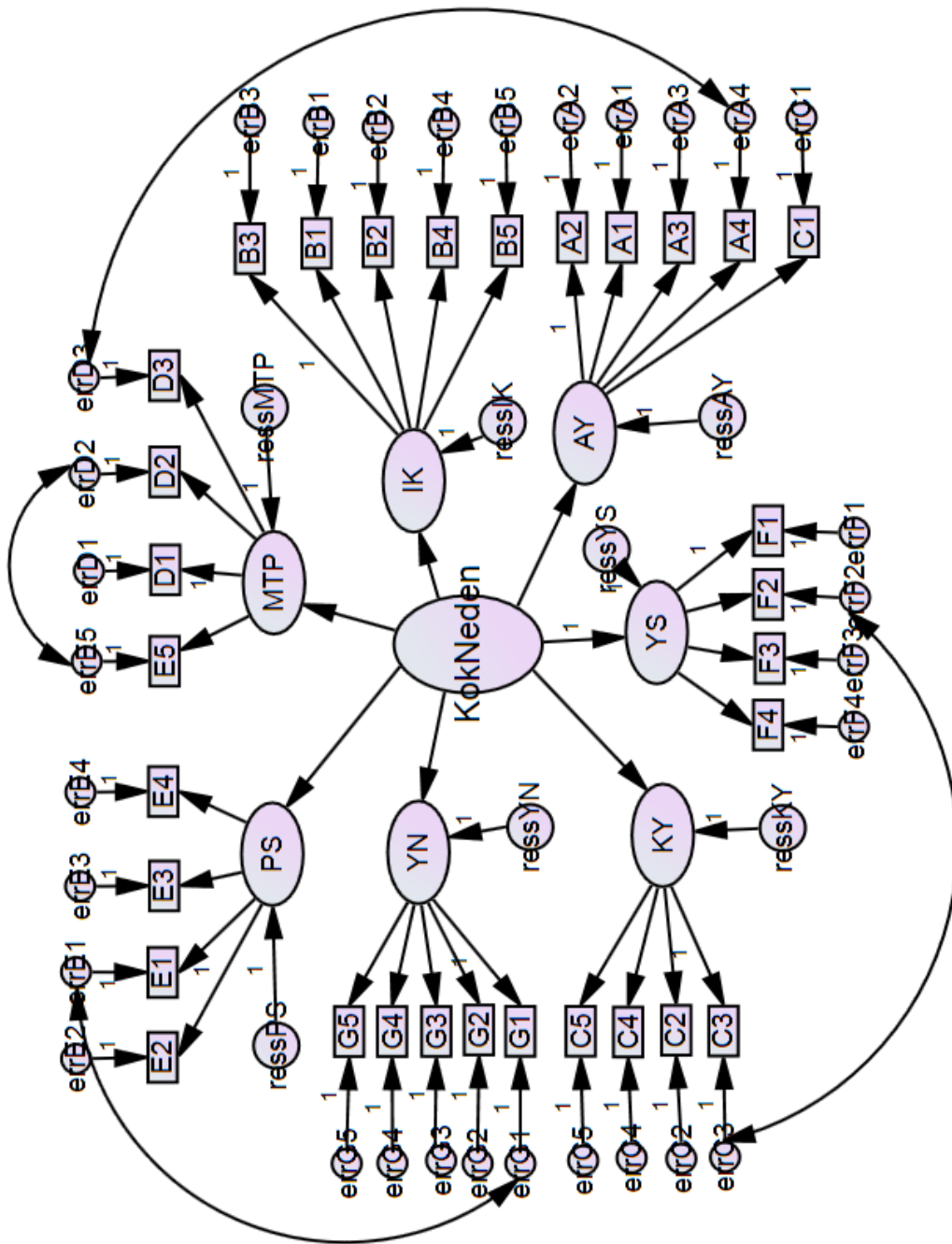
EK G1



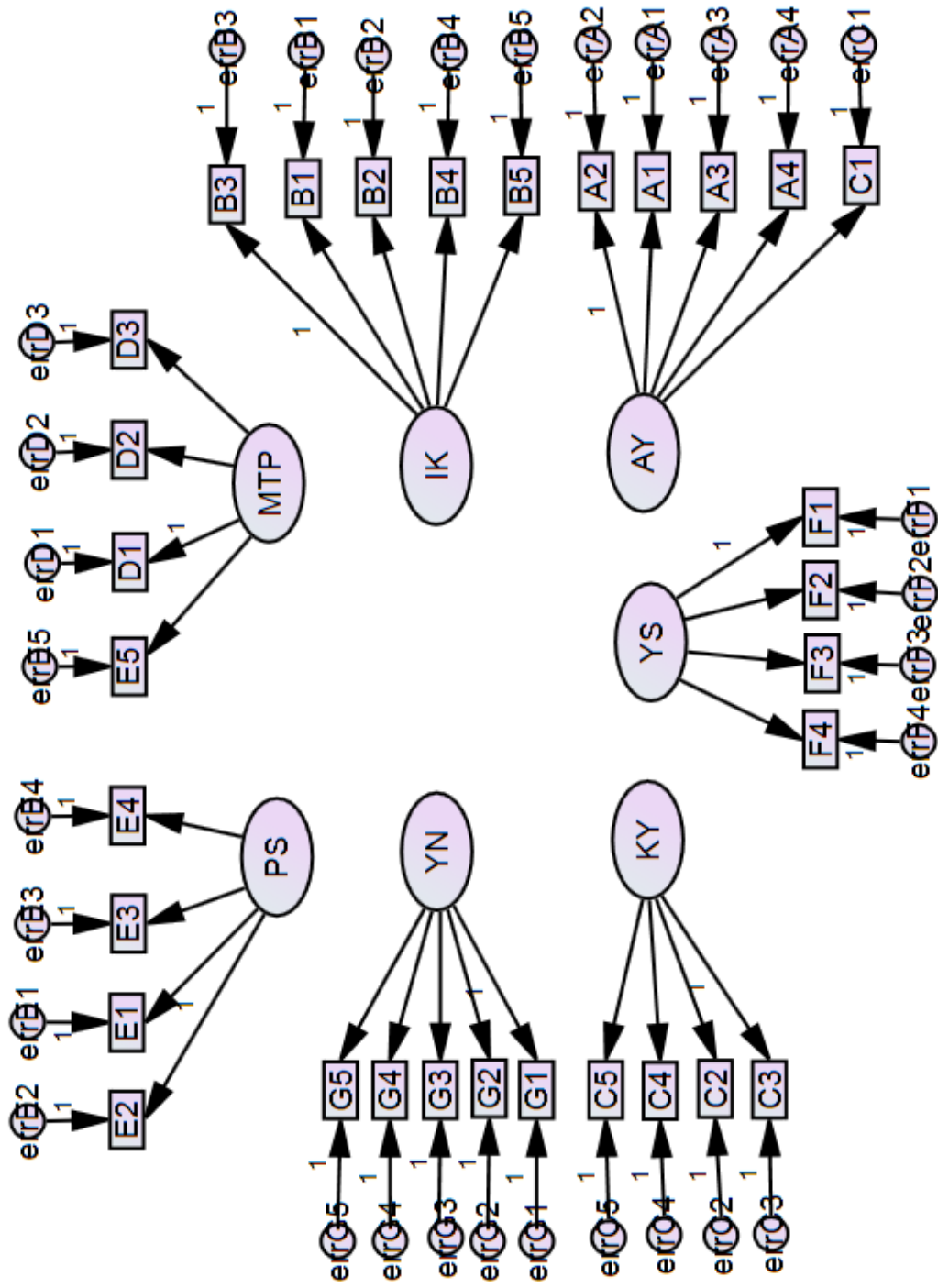
EK G2



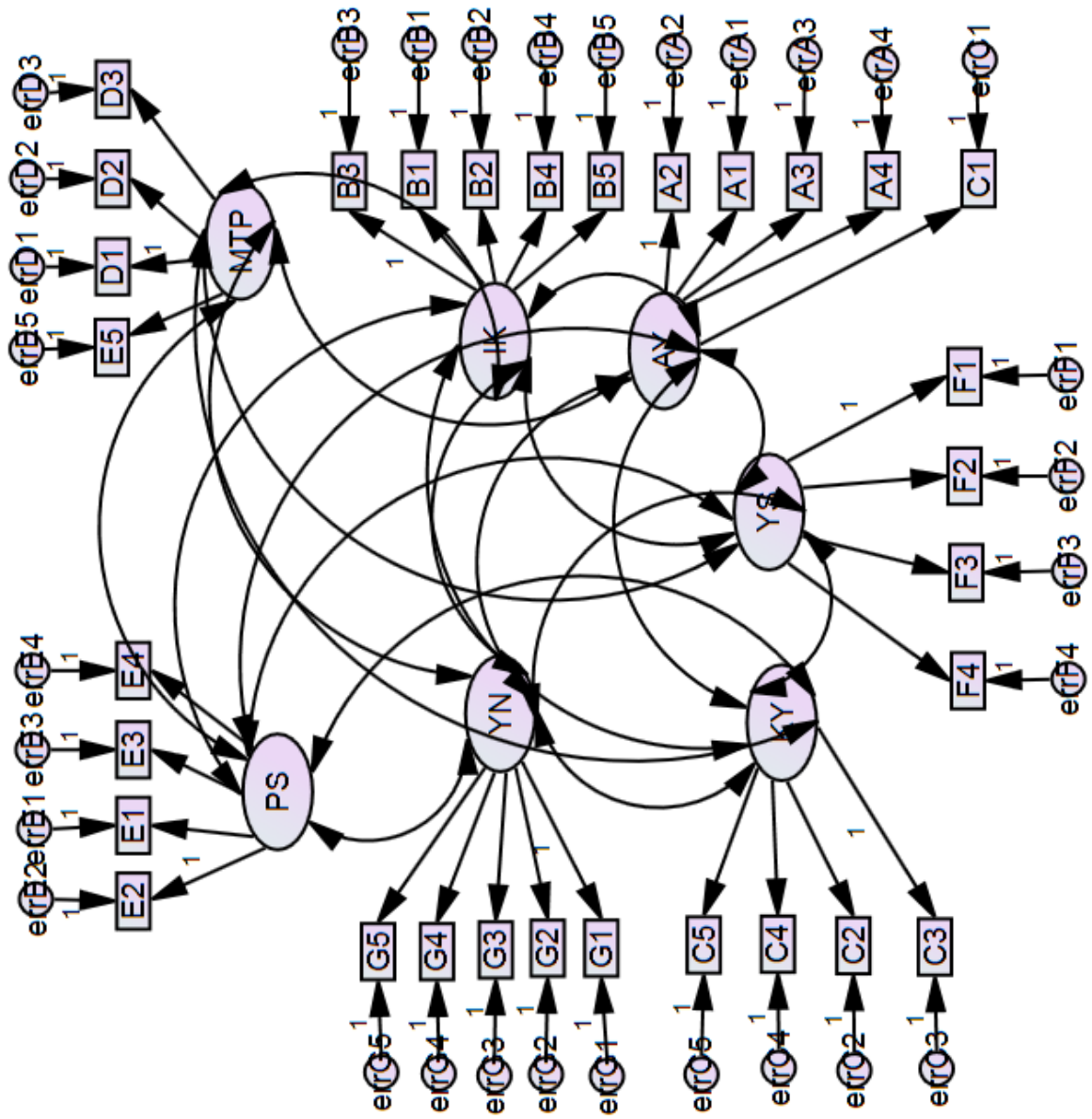
EK G3



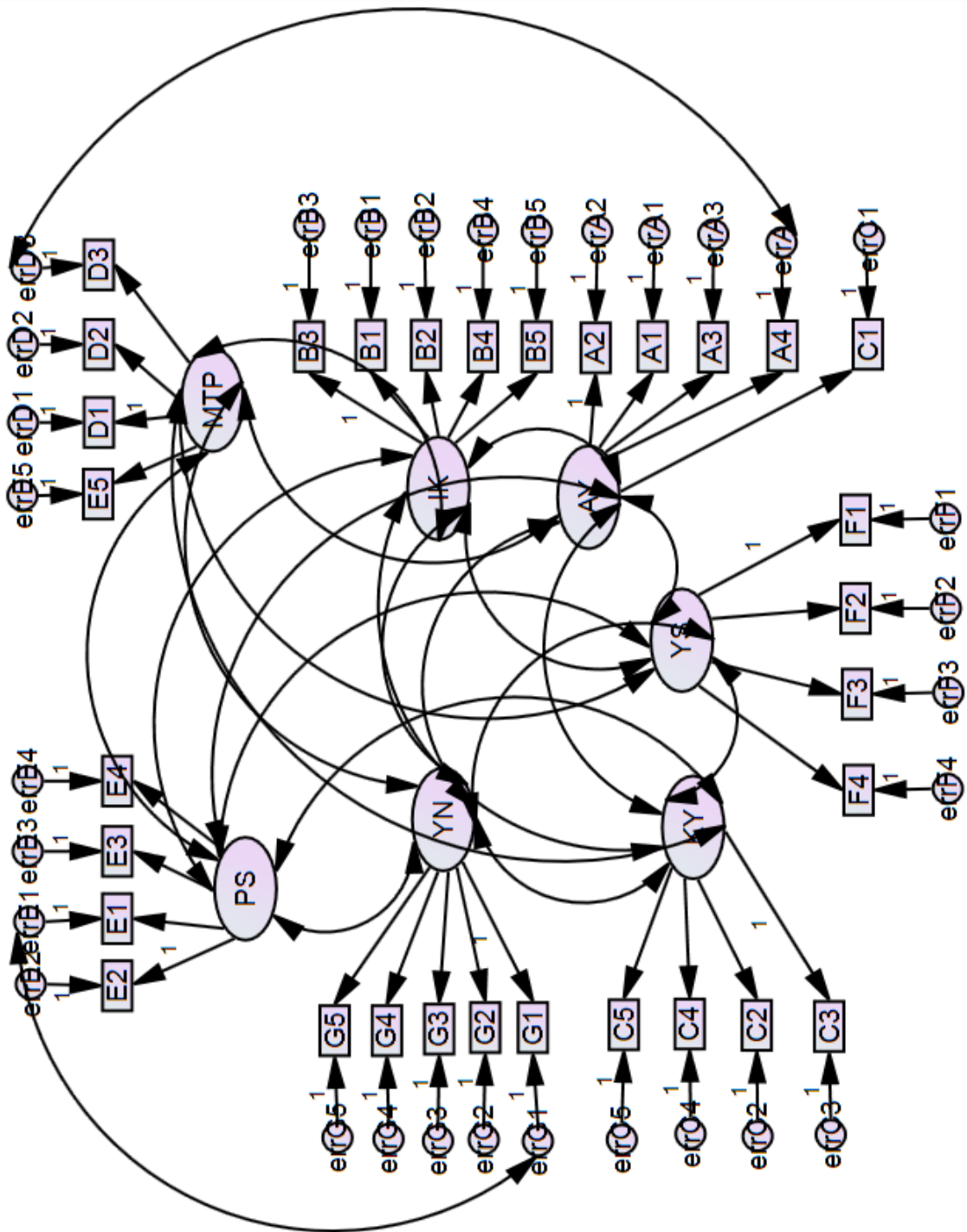
EK G4



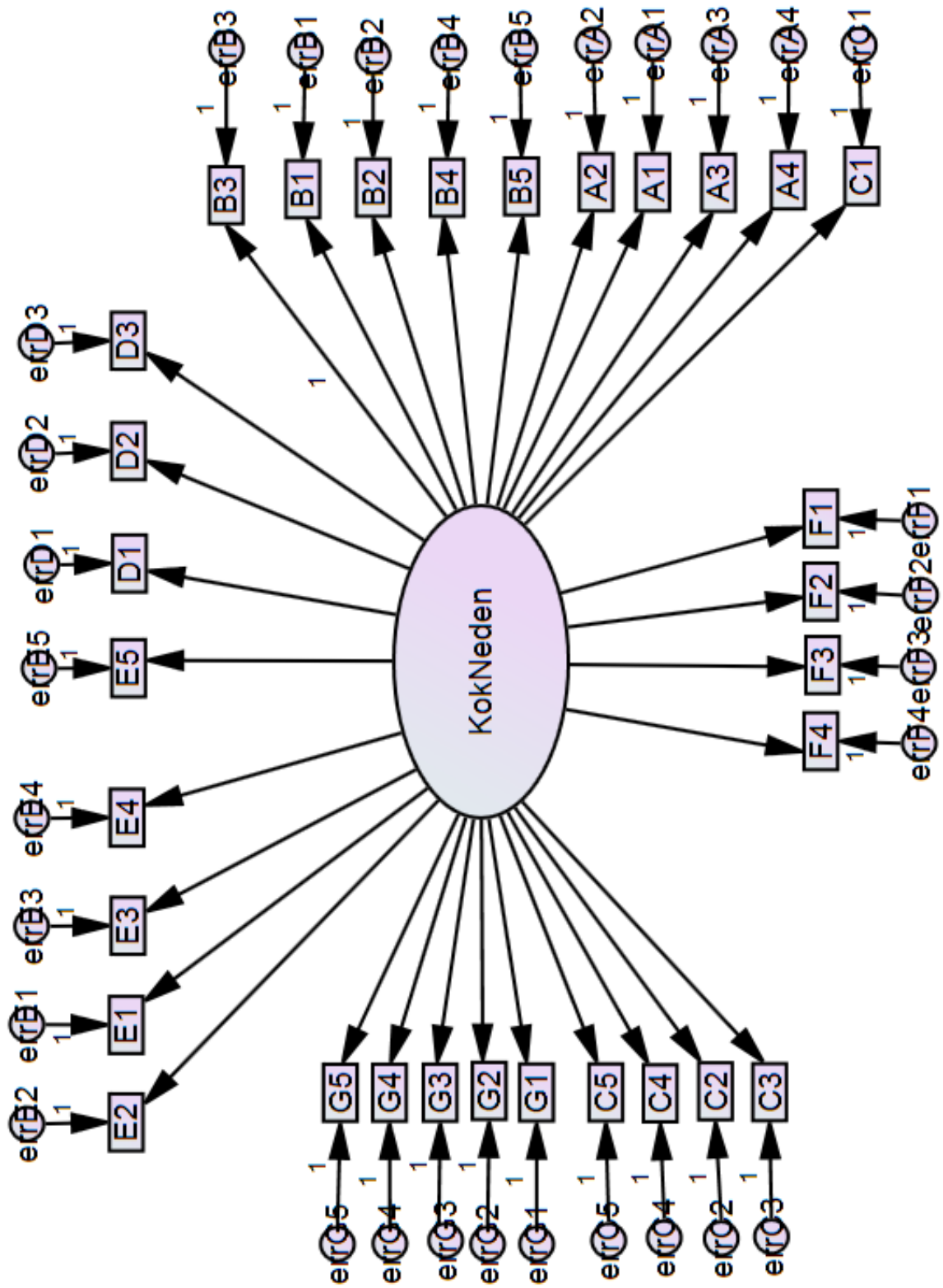
EK G5



EK G6



EK G7



EK I

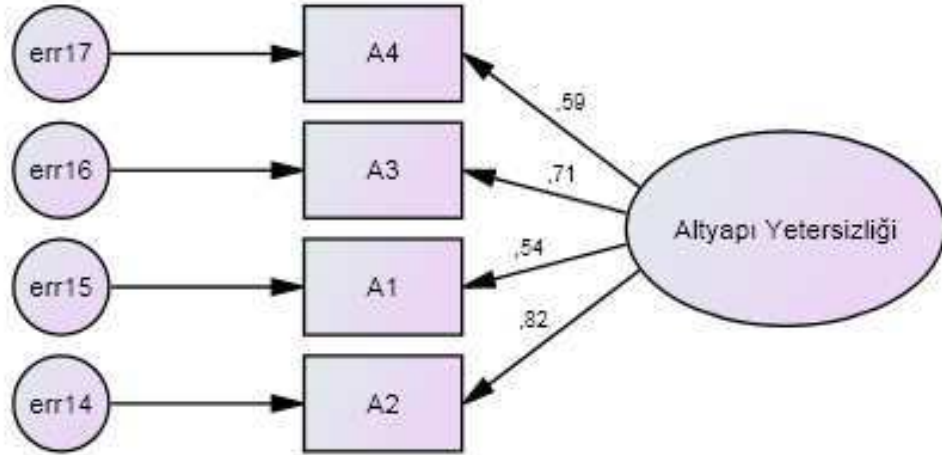
Rotated Component Matrix^a

	Component									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A2	,813	,123	,002	-,053	,061	,123	,025	,092	,017	,052
A3	,747	-,072	,117	,193	-,086	,239	,054	-,065	,064	-,041
A4	,664	,308	,033	,098	,254	,023	-,066	-,139	-,320	-,019
A1	,627	,118	,006	,174	,184	-,054	,063	,101	,041	,157
C1	,536	,248	,238	,047	-,147	,034	,320	,244	,187	,041
D3	,238	,772	,108	,087	,162	-,031	-,059	,057	-,103	,122
D2	,033	,687	,286	,089	-,128	,138	,212	-,016	,138	,132
D1	,139	,686	,012	,207	,043	,166	,157	,218	,035	-,123
E5	,024	,504	,368	,050	,059	-,094	,217	,036	,405	,071
E3	,070	,062	,783	,086	,006	,267	,053	,198	,055	-,018
E2	,039	,134	,687	,083	,260	-,102	-,008	-,133	,224	,050
E4	,141	,170	,665	,032	,293	,039	,173	,228	-,187	,043
E1	,075	,146	,595	,505	,062	,053	,025	-,292	-,075	-,212
G3	,188	,231	,072	,704	,189	,087	,219	,071	,189	-,012
G4	,338	-,010	,119	,616	-,012	-,024	-,111	,087	,208	,316
G2	,036	,283	,068	,609	,331	,365	,049	,107	-,057	-,054
G5	-,004	,026	,255	,589	,156	-,118	,103	,376	,029	,357
F4	,144	,083	,207	,088	,730	,228	-,005	,133	,152	,055
F2	,140	-,096	,065	,253	,715	-,064	,417	,033	,135	-,053
F3	-,041	,127	,298	,158	,676	,194	,113	,020	,068	,299
B4	,036	,044	,303	-,064	,121	,760	,114	,001	-,229	,222
B5	,172	,351	,021	,165	,037	,674	-,053	-,031	,204	,116
B3	,208	-,131	-,093	,062	,246	,639	,337	,075	,179	-,023
C2	,011	,006	,181	,077	,031	,133	,690	,122	,189	,289
C4	,077	,271	,074	-,099	,275	,178	,638	-,106	,131	-,077
C3	,111	,195	-,046	,433	,102	-,014	,612	-,042	-,209	,130
G1	,147	,318	-,012	,146	,262	,118	-,050	,709	,043	,053
B1	,122	,407	-,114	-,001	,149	,099	,031	-,522	,050	,381
C5	,309	,337	,169	,216	,039	-,016	,170	,426	,150	,027
F1	,037	,092	,044	,153	,272	,093	,129	,046	,761	,064
B2	,132	,099	-,033	,136	,116	,210	,197	-,030	,047	,772

EK J

ALT BOYUTLARIN YAPI GEÇERLİLİĞİ

1) ALTYAPI YETERSİZLİĞİ



A1	Çalışma alanının dar olması, ortam koşullarının uygun olmamasının hatayı tetiklemesi
A2	Tezgah / forklift / Makinelerin sık sık arızalanması / eski olması
A3	Tezgah / Makine / forklift sayısının yetersiz olması
A4	Makine / tezgahlarda kullanılan aparat / kalıp yetersizliği

Number of distinct sample moments:	10
Number of distinct parameters to be estimated:	8
Degrees of freedom (10 - 8):	2

Minimum was achieved

Chi-square = 5,398

Degrees of freedom = 2

Probability level = ,067

Maximum Likelihood Estimates							
Regression Weights: (Group number 1 - Default model)							
			Regression Weights	S.E.	C.R.	P	Standardized Regression Weights
A2	<---	A	1				0,817
A1	<---	A	0,602	0,116	5,207	***	0,535
A3	<---	A	0,883	0,137	6,444	***	0,713
A4	<---	A	0,624	0,109	5,704	***	0,593
Variances: (Group number 1 - Default model)							
			Estimate	S.E.	C.R.	P	-
A			1,371	0,299	4,589	***	-
err14			0,683	0,19	3,589	***	-
err15			1,239	0,176	7,035	***	-
err16			1,037	0,19	5,452	***	-
err17			0,985	0,147	6,715	***	-

Model Fit Summary**CMIN**

Model	NPAR	CMIN	DF	P	CMIN/DF
Default model	8	5,398	2	0,067	2,699
Saturated model	10	0	0		
Independence model	4	126,221	6	0	21,037

RMR, GFI

Model	RMR	GFI	AGFI	PGFI
Default model	0,072	0,978	0,89	0,196
Saturated model	0	1		
Independence model	0,656	0,622	0,369	0,373

Baseline Comparisons

Model	NFI	RFI	IFI	TLI	CFI
	Delta1	rho1	Delta2	rho2	
Default model	0,957	0,872	0,973	0,915	0,972
Saturated model	1		1		1
Independence model	0	0	0	0	0

Parsimony-Adjusted Measures

Model	PRATIO	PNFI	PCFI
Default model	0,333	0,319	0,324
Saturated model	0	0	0
Independence model	1	0	0

NCP

Model	NCP	LO 90	HI 90
Default model	3,398	0	14,425
Saturated model	0	0	0
Independence model	120,221	87,346	160,528

FMIN

Model	FMIN	F0	LO 90	HI 90
Default model	0,044	0,027	0	0,116
Saturated model	0	0	0	0
Independence model	1,018	0,97	0,704	1,295

RMSEA

Model	RMSEA	LO 90	HI 90	PCLO SE
Default model	0,117	0	0,241	0,126
Independence model	0,402	0,343	0,465	0

AIC

Model	AIC	BCC	BIC	CAIC
Default model	21,398	22,07	44,024	52,024
Saturated model	20	20,84	48,283	58,283
Independence model	134,221	134,557	145,534	149,534

ECVI

Model	ECVI	LO 90	HI 90	MECV I
Default model	0,173	0,145	0,261	0,178
Saturated model	0,161	0,161	0,161	0,168
Independence model	1,082	0,817	1,407	1,085

HOELTER

Model	HOELTER .05	HOELTER .01
Default model	138	212
Independence model	13	17

Modifikasyon önerileri;

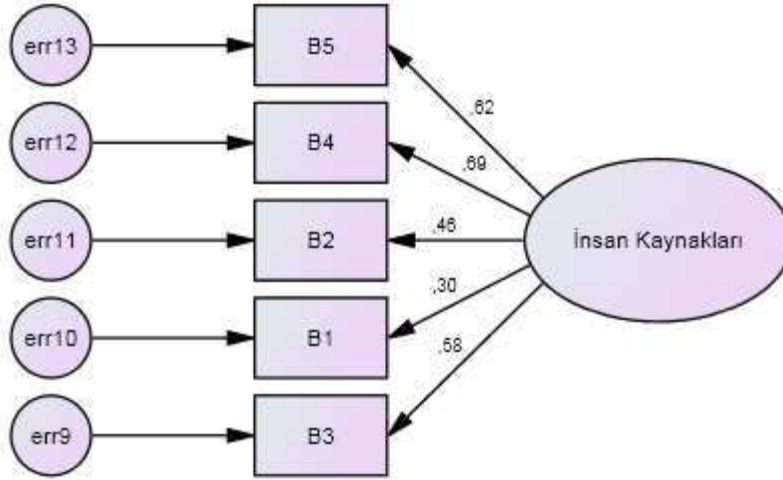
Modification Indices (Group number 1 - Default model)**Covariances: (Group number 1 - Default model)**

			M.I.	Par Change
err15	<-->	err17	4,561	0,233

err15 A1 Çalışma alanının dar olması, ortam koşullarının uygun olmamasının hatayı tetiklemesi
err17 A4 Makine / tezgahlarda kullanılan aparat / kalıp yetersizliği

Uzman görüşlerine göre modifikasyon önerileri anlamsızdır. Mevcut yapı uyum indeksleri beklenen değerler içindedir, alt boyut yapısı uygundur.

2) İNSAN KAYNAKLARI



B1	Çalışanların makine arızası / kalite problemleri gibi konularda sorumluluk almaması veya verilmemesi
B2	Çalışanların teknik bilgi ve deneyimlerinin yetersiz olması
B3	Performans değerlendirme yönteminin etkin olmaması, ürün kalitesine değil, üretilen adete dayalı olması
B4	Çalışanların motivasyonlarının düşük olması, kapasitelerinin altında çalışması
B5	Çalışanların devamsızlığı durumunda alınacak önlemlerin belirlenmemiş olması, yerine ikamenin planlanmaması

Number of distinct sample moments:	15
Number of distinct parameters to be estimated:	10
Degrees of freedom (15 - 10):	5

Minimum was achieved

Chi-square = 10,299

Degrees of freedom = 5

Probability level = ,067

Model Fit Summary

CMIN

Model	NPAR	CMIN	DF	P	CMIN/DF
Default model	10	10,299	5	0,067	2,06
Saturated model	15	0	0		
Independence model	5	89,433	10	0	8,943

RMR, GFI

Model	RMR	GFI	AGFI	PGFI
Default model	0,073	0,967	0,9	0,322
Saturated model	0	1		
Independence model	0,278	0,737	0,605	0,491

Baseline Comparisons

Model	NFI	RFI	IFI	TLI	CFI
	Delta1	rho1	Delta2	rho2	
Default model	0,885	0,77	0,937	0,867	0,933
Saturated model	1		1		1
Independence model	0	0	0	0	0

Parsimony-Adjusted Measures

Model	PRATIO	PNFI	PCFI
Default model	0,5	0,442	0,467
Saturated model	0	0	0
Independence model	1	0	0

NCP

Model	NCP	LO 90	HI 90
Default model	5,299	0	18,586
Saturated model	0	0	0
Independence model	79,433	52,853	113,483

FMIN

Model	FMIN	F0	LO 90	HI 90
Default model	0,083	0,043	0	0,15
Saturated model	0	0	0	0
Independence model	0,721	0,641	0,426	0,915

RMSEA

Model	RMSEA	LO 90	HI 90	PCLOSE
Default model	0,092	0	0,173	0,161
Independence model	0,253	0,206	0,303	0

AIC

Model	AIC	BCC	BIC	CAIC
Default model	30,299	31,316	58,582	68,582
Saturated model	30	31,525	72,425	87,425
Independence model	99,433	99,941	4	4

ECVI

Model	ECVI	LO 90	HI 90	MECVI
Default model	0,244	0,202	0,352	0,253
Saturated model	0,242	0,242	0,242	0,254
Independence model	0,802	0,588	1,076	0,806

HOELTER

Model	HOELTER R .05	HOELTER .01
Default model	134	182
Independence model	26	33

**Maximum Likelihood
Estimates**

Regression Weights: (Group number 1 - Default model)

			Regression Weights	S.E.	C.R.	P	Standardized Regression Weights
B3	<---	B	1				0,577
B1	<---	B	0,556	0,211	2,628	0,009	0,302
B2	<---	B	0,753	0,206	3,65	***	0,456
B4	<---	B	1,07	0,24	4,468	***	0,687
B5	<---	B	1	0,229	4,374	***	0,618

Variances: (Group number 1 - Default model)

	Estimate	S.E.	C.R.	P
B	0,415	0,146	2,854	0,004
err9	0,83	0,136	6,123	***
err10	1,276	0,169	7,538	***
err11	0,896	0,128	6,98	***
err12	0,532	0,112	4,739	***
err13	0,67	0,118	5,676	***

Modifikasyon önerileri;

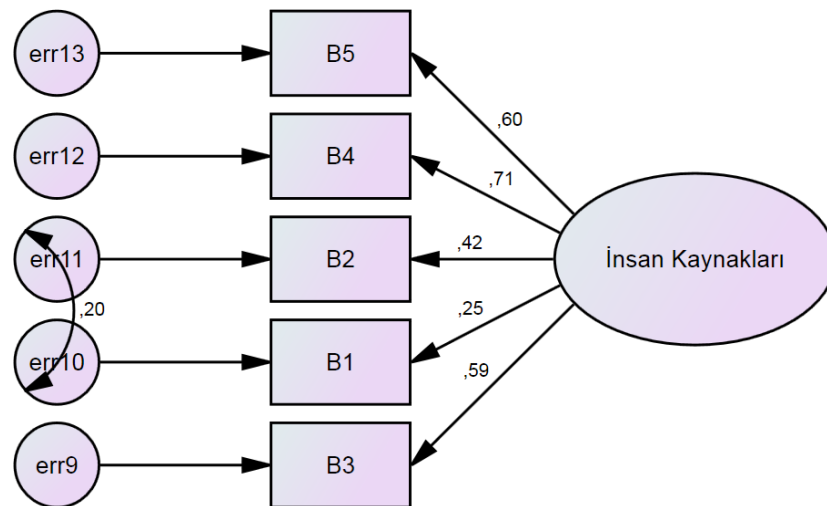
Modification Indices (Group number 1 - Default model)

Covariances: (Group number 1 - Default model)

		M.I.	Par Change
err10	<-->	err11	4,008 0,203

err10 B1 Çalışanların makine arızası / kalite problemleri gibi konularda sorumluluk almaması veya verilmemesi

err11 B2 Çalışanların teknik bilgi ve deneyimlerinin yetersiz olması
Uzman görüşlerine göre modifikasyonlar uygundur.



Notes for Model (Default model)

Computation of degrees of freedom (Default model)

Number of distinct sample moments:	15
Number of distinct parameters to be estimated:	11
Degrees of freedom (15 - 11):	4

Result (Default model)

Minimum was achieved

Chi-square = 5,894

Degrees of freedom = 4

Probability level = ,207

Estimates (Group number 1 - Default model)

Scalar Estimates (Group number 1 - Default model)

Maximum Likelihood

Estimates

Regression Weights: (Group number 1 - Default model)

			Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
B3	<---	B	1				
B1	<---	B	0,442	0,202	2,188	0,029	
B2	<---	B	0,679	0,195	3,492	***	
B4	<---	B	1,078	0,241	4,48	***	
B5	<---	B	0,939	0,214	4,387	***	

Standardized Regression Weights: (Group number 1 - Default model)

			Estimate
B3	<---	B	0,595
B1	<---	B	0,248
B2	<---	B	0,424
B4	<---	B	0,713
B5	<---	B	0,599

Covariances: (Group number 1 - Default model)

			Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
err10	<-->	err11	0,223	0,109	2,046	0,041	

Correlations: (Group number 1 - Default model)

			Estimate
err10	<-->	err11	0,202

Variances: (Group number 1 - Default model)

	Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
B	0,441	0,151	2,924	0,003	
err9	0,805	0,136	5,901	***	
err10	1,318	0,173	7,638	***	
err11	0,928	0,13	7,118	***	
err12	0,496	0,117	4,23	***	
err13	0,696	0,119	5,858	***	

Gerçekleştirilen modifikasyonun p değeri 0,05'e çok yakın, Ki-kare değerindeki değişim anlamlı; fakat korelasyon çok düşük (0,20).

Model Fit Summary**CMIN**

Model	NPAR	CMIN	DF	P	CMIN/DF
Default model	11	5,894	4	0,207	1,474
Saturated model	15	0	0		
Independence model	5	89,433	10	0	8,943

RMR, GFI

Model	RMR	GFI	AGFI	PGFI
Default model	0,055	0,981	0,929	0,262
Saturated model	0	1		
Independence model	0,278	0,737	0,605	0,491

Baseline Comparisons

Model	NFI Delta1	RFI rho1	IFI Delta2	TLI rho2	CFI
Default model	0,934	0,835	0,978	0,94	0,976
Saturated model	1		1		1
Independence model	0	0	0	0	0

Parsimony-Adjusted Measures

Model	PRATIO	PNFI	PCFI
Default model	0,4	0,374	0,39
Saturated model	0	0	0
Independence model	1	0	0

NCP

Model	NCP	LO 90	HI 90
Default model	1,894	0	12,629
Saturated model	0	0	0
Independence model	79,433	52,853	113,48 3

FMIN

Model	FMIN	F0	LO 90	HI 90
Default model	0,048	0,015	0	0,102
Saturated model	0	0	0	0
Independence model	0,721	0,641	0,426	0,915

RMSEA

Model	RMSEA	LO 90	HI 90	PCLO SE
Default model	0,062	0	0,16	0,346
Independence model	0,253	0,206	0,303	0

AIC

Model	AIC	BCC	BIC	CAIC
Default model	27,894	29,013	59,006	70,006
Saturated model	30	31,525	72,425	87,425
Independence model	99,433	99,941	113,57 4	118,57 4

ECVI

Model	ECVI	LO 90	HI 90	MECV I
Default model	0,225	0,21	0,312	0,234
Saturated model	0,242	0,242	0,242	0,254
Independence model	0,802	0,588	1,076	0,806

HOELTER

Model	HOELTE R	HOELTER
Model	.05	.01
Default model	200	280
Independence model	26	33

Modifikasyon önerileri;

Modification Indices (Group number 1 - Default model)**Covariances: (Group number 1 - Default model)**

			M.I.	Par Change
err10	<-->	err13	4,416	0,194

Regression Weights: (Group number 1 - Default model)

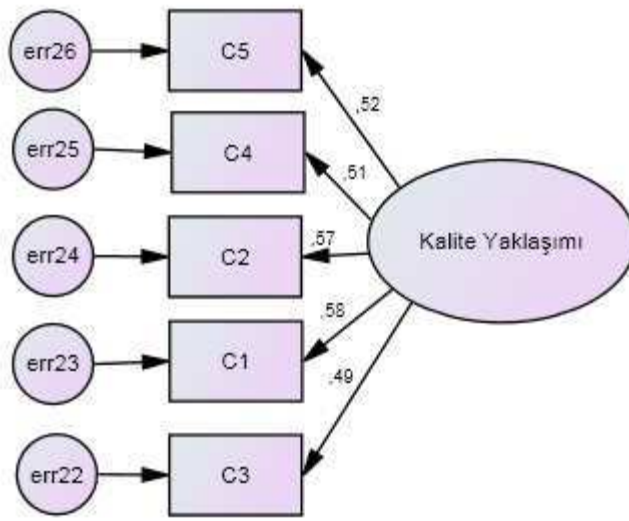
			M.I.	Par Change
B5	<---	B1	4,315	0,144

B1 Çalışanların makine arızası / kalite problemleri gibi konularda sorumluluk almaması veya verilmemesi
Çalışanların devamsızlığı durumunda alınacak önlemlerin belirlenmemiş olması, yerine ikamenin

B5 planlanmaması

Uzman görüşlerine göre; korelasyon önerileri uygun değildir.

3) KALİTE YAKLAŞIMI



C1	Kalite kontrol araçlarının/ekipmanlarının hataları tespit edebilecek hassasiyette ve yeterlilikte olmaması
C2	Malzemelerin kabul/red kararlarıyla ilgili katı kuralların uygulanmıyışı
C3	Yeniden işleme/tamirler için kalıcı çözümlerin ortaya konmaması
C4	Uygun olmayan ürünün yönetiminin karmaşıklığı / hiyerarşik karar gerektirmesi
C5	Kalıp / aparat kalite onay sürecinin uygulanmaması

Notes for Model (Default model)

Computation of degrees of freedom (Default model)

Number of distinct sample moments: 15

Number of distinct parameters to be estimated: 10

Degrees of freedom (15 - 10): 5

Result (Default model)

Minimum was achieved

Chi-square = 12,986

Degrees of freedom = 5

Probability level = ,024

Model Fit Summary**CMIN**

Model	NPAR	CMIN	DF	P	CMIN/ DF
Default model	10	12,986	5	0,024	2,597
Saturated model	15	0	0		
Independence model	5	86,217	10	0	8,622

RMR, GFI

Model	RMR	GFI	AGFI	PGFI
Default model	0,084	0,956	0,869	0,319
Saturated model	0	1		
Independence model	0,312	0,74	0,61	0,493

Baseline Comparisons

Model	NFI Delta1	RFI rho1	IFI Delta2	TLI rho2	CFI
Default model	0,849	0,699	0,902	0,79	0,895
Saturated model	1		1		1
Independence model	0	0	0	0	0

Parsimony-Adjusted Measures

Model	PRATIO	PNFI	PCFI
Default model	0,5	0,425	0,448
Saturated model	0	0	0
Independence model	1	0	0

NCP

Model	NCP	LO 90	HI 90
Default model	7,986	0,908	22,677
Saturated model	0	0	0
Independence model	76,217	50,218	109,68 9

FMIN

Model	FMIN	F0	LO 90	HI 90
Default model	0,105	0,064	0,007	0,183
Saturated model	0	0	0	0
Independence model	0,695	0,615	0,405	0,885

RMSEA

Model	RMSEA	LO 90	HI 90	PCLO SE
Default model	0,113	0,038	0,191	0,074
Independence model	0,248	0,201	0,297	0

AIC

Model	AIC	BCC	BIC	CAIC
Default model	32,986	34,003	61,269	71,269
Saturated model	30	31,525	72,425 110,35	87,425 115,35
Independence model	96,217	96,726	9	9

ECVI

Model	ECVI	LO 90	HI 90	MECV I
Default model	0,266	0,209	0,384	0,274
Saturated model	0,242	0,242	0,242	0,254
Independence model	0,776	0,566	1,046	0,78

HOELTER

Model	HOELTE R	HOELTE R
Default model	106	145
Independence model	27	34

Estimates (Group number 1 - Default model)**Scalar Estimates (Group number 1 - Default model)****Maximum Likelihood Estimates****Regression Weights: (Group number 1 - Default model)**

			Estimate	S.E.	C.R.	P
C1	<---	C	1,668	0,457	3,652	***
C2	<---	C	1,31	0,359	3,648	***
C4	<---	C	1,046	0,302	3,461	***
C5	<---	C	1,252	0,358	3,496	***
C3	<---	C	1			

Standardized Regression Weights: (Group number 1 - Default model)

			Estimate
C1	<---	C	0,577
C2	<---	C	0,575
C4	<---	C	0,511
C5	<---	C	0,521
C3	<---	C	0,491

Variances: (Group number 1 - Default model)

	Estimate	S.E.	C.R.	P
C	0,228	0,098	2,333	0,02
err22	0,716	0,108	6,614	***
err23	1,271	0,216	5,883	***
err24	0,793	0,134	5,903	***
err25	0,708	0,109	6,476	***
err26	0,958	0,15	6,393	***

Matrices (Group number 1 - Default model)

Residual Covariances (Group number 1 - Default model)

	C5	C4	C2	C1	C3
C5	0				
C4	-0,059	0			
C2	-0,107	0,094	0		
C1	0,247	-0,075	-0,075	0	
C3	-0,042	0,014	0,071	-0,063	0

Standardized Residual Covariances (Group number 1 - Default model)

	C5	C4	C2	C1	C3
C5	0				
C4	-0,566	0			
C2	-0,916	0,945	0		
C1	1,661	-0,593	-0,525	0	
C3	-0,409	0,161	0,717	-0,503	0

Modifikasyon önerileri;

Modification Indices (Group number 1 - Default model)

Covariances: (Group number 1 - Default model)

			M.I.	Par Change
err23	<-->	err26	8,216	0,327

Variances: (Group number 1 - Default model)

Regression Weights: (Group number 1 - Default model)

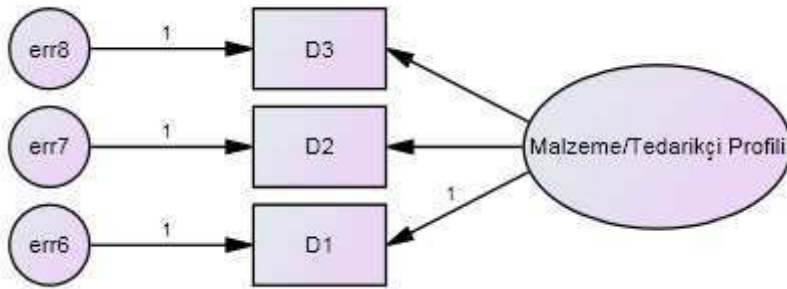
			M.I.	Par Change
C5	<---	C1	4,707	0,148
C1	<---	C5	5,394	0,224

C1 Kalite kontrol araçlarının/ekipmanlarının hataları tespit edebilecek hassasiyette ve yeterlilikte olmaması

C5 Kalıp / aparat kalite onay sürecinin uygulanmaması

Korelasyon önerisi uygun değildir.

4) MALZEME TEDARİKÇİ PROFİLİ



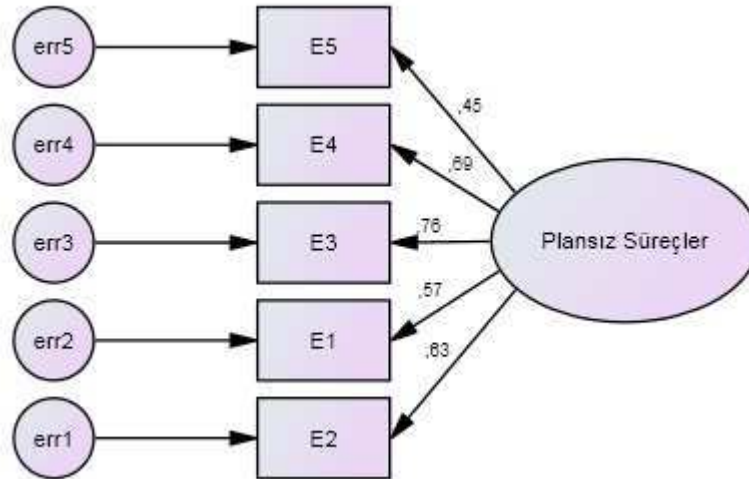
D1	Hammaddenin uygun zamanda / kalitede / adette temin edilememesi
D2	Peketleme malzemesinin uygun zamanda / kalitede / adette temin edilememesi
D3	Tezgahlarda kullanılan aparatların uygun zamanda / kalitede / adette temin edilememesi

Notes for Model (Default model)

Computation of degrees of freedom (Default model)

Number of distinct sample moments:	6
Number of distinct parameters to be estimated:	6
Degrees of freedom (6 - 6):	0

5) PLANSIZ SÜREÇLER



E1	Kapasitenin yanlış hesaplanması, siparişlerin tezgah doluluğu göz önünde bulundurulmadan kabulü
E2	Tedarikçiye kapasitesinin üzerinde sipariş geçilmesi / Geçilen sipariş için verilen teslim tarihinin iyi planlanmaması
E3	Üretim Bölümlerine ve Tezgahlara kapasite üstünde yükleme yapılması
E4	Tezgah doluluğu Nedeniyle Uygun Olmayan Tezgahta İşleme-Dövme-Montaj yapılması
E5	Yeni design'ların geç temini (montaj alt parça / paket malzemesi vs.) veya üretimi

Notes for Model (Default model)**Computation of degrees of freedom (Default model)**

Number of distinct sample moments:	15
Number of distinct parameters to be estimated:	10
Degrees of freedom (15 - 10):	5

Result (Default model)

Minimum was achieved

Chi-square = 4,459

Degrees of freedom = 5

Probability level = ,485

Model Fit Summary**CMIN**

Model	NPAR	CMIN	DF	P	CMIN/DF
Default model	10	4,459	5	0,485	0,892
Saturated model	15	0	0		
Independence model	5	139,31	10	0	13,931

RMR, GFI

Model	RMR	GFI	AGFI	PGFI
Default model	0,034	0,986	0,957	0,329
Saturated model	0	1		
Independence model	0,39	0,62	0,43	0,413

Baseline Comparisons

Model	NFI Delta1	RFI rho1	IFI Delta2	TLI rho2	CFI
Default model	0,968	0,936	1,004	1,008	1
Saturated model	1		1		1
Independence model	0	0	0	0	0

Parsimony-Adjusted Measures

Model	PRATIO	PNFI	PCFI
Default model	0,5	0,484	0,5
Saturated model	0	0	0
Independence model	1	0	0

NCP

Model	NCP	LO 90	HI 90
Default model	0	0	8,606
Saturated model	0	0	0
Independence model	129,31	94,838	171,229

FMIN

Model	FMIN	F0	LO 90	HI 90
Default model	0,036	0	0	0,069
Saturated model	0	0	0	0
Independence model	1,123	1,043	0,765	1,381

RMSEA

Model	RMSEA	LO 90	HI 90	PCLOSE
Default model	0	0	0,118	0,646
Independence model	0,323	0,277	0,372	0

AIC

Model	AIC	BCC	BIC	CAIC
Default model	24,459	25,476	52,742	62,742
Saturated model	30	31,525	72,425	87,425
Independence model	149,31	149,818	163,451	168,451

ECVI

Model	ECVI	LO 90	HI 90	MECVI
Default model	0,197	0,202	0,271	0,205
Saturated model	0,242	0,242	0,242	0,254
Independence model	1,204	0,926	1,542	1,208

HOELTER

Model	HOELTER	HOELTER
Default model	.05	.01
Independence model	308	420
	17	21

Estimates (Group number 1 - Default model)**Scalar Estimates (Group number 1 - Default model)****Maximum Likelihood****Estimates****Regression Weights: (Group number 1 - Default model)**

			Estimate	S.E.	C.R.	P
E2	<---	E	1			
E1	<---	E	1,031	0,207	4,973	***
E3	<---	E	1,488	0,252	5,911	***
E4	<---	E	1,429	0,252	5,682	***
E5	<---	E	0,761	0,186	4,085	***

Standardized Regression Weights: (Group number 1 - Default model)

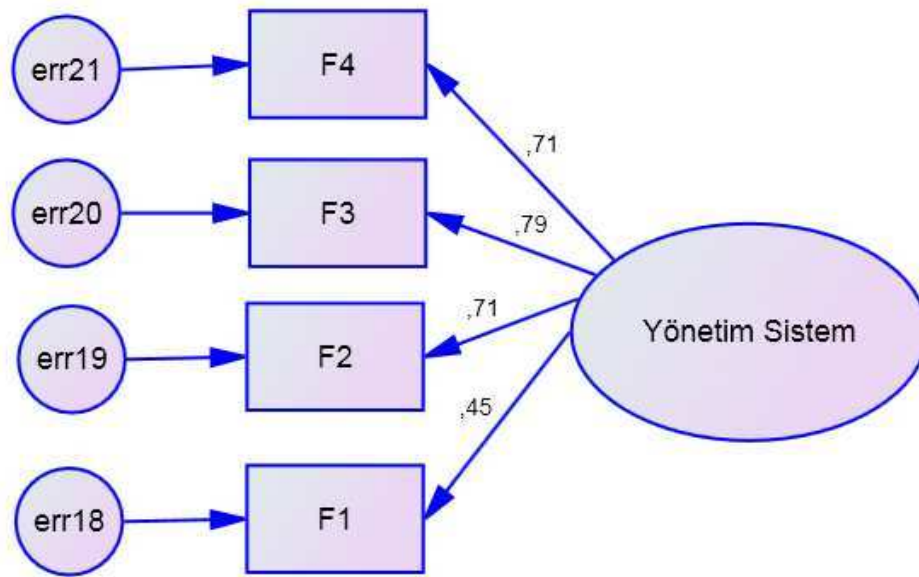
			Estimate
E2	<---	E	0,633
E1	<---	E	0,568
E3	<---	E	0,758
E4	<---	E	0,69
E5	<---	E	0,446

Variances: (Group number 1 - Default model)

	Estimate	S.E.	C.R.	P
E	0,355	0,103	3,46	***
err1	0,532	0,083	6,369	***
err2	0,791	0,116	6,814	***
err3	0,58	0,121	4,809	***
err4	0,8	0,138	5,798	***
err5	0,827	0,113	7,33	***

Model için modifikasyon önerilmemiştir.

6) YÖNETİM / SİSTEM



F1	Birimler arası koordinasyonun eksik olması
F2	Malzeme kullanılabilirlik onayının yönetim kademelerince geciktirilmesi / kalıcı çözümlerin ortaya konmaması / her seferinde farklı bir karar uygulanması
F3	Revizyon sonrasında eski revizyonlu ürünlerin kullanımı / takibi / planlanması ile ilgili sürecin iyi oluşturulmaması / sorumluların belirsizliği
F4	Süreçlerin etkin tasarlanmamış olması / karmaşıklığı ve sorumluların belirsizliği

Notes for Model (Default model)

Computation of degrees of freedom (Default model)

Number of distinct sample moments:	10
Number of distinct parameters to be estimated:	8
Degrees of freedom (10 - 8):	2

Result (Default model)

Minimum was achieved

Chi-square = ,603

Degrees of freedom = 2

Probability level = ,740

Estimates (Group number 1 - Default model)**Scalar Estimates (Group number 1 - Default model)****Maximum Likelihood****Estimates****Regression Weights: (Group number 1 - Default model)**

			Estimate	S.E.	C.R.	P
F2	<---	F	1			
F3	<---	F	1,09	0,166	6,587	***
F4	<---	F	1,001	0,157	6,389	***
F1	<---	F	0,659	0,151	4,371	***

Standardized Regression Weights: (Group number 1 - Default model)

			Estimate
F2	<---	F	0,71
F3	<---	F	0,786
F4	<---	F	0,707
F1	<---	F	0,454

Variances: (Group number 1 - Default model)

		Estimate	S.E.	C.R.	P
F		0,441	0,11	3,989	***
err19		0,433	0,077	5,618	***
err20		0,324	0,075	4,339	***
err21		0,441	0,078	5,662	***
err18		0,736	0,1	7,339	***

Model Fit Summary**CMIN**

Model	NPAR	CMIN	DF	P	CMIN/DF
Default model	8	0,603	2	0,74	0,302
Saturated model	10	0	0		
Independence model	4	124,622	6	0	20,77

RMR, GFI

Model	RMR	GFI	AGFI	PGFI
Default model	0,012	0,998	0,988	0,2
Saturated model	0	1		
Independence model	0,305	0,623	0,372	0,374

Baseline Comparisons

Model	NFI Delta1	RFI rho1	IFI Delta2	TLI rho2	CFI
Default model	0,995	0,985	1,011	1,035	1
Saturated model	1		1		1
Independence model	0	0	0	0	0

Parsimony-Adjusted Measures

Model	PRATIO	PNFI	PCFI
Default model	0,333	0,332	0,333
Saturated model	0	0	0
Independence model	1	0	0

NCP

Model	NCP	LO 90	HI 90
Default model	0	0	3,827
Saturated model	0	0	0
Independence model	118,622	85,984	158,692

FMIN

Model	FMIN	F0	LO 90	HI 90
Default model	0,005	0	0	0,031
Saturated model	0	0	0	0
Independence model	1,005	0,957	0,693	1,28

RMSEA

Model	RMSEA	LO 90	HI 90	PCLOSE
Default model	0	0	0,124	0,8
Independence model	0,399	0,34	0,462	0

AIC

Model	AIC	BCC	BIC	CAIC
Default model	16,603	17,276	39,23	47,23
Saturated model	20	20,84	48,283	58,283
Independence model	132,622	132,958	143,935	147,935

ECVI

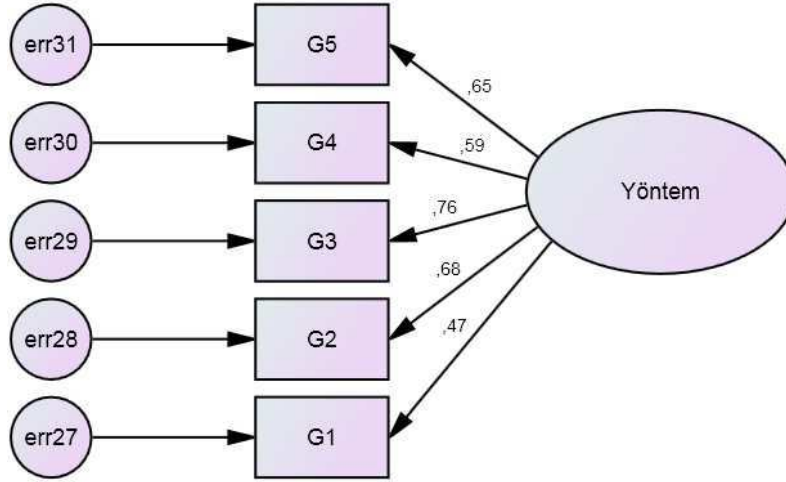
Model	ECVI	LO 90	HI 90	MECVI
Default model	0,134	0,145	0,176	0,139
Saturated model	0,161	0,161	0,161	0,168
Independence model	1,07	0,806	1,393	1,072

HOELTER

Model	HOELTER .05	HOELTER .01
Default model	1232	1894
Independence model	13	17

Model için modifikasyon önerilmemektedir.

7) YÖNTEM



G1	Bakımların (Makine / cihaz / aparat / kalıp) etkin bir plan çerçevesinde yapılmaması
G2	Firma içinde lot takip sisteminin uygulanmaması / mevcut depolama sistematığının hataya zemin hazırlaması
G3	Ürünlerin elleçleme / taşıma yöntemlerinin malzemeye zarar vermeyecek şekilde dizayn edilmemiş olması
G4	Tüm bölümlerde ortak IFS kullanılmaması
G5	Yeni ürün geliştirme sürecinin hataya açık olabilecek kadar kısa sürede yapılması

Estimates (Group number 1 - Default model)**Scalar Estimates (Group number 1 - Default model)****Maximum Likelihood****Estimates****Regression Weights: (Group number 1 - Default model)**

			Estimate	S.E.	C.R.	P
G1	<---	G	1			
G2	<---	G	1,596	0,363	4,395	***
G3	<---	G	1,824	0,401	4,552	***
G4	<---	G	1,443	0,35	4,128	***
G5	<---	G	1,484	0,344	4,314	***

Standardized Regression Weights: (Group number 1 - Default model)

			Estimate
G1	<---	G	0,468
G2	<---	G	0,677
G3	<---	G	0,763
G4	<---	G	0,588
G5	<---	G	0,647

Variances: (Group number 1 - Default model)

	Estimate	S.E.	C.R.	P
G	0,278	0,113	2,453	0,014
err27	0,993	0,136	7,278	***
err28	0,836	0,139	6,003	***
err29	0,665	0,138	4,827	***
err30	1,1	0,163	6,736	***
err31	0,852	0,135	6,301	***

Model Fit Summary

CMIN

Model	NP	DF	CMIN	P	CMIN/DF
Default model	10	5	12,545	0,028	2,509
Saturated model	15	0	0		
Independence model	5	10	153,533	0	15,353

RMR, GFI

Model	RMR	GFI	AGFI	PGFI
Default model	0,073	0,963	0,889	0,321
Saturated model	0	1		
Independence model	0,505	0,605	0,407	0,403

Baseline Comparisons

Model	NFI Delta1	RFI rho1	IFI Delta2	TLI rho2	CFI
Default model	0,918	0,837	0,949	0,895	0,947
Saturated model	1		1		1
Independence model	0	0	0	0	0

Parsimony-Adjusted Measures

Model	PRATIO	PNFI	PCFI
Default model	0,5	0,459	0,474
Saturated model	0	0	0
Independence model	1	0	0

NCP

Model	NCP	LO 90	HI 90
Default model	7,545	0,691	22,017
Saturated model	0	0	0
Independence model	143,533	107,094	187,414

FMIN

Model	FMIN	F0	LO 90	HI 90
Default model	0,101	0,061	0,006	0,178
Saturated model	0	0	0	0
Independence model	1,238	1,158	0,864	1,511

RMSEA

Model	RMSEA	LO 90	HI 90	PCLOSE
Default model	0,11	0,033	0,188	0,084
Independence model	0,34	0,294	0,389	0

AIC

Model	AIC	BCC	BIC	CAIC
Default model	32,545	33,562	60,828	70,828
Saturated model	30	31,525	72,425	87,425
Independence model	163,533	164,041	177,674	182,674

ECVI

Model	ECVI	LO 90	HI 90	MECVI
Default model	0,262	0,207	0,379	0,271
Saturated model	0,242	0,242	0,242	0,254
Independence model	1,319	1,025	1,673	1,323

HOELTER

Model	HOELTER	HOELTER
	.05	.01
Default model	110	150
Independence model	15	19

Modifikasyon önerileri;

Modification Indices (Group number 1 - Default model)**Covariances: (Group number 1 - Default model)**

			M.I.	Par Change
err30	<-->	err31	5,326	0,228

err30 G4

Tüm bölümlerde ortak IFS kullanılmaması

err31 G5

Yeni ürün geliştirme sürecinin hataya açık olabilecek kadar kısa sürede yapılması

Modifikasyon önerileri uygun değildir.

EK K

Parça Adı ve Fonksiyonu	Potansiyel Hata Modu	Hatanın Potansiyel Etkileri	Şiddet	Hatanın Potansiyel Sebep Mekanizması	Oluşum	Mevcut Proses Kontrolleri (Önleme)	Mevcut Proses Kontrolleri (Yakalama)	Yakalama	RÖS (RPN)
Aşık tornalama	Radyal kaçıklık	Salınım açısı problemi	5	Tutucu ayakların dengesi olması	4	İlk ayarda kaçıklık kontrolü	Periyodik ölçü kontrolü	3	60
	Ovalite problemi	Aşıkın oynamaması Aşıkın tutuk Çalışması	7	Punta hatalı Kalem aşınması	4	İlk ayarda kaçıklık kontrolü	Periyodik ölçü kontrolü	3	84
	Boyuna ölçüler çapı yanlış	Araca montaj problemi	7	Ayar hatası takım aşınması	3	İlk ayarda ölçüm kontrol	Periyodik ölçü kontrolü	3	63
	Konik çapı büyük/küçük	Araca montaj problemi, hurda	7	Ayar hatası	4	İlk ayarda ölçüm kontrol	Periyodik ölçü kontrol	3	84
	Koniklik hatalı	Araca montaj problemi hurda	8	Ayar hatası Kontrol yetersizliği	3	İlk ayarda ölçüm kontrol	Periyodik ölçü kontrol	3	72
Aşık Küre ovalama (Ballburnishing)	Küre çapı küçük	Mamulde boşluk problemi	7	Program hatası Ayar hatası	3	İlk ayarda ölçü kontrolü	Periyodik ölçü kontrolü	3	63
	Küre çapı büyük	Yüksek moment olması	7	Program hatası, ayar hatası kalem aşınması	3	İlk ayarda ölçü kontrolü	Periyodik ölçü kontrolü	3	63
	Yüzey pürüzlülüğü fazla	Ömür azlığı, ses problemi Tutuk Çalışma	5	Hadde basıncı Hadde formu Hadde aşınması	5	İlk ayarda ölçü kontrolü	Periyodik kontrol Periodik kontrol	3	75
Aşık Anahtar ağı açma	Anahtar ağı büyük	Anahtar tutmaz	4	Zimba yanlış	5		Periyodik kontrol	3	60

EK K (DEVAM)

	Anahtar ağız küçük	Anahtar geçmez		Zımba aşınmış			Periyodik kontrol		60
Rotil Gövde Delme	Delik derinliği fazla	Yuva istenen formda olmaz	4	Yanlış ayar	3	İlk ayarda kontrol	Periyodik kontrol	4	48
Rotil Gövde Kataforez Kaplama	Boya uygun değil	düşük korozyon direnci	6	Kazan konsantrasyonları uygun değil Fırın sıcaklığı uygun değil	3	İlk parça kontrol	Periyodik kontrol	4	72
	Boya yüzeyi lekeli	görüntü bozukluğu	5	Kazan konsantrasyonları uygun değil Fırın sıcaklığı uygun değil	3	İlk parça kontrol	Periyodik kontrol	4	60
Rotil Gövde Yuva İşleme	Yuva çapı büyük	Parça ömrü azalır Mühendislik spesifikasyonları karşılanamaz	7	ayar hatası	4	İlk numune kontrolü	periyodik ölçü kontrolü	3	84
	Yuva çapı küçük	Yüksek dönme momenti Mühendislik spesifikasyonları karşılanamaz	7	ayar hatası	4	İlk numune kontrolü	periyodik ölçü kontrolü	3	84
	Yuva formu uygun değil	Mühendislik spesifikasyonları karşılanamaz	7	ayar hatası	3	form kontrol	periyodik ölçü kontrolü	3	63
Rotil Gövde Kanal İşleme	Kanal çapı büyük	Tozluk lastik montajında problem	5	Ayar hatası	3	İlk numune kontrolü	Periyodik ölçü kontrolü	3	45
	kanal çapı küçük	Yetersiz sızdırmazlık	6	Ayar hatası	3	İlk numune kontrolü	Periyodik kontrol	3	54
	Açı yetersiz	Salınım açısını kullanamama	6	Ayar hatası	3	İlk numune kontrolü	periyodik kontrol	3	54

EK K (DEVAM)

sıvama	yanlış montaj elemanları kullanımı	fonksiyon el problem	6	parçalar karışmış	3	montaj edilememe	ilk numune kontrolü	3	54
	sıvama çok fazla	yüksek moment	6	ayar hatası	3	sıvama formu kontrolü	moment kontrolü	3	54
	yüksek moment	araçta kırılma ihtimali	9	gövde yuva çapı büyük	3	yuva işleme sırasında kontrol	moment kontrol	3	63
						Aşık küre çapı büyük	3	küre işleme sırasında kontrol	moment kontrol
	salınım açısı küçük	Aşık kırılma ihtimali	9	Aşık boğaz çapı büyük	2	Aşık işleme sırasında kontrol	açık kontrolü	3	54
	aksiyal boşluk fazla	gürültülü çalışma	5	gövde yuva işleme hatalı	3	yuva işleme sırasında kontrol	boşluk kontrol	3	45
Montaj	ring toz lastik kanalına tam oturmuyor	fonksiyon el problem	7	toz lastik kanal formu hatalı	2	girdi sırasında	montaj sonrası	3	42
Körük - ring montajı						kontrol girdi sırasında kontrol	kontrol montaj sonrası kontrol		
toz lastik boğaz segmanı takma	tozlu lastik montajı hatalı	toz lastiğin za manla aşınması	6	toz lastik kanal çapı büyük veya küçük	3	kanal işleme sırasında kontrol	montaj sonrası kontrol	4	72
final kontrol	eksik operasyon	ürün üzerinde hata görüleme ihtimali	5	eksik operasyon	3	proses akış tablosu	önemli ölçülerin kontrolü	4	60
paketleme	paketleme komponentleri eksik	müşteri tatmin sızlığı	6	Müşteri istekleri tam olarak anlaşılmamış	3	Müşteri opsiyon kontrolü	paketleme talimatına göre kontrol	3	54

ŞİDDET		OLASILIK		TESPİT EDİLEBİLİRLİK (KONTROL METODLARI)	
DEĞERLENDİRME	TAHMİN	DEĞERLENDİRME	TAHMİN	DEĞERLENDİRME	TAHMİN
ÇOK UZAK	1	MEVCUT DEĞİL	1	ÇOK UZAK	9-10
DÜŞÜK	2-3	DÜŞÜK	2-3	DÜŞÜK	7-8
ORTA	4-5-6	ORTA	4-5-6	ORTA	4-5-6
YÜKSEK	7-8	YÜKSEK	7-8	YÜKSEK	2-3
ÇOK YÜKSEK	9-10	ÇOK YÜKSEK	9-10	ÇOK YÜKSEK	1

ÖZGEÇMİŞ

Nilay KOYUNCU YEMENİCİ, 17.06.1982 de DÜZCE' nin Akçakoca İlçesi' nde doğdu. İlkokulu Akçakoca Atatürk İlkokulu' nda okudu. Orta ve lise eğitimini Düzce Arsal Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2000 yılında Düzce Arsal Anadolu Lisesi, Fen-Matematik Bölümünden mezun oldu. 2001 yılında başladığı Marmara Üniversite' si Endüstri Mühendisliği bölümünü 2005 yılında bitirdi. 2005 yılında Ağır Haddecilik, 2007 yılında İmteks, 2008-2011 yılları arasında Teknorot' da çalıştı. 2009 yılında Sakarya Üniversite' si Fen Bilimleri Enstitüsü' nde Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisansa başladı. Şubat 2011 yılında Düzce Üniversitesi, İşletme Bölümünde öğretim görevlisi olarak başladı ve halen devam etmekte. Eczacı Cüneyt Yemenici ile evli, bir kız çocuk annesi.