TOPLAM İŞ YÜKÜNÜ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN ANALİZİ İÇİN YAPISAL EŞİTLİK MODELLEME VE ANALİTİK AĞ SÜRECİ İLE BÜTÜNLEŞİK BİR MODEL ÖNERİSİ

Gökhan ÖZÇELİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2011
ANKARA

Gökhan ÖZÇELİK tarafından hazırlanan "TOPLAM İŞ YÜKÜNÜ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN ANALİZİ İÇİN YAPISAL EŞİTLİK MODELLEME VE ANALİTİK AĞ SÜRECİ İLE BÜTÜNLEŞİK BİR MODEL ÖNERİSİ" adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Metin DAĞDEVİREN …….
Tez Danışmanı, Endüstri Müh. Anabilim Dalı.

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa KURT …….
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Doç.Dr. Metin DAĞDEVİREN …….
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Doç.Dr. Ergün ERASLAN …….
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Başkent Üniversitesi

Tarih: 27/06/2011

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU …….
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Gökhan ÖZÇELİK

TOPLAM İŞ YÜKÜNÜ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN ANALİZİ İÇİN YAPISAL EŞİTLİK MODELLEME VE ANALİTİK AĞ SÜRECİ İLE BÜTÜNLEŞİK BİR MODEL ÖNERİSİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Gökhan ÖZÇELİK

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2011

ÖZET

Fiziksel faaliyetler, çevresel faktörler ve konumsal pozisyonlar gibi pek çok faktör insan üzerinde baskı oluşturan, iş yükünü doğrudan etkileyen unsurlardır. Literatürde insan-makine sistemlerinde çalışanlara etki eden iş yüklerinin değerlendirilmesi ve objektif olarak belirlenebilmesi için yapılan çalışmalarda, farklı yöntemler kullanılmıştır. Bu çalışmada, toplam iş yükü seviyesini daha etkin bir şekilde belirleyebilmek amacıyla yapısal eşitlik modelleme (YEM) ve analitik ağ süreci (AAS) yöntemleri ile bütünleşik bir model önerilmiştir. AAS'de faktörler arası bağımlılıkların belirlenmesi karar verme sürecinin kritik adımlarından birisidir. Yapılan araştırmalar sonucunda belirlenen faktörler arasındaki ilişkilerin analizi için YEM kullanılmış ve yapılan analiz sonucunda ortaya çıkan faktörler arası bağımlılıklar AAS ile modellenmiştir. AAS ile bulunan faktör ağırlıkları bir değerlendirme skalası kullanılarak orta ölçekli bir işletmede seçilen üç iş sistemi için, çalışanların toplam iş yükünün belirlenmesi amacıyla kullanılmış ve önerilen modelin bu iş sistemlerine nasıl uygulanacağı gösterilmiştir.

Bilim Kodu : **906.1.039**
Anahtar Kelimeler : **Toplam İş Yükü, Yapısal Eşitlik Modelleme, Analitik Ağ Süreci**
Sayfa Adedi : **104**
Tez Yöneticisi : **Doç. Dr. Metin DAĞDEVİREN**

A PROPOSED MODEL INTEGRATED WITH STRUCTURAL EQUATION MODELING AND ANALYTIC NETWORK PROCESS TO ANALYZE THE FACTORS AFFECTING OVERALL WORKLOAD

(M.Sc. Thesis)

Gökhan ÖZÇELİK

GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
June 2011

ABSTRACT

Many factors including physical activities, environmental factors and spatial pozitions create pressure on human beings and directly effect workload. In the literature many different methods used to evaluate and determine the workload on workers objectively. In this work, an integrated model which combines both structural equation modeling and analytic network process method to determine the overall workload level. Identifying the dependence among factors is one of the most critical steps in analytic network process. Structural Equation Modeling is used to analyze the relationship among the factors which are defined after doing some research. After the analysis, analytic network process is used to model dependence among factors. Factor weights found by analytic network process are used to determine the overall workload of workers by using an evaluation scale. The application of the proposed model is also shown on 3 work systems in a medium-sized enterprise.

Science Code : **906.1.039**
Key Words : **Overall Workload, Structural Equation Modeling, Analytic Network Process**
Page Number : **104**
Adviser : **Assoc. Prof. Metin DAĞDEVİREN**

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı yapmam için beni yönlendiren ve çalışmamın her aşamasında değerli bilgi ve deneyimlerini benden esirgemeyen danışmanım Sayın Doç. Dr. Metin DAĞDEVİREN'e yine kıymetli bilgilerine başvurduğum Sayın Doç. Dr. Coşkun HAMZAÇEBİ'ye, maddi manevi destekleriyle beni yalnız bırakmayan aileme ve yardımlarını benden esirgemeyen başta Onur UZUNLAR ve Mehmet ÜNVER olmak üzere tüm arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv
ABSTRACT vi
TEŞEKKÜR vii
İÇİNDEKİLER viii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ xi
SİMGELER VE KISALTMALAR xii
1. GİRİŞ 1
2. İŞ YÜKÜ ÖLÇÜMÜ 3
2.1. Toplam İş Yükünü Etkileyen Faktörler 8
2.1.1.Fiziksel faktörler 8
2.1.2. Çevresel faktörler 8
2.1.3. Zihinsel faktörler 9
2.1.4. Konumsal faktörler 9
2.1.5. İdari (Organizasyonel) faktörler 9
2.2. Literatür Araştırması 10
3. YÖNTEMLER 13
3.1. Yapısal Eşitlik Modelleme 13
3.1.1. Yapısal eşitlik modellemesinin tarihsel gelişimi 14
3.1.2. Yapısal eşitlik modellemesinde temel kavramlar 15
3.1.3. Yapısal eşitlik modellemesinin analizi 19
3.1.4. Yapısal eşitlik modellemesinin varsayımları 28
3.1.5. Yapısal eşitlik modellemesinin adımları 30
3.1.6. Model uyumunun değerlendirilmesi 33
3.1.7. Literatür araştırması 37

Sayfa

3.2. Analitik Ağ Süreci ... 39
3.2.1. Süpermatris ... 42
3.2.2. Kontrol hiyerarşisi ... 44
3.2.3. Analitik ağ süreci adımları ... 45
3.2.4. Literatür araştırması ... 46
4. ÖNERİLEN MODEL ... 48
5. UYGULAMA ... 54
5.1. Uygulamanın Amacı ve Kapsamı ... 54
5.2. Uygulamanın Model Yapısının Oluşturulması ... 54
6. SONUÇ VE ÖNERİLER ... 78
KAYNAKLAR ... 80
EKLER ... 87
EK-1 Anket formu ... 88
EK-2 Verilerin SPSS 17 programına aktarılması ... 89
EK-3 Normal dağılıma uygunluk testi için değişkenlerin çarpıklık ve basıklık değerleri ... 90
EK-4 Ölçüm modelinin AMOS 18 program çıktısı ... 91
EK-5 Yapısal modelin AMOS 18 program çıktısı ... 98
ÖZGEÇMİŞ ... 104

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 3.1. Uyum iyiliği ölçütleri 37
Çizelge 3.2. Önem skala tablosu 41
Çizelge 5.1. Toplam iş yüküne etki eden faktörler 54
Çizelge 5.2. Gönderilen ve kullanılabilir anket sayıları 56
Çizelge 5.3. Faktör analizi sonuçları 57
Çizelge 5.4. Faktör 1' e ilişkin güvenilirlik analizi sonuçları 58
Çizelge 5.5. Faktör 1' e ilişkin tekrarlanan güvenilirlik analizi sonuçları 59
Çizelge 5.6. Faktör 2' ye ilişkin güvenilirlik analizi sonuçları 59
Çizelge 5.7. Faktör 2' ye ilişkin tekrarlanan güvenilirlik analizi sonuçları 60
Çizelge 5.8. Faktör 3' e ilişkin güvenilirlik analizi sonuçları 60
Çizelge 5.9. Faktör 4' e ilişkin güvenilirlik analizi sonuçları 60
Çizelge 5.10. Faktör 5' e ilişkin güvenilirlik analizi sonuçları 61
Çizelge 5.11. Faktörlere ilişkin güvenilirlik ve geçerlilik sonuçları 62
Çizelge 5.12. Ölçüm modeli sonuçları 64
Çizelge 5.13. Hipotezlere ilişkin standardize regresyon ağırlıkları 67
Çizelge 5.14. Model uyum iyiliği değerleri 67
Çizelge 5.15. Alt faktörlere ilişkin global ağırlıklar 72
Çizelge 5.16. Döküm kalıbı hazırlama işleminde çalışanın TİY seviyesi 73
Çizelge 5.17. Döküm işleminden sonra parçanın temizlenmesi işlemini yapan çalışanın TİY seviyesi 74
Çizelge 5.18. Torna tezgahında parça işleyen operatörün TİY seviyesi 76
Çizelge 5.19. Yapılan işlere ilişkin faktör gruplarının skorları 77

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 2.1. Geleneksel kaynak modeli 4

Şekil 2.2. Fiziksel yüklenme sırasında oksijen sarfındaki değişiklikler 5

Şekil 3.1. YEM'de sık kullanılan şekilsel notasyonlar 16

Şekil 3.2. Gözlenen ve gizil değişkenlere ait bir gösterim..... 17

Şekil 3.3. Geleneksel regresyon analizinde bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki..... 18

Şekil 3.4. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkileri gösteren bir yapı ... 18

Şekil 3.5. Gözlenen değişkenler ile yol analizi 20

Şekil 3.6. Açıklayıcı faktör analizi (AFA) ve üç faktör modeli..... 22

Şekil 3.7. Birinci-düzey doğrulayıcı faktör analizi 22

Şekil 3.8. İkinci-düzey doğrulayıcı faktör analizi..... 23

Şekil 3.9. Ölçüm modeli ve yapısal modele ayrılmış genel bir yapısal eşitlik Modeli 24

Şekil 3.10. Bir ağ ile bir hiyerarşi arasındaki yapısal fark: (a) hiyerarşi, (b) ağ 40

Şekil 3.11. Bir ağ yapısındaki bağlantılar 41

Şekil 4.1. Önerilen modelin şekilsel gösterimi 53

Şekil 5.1. Ölçüm modeli 63

Şekil 5.2. Araştırma modeli (Yapısal model)..... 66

Şekil 5.3. Modelin analitik ağ yapısı..... 68

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	**Açıklama**
$\boldsymbol{\eta}$	Bağımlı gizil değişken
$\boldsymbol{\xi}$	Bağımsız gizil değişken
$\boldsymbol{\beta}$	Bağımlı gizil değişkenler için katsayı matrisi
Γ	Bağımsız gizil değişkenler için katsayı matrisi
$\boldsymbol{\zeta}$	Bağımlı gizil değişkenlerine ait hata değişkeni
$\mathbf{x}$	Bağımsız gözlenen değişken
$\boldsymbol{\Lambda^x}$	Bağımsız gizil değişkenlerin bağımsız gözlenen değişkenler üzerine etkisi
$\boldsymbol{\delta}$	Bağımsız gözlenen değişkenlere ilişkin ölçüm hataları
$\mathbf{y}$	Bağımlı gözlenen değişken,
$\boldsymbol{\Lambda^y}$	Bağımlı gizil değişkenlerin bağımlı gözlenen değişkenler üzerine etkisi
$\boldsymbol{\varepsilon}$	Bağımlı gözlenen değişkenlere ilişkin ölçüm hataları
$\boldsymbol{I}$	Birim matris
$\boldsymbol{B}$	Bağımlılık vektörü
$\boldsymbol{w}$	Lokal ağırlık vektörü

Kısaltmalar	**Açıklama**
AAS	Analitik Ağ Süreci
AFA	Açıklayıcı Faktör Analizi
AGFI	Düzeltilmiş Uyum İyiliği İndeksi

Kısaltmalar	Açıklama
AHS	Analitik Hiyerarşi Süreci
AMOS	Analysis of Moment Structure
CFI	Karşılaştırmalı Uyum İndeksi
DFA	Doğrulayıcı Faktör Analizi
GFI	Uyum İyiliği İndeksi
KMO	Kaiser-Meyer-Olkin
NFI	Normlaştırılmış Uyum İndeksi
NNFI	Normlaştırılmamış Uyum İndeksi
PGFI	Tutarlı Uyum İyiliği İndeksi
PNFI	Tutarlı Normlaştırılmış Uyum İndeksi
RMSEA	Yaklaşık Hataların Ortalama Karekökü
SPSS	Statistical Software of Social Sciences (Sosyal Bilimler için İstatistiki Yazılım)
SRMR	Standartlaştırılmış Hata Kareleri Ortalamasının Karekökü
TİY	Toplam İş Yükü Seviyesi
YEM	Yapısal Eşitlik Modellemesi

1. GİRİŞ

Çalışma ortamında, çalışan üzerinde yüklenme ve zorlanmalara neden olan dolayısıyla çalışanın performansı başta olmak üzere çalışanı olumsuz yönde etkileyen pek çok faktör bulunmaktadır. İş yükünü olumsuz yönde etkileyen bu faktörlerin gerek gözlemler yoluyla gerekse detaylı incelemeler sonucunda ortaya konulması gerekmektedir. Bu faktörler birbirinden bağımsız olabileceği gibi faktörlerin birbirleri arasında bağımlılık durumu da olabilir. Bu nedenle bu bağımlılıkların etkin bir şekilde belirlenmesi gereklidir.

Çalışanın yüklenmelere ve zorlanmalara maruz kalmadan normal performans ile çalışabilmesi için çalışanı olumsuz yönde etkileyen durumların belirlenmesi ve bu durumların en aza indirilmesi ya da mümkünse ortadan kaldırılması için gerekli iyileştirmelerin yapılması ve gerekli tedbirlerin alınarak bu durumların kontrol altına alınması sağlanmalıdır. Bu amaçla, toplam iş yükü seviyesini belirlemeye yönelik bir çalışma ile, çalışan üzerinde yüklenmelere neden olan fiziksel, zihinsel, konumsal vb. faktörlerden hangisinin ne kadar daha fazla ya da daha az yüklenmeye neden olduğu belirlenebilir. Dolayısıyla bu durum problemin çözümü için önemli bir kademe oluşturabilir.

Çalışanın, sistemi güvenli ve etkin bir şekilde yönetmesine engel olmayacak seviyedeki iş yükü kabul edilebilir bir iş yükü olarak belirlenebilir [Jung ve Jung, 2001]. Dolayısıyla objektif bir şekilde belirlenen toplam iş yükü seviyesinin kabul edilebilir iş yükü seviyesinin üzerinde çıkması durumunda gerekli iyileştirmelerin yapılarak bu seviyenin kabul edilebilir iş yükü seviyesine düşürülmesi gereklidir.

Çalışmanın ikinci bölümünde; iş yükü ve iş yükü ölçümü kavramlarına değinilmiş ve iş yükünü etkileyen faktörlerden bahsedilmiştir. Ayrıca iş yükünü değerlendirmeye yönelik literatür araştırmasına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde; toplam iş yükü seviyesini belirlemeye yönelik önerilen model için kullanılmış yöntemler ayrı ayrı anlatılmıştır ve bu yöntemlere ilişkin literatür araştırmalarına yer verilmiştir. Dördüncü bölümde; toplam iş yükü seviyesini (TİY) belirlemeye yönelik YEM ve

AAS yöntemleri kullanılarak bütünleşik bir model önerilmiştir ve bu önerilen modelin adımları ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır. Beşinci bölümde; önerilen model ile döküm ve talaşlı imalat alanında faaliyet gösteren orta ölçekli bir firmada seçilen üç farklı iş sistemi için TİY seviyeleri belirlenmiştir. Son bölümde ise yapılan çalışmaya ait sonuçlar değerlendirilmiş, literatürde yapılan çalışmalarla karşılaştırılmıştır.

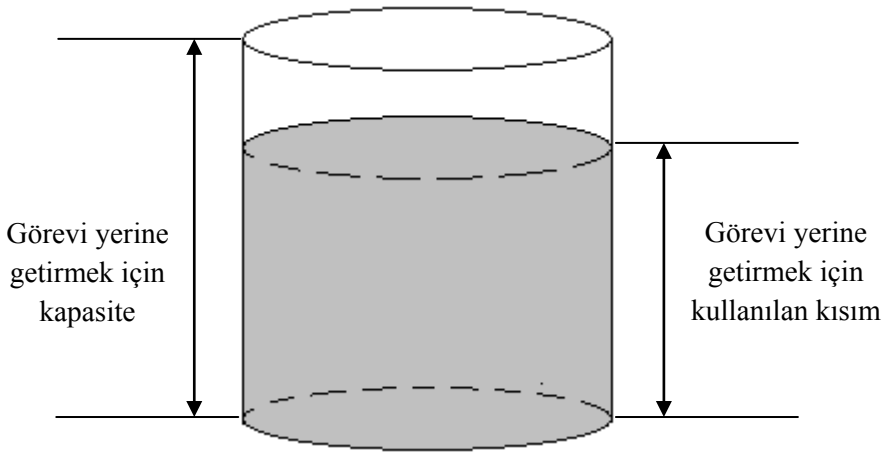
2. İŞ YÜKÜ ÖLÇÜMÜ

İş yükü kavramı, zaman ve kişi başına düşen işin bireyi baskı altında tutması anlamına gelebilmektedir. İş yükü, çalışan açısından oldukça önemli bir değişkendir. Özellikle tükenme sendromu incelendiğinde en temel sebeplerden birisi olarak bireyin ağır iş yükü altında kalması olduğu gereği araştırmalarda elde edilen bulgular arasındadır [Keser, 2006]. İş yükü, işin özelliği ve içinde çalışılan ortamın şartları ile doğrudan ilgilidir [Işıl, 1991].

İş yükü, kompleks insan-makine sistemlerinde çalışanların işlerini verimli ve etkin bir şekilde yapabilmeleri için gerekli olan ekipmanın, eğitim seviyesinin, organizasyonel ve çevresel koşulların sağlanabilmesi için dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. TİY seviyesi üzerinde zihinsel ve fiziksel faktörler başta olmak üzere çevresel ve çalışma duruşlarından kaynaklanan konumsal faktörlerde önemli derecede belirleyici olmaktadır [Dağdeviren ve ark., 2005b].

Gerek fiziksel gerekse zihinsel iş yükü değerlendirmesi genellikle işin kaynak yapısına dayanır. Bu, belli bir yüzdesi iş tarafından talep edilen ölçülebilir bir yetenek ve tutumun var olduğu anlamına gelir [Kroemer ve ark., 1994].

Şekil 2.1'e göre eğer mümkün olan kapasiteden daha azı gerekiyorsa, bir kaynak mevcuttur. Buna bağlı olarak, iş yükü sıklıkla verilen bir görevde gösterilen performansta harcanan kaynağın bir kısmı olarak tanımlanır. Yani herhangi bir koşulda verilenden daha fazlasının operatörden talep edilmesinden açıkça kaçınılmalıdır, çünkü görev performansı optimal olmayacaktır ve operatör muhtemel bir şekilde aşırı yükten fiziksel ve zihinsel olarak etkilenecektir [Kroemer ve ark., 1994].



Şekil 2.1. Geleneksel kaynak modeli [Kroemer ve ark., 1994]

Bir iş gören çalışırken iki tip iş yükünün etkisi altındadır. Bunlar zihinsel ve fiziksel iş yüküdür. Zihinsel yük terimi, çalışanın herhangi bir karar okurken ve çeşitli faaliyetleri kontrol ederken karşılaştığı yükü ifade eder. Zihinsel yük arttığı zaman işçinin dikkati dağılır, tepki gösterme süresi artar. Bunların sonucu olarak iş kazalarında yükselme, ürünlerin kalitesinde ise düşüş görülür. Tüm bu faktörler verimliliğin azaldığını kaynakların ise etkin kullanılmadığını gösterir. Fiziksel iş yükünde ise, yapılan işin miktarıyla fizyolojik olaylar arasında direkt bir ilişki vardır. Oksijen alma kapasitesinin, kan basıncının ve kalp atışlarının ölçülmesiyle herhangi bir işteki faaliyet seviyesi belirlenebilir [Şimşek, 1994].

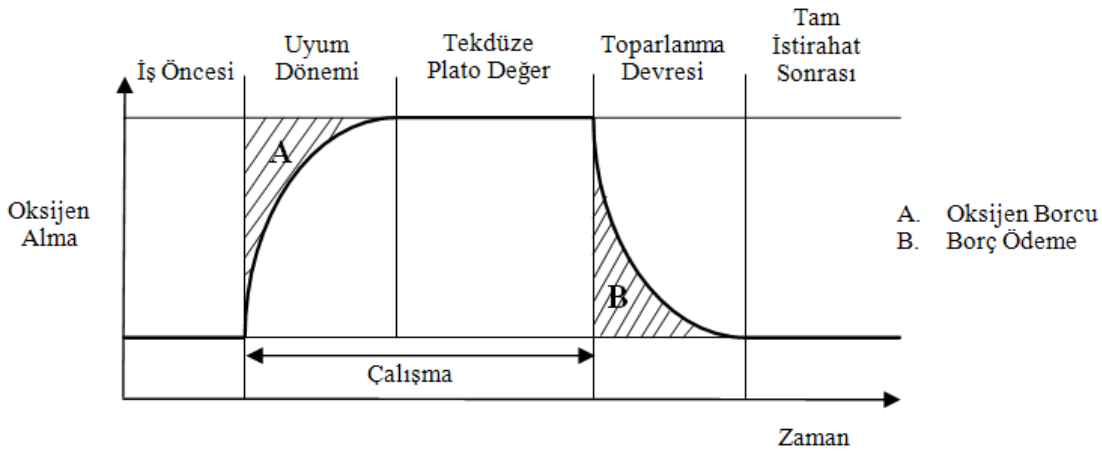
Fiziksel iş yükünün ölçülmesi

Fiziksel işler, kassal ağırlıklı işler olup insan vücudunun, daha çok iskelet, kas, solunum ve dolaşım sistemlerini etkilerler. Kas ağırlıklı işlerde, insan vücudunda ortaya çıkan fizyolojik tepkiler aşağıdaki parametrelerle ölçülebilir [Su, 2001];

1. Nabız
2. Kan basıncı
3. Oksijen tüketimi
4. Solunum sıklığı
5. Vücut sıcaklığı

6. Kandaki laktik asit düzeyi
7. Deri direnci
8. Kaslardaki elektriksel potansiyel
9. Kan biyokimyası değişkenleri
10. İdrardaki değişiklikler

Bu fiziksel parametreler oldukça etkin teknik yöntemlerle ölçülebilir. İş sırasında gözlenen fizyolojik tepkilerin (Örneğin, nabız ve oksijen sarfı) hepsi de Şekil 2.2'de görüldüğü gibi tipik bir yol izlerler [Su, 2001].



Şekil 2.2. Fiziksel yüklenme sırasında oksijen sarfındaki değişiklikler [Erkan, 2005]

Kas çalışmalarında enerji harcama, çalışanların fonksiyonel kapasiteleri, yaptıkları işin şekli , süresi ve kilogrammetre ölçüsüne bağlı olarak yaklaşık değerler gösterilir. Gerçekte, organizmanın yaptığı fiziksel iş ile enerji gereksinimi arasında doğrusal bir ilişki vardır. İş yükü arttıkça, solunumun derinliği ve oksijen tüketimi de artar [Erkan, 2005].

İş yükünün saptanmasında nabız, önemli ve çok kolay uygulanabilen bir yöntemdir. Ana arter üzerinde basitçe algılanarak nabız ölçülür. Bunun için algılama noktası bilekten 5 cm yukarıda ön kol üzerindedir. Ancak iş sırasında bu yöntem aktiviteyi ve iş ritmini biraz etkiler. Bu nedenle bu iki olumsuz etkiyi ortadan kaldıran bu

şekilde ölçüm yapabilecek aygıtlar geliştirilebilir. Bu aygıt, kulak memesinde foto-elektrik hücre ile nabzı sayar ve her atışta ışık iletimindeki değişimi kaydeder. Sinyaller bir yükselticiye iletilerek toplam değer buradan hesaplanabilir. Diğer bir yöntem kalp kaslarının elektriksel aktivitelerinin ölçümüne dayanan yöntemdir. Ölçülen değerler göğüste (elektro-kardiyogram) ölçülerek kaydedilir. Sinyaller doğrudan veya bir radyo dalgaları ile alıcıya iletilerek kaydedilir [Sabancı, 1999].

Nabız arttıkça, dinamik iş ile çıktı arasında doğrusal bir ilişki vardır. Nabız, işin ağırlığı ile hızla yükselir. Ancak iş sırasında sabit kalır, iş bittikten sonra birkaç dakika içinde nabız tekrar normal hızına döner [Sabancı, 1999].

Zihinsel iş yükünün ölçülmesi

Zihinsel işler, düşünce ve dikkat gerektiren, bilgi üretme ve işleme fonksiyonlarına yönelik, dolayısıyla merkezi sinir sistemi ve algı organlarının yüklenmesine neden olan işlerdir. Bu işlerde, iş yükünün sayısal olarak ölçülmesi çok zordur. Bu nedenle çalışmalar, daha çok, işlerin, güçlük ve ağırlıklarına göre, analitik tekniklerle derecelendirilmesi alanına yöneltilmiştir [Su, 2001].

İnsan; görsel, işitsel, dokunarak, ten yoluyla ısıya duyarlılık, koku ve tat alma, iç organlar yolları ile algıladıkları verileri bir zaman aralığı içinde zihinsel açıdan karara dönüştürmekte ve gerekli tepkiyi göstermektedir. Zihinsel iş yükünü belirlemek için bu güne kadar pek çok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler arasında NASA bünyesinde geliştirilmiş olan NASA-TLX yöntemi araştırmacılar tarafından genel kabul görmüştür [Güreşçi ve Fığlalı, 2004].

NASA-TLX (Nasa Task Load Index), çok boyutlu bir skala olup bu sisteme göre zihinsel iş yükü aşağıdaki altı faktörün bir fonksiyonudur. Bu faktörler [Öztürk, 2006];

1.Zihinsel Talep-Mental Demand (MD)
2.Fiziksel Talep-Physical Demand (PD)

3.Geçici Talep-Temporal Deman (TD)
4.Kendi Performansı-Own Performance(OP)
5.Efor-Çaba-Effort(EF)
6.Değişim Düzeyi-Gerilim(FR)

Bu teknik her faktörün iş yükü üzerindeki ağırlıklı etkisini ölçüm yapanın çevresinden yansıtarak ayrıntılı iş yükünü hesaplayan yöntemdir. İnsan faktörü araştırmacılarına göre diğer tekniklerle karşılaştırıldığında NASA-TLX'in uygulamalı sistemler için daha uygun olduğunu ve düşük iş yükü seviyelerinde daha hassas işlediğini vurgulamaktadır. İş yükünü farklı açılardan ölçtüğünden diğer iş yükü ölçüm tekniklerinden daha güvenilirdir. Ayrıca uygulaması kolaydır [Öztürk, 2006].

Kırpışma eşiği frekansının (Flicker Fussion Frequency) saptanması, da çoğunlukla zihinsel yüklenmelerde uygulanan yöntemlere bir örnek olarak verilebilir. Eşik frekansı, göze yöneltilen ve belirli bir frekansla yanıp sönen ışığın sürekli ışık olarak algılandığı frekans düzeyidir. Zihinsel yük altında iş yapan insanlarda, yüklenme sonrası, kırpışma eşiği frekansının düştüğü gözlenmiştir [Su, 2001].

Bu metotların yanında birincil iş ölçümü, ikincil iş ölçümü metotları da vardır. Birincil iş ölçümü metodu, bir görevdeki iş yükünü sayısallaştırma konusundaki teşebbüslerden biri iş yükünü basit olarak, işi yapmak için gerekli zamanın işi yapmak için mevcut zamana bölünmesi olarak tanımlamaktadır [Öztürk, 2006].

İkincil iş ölçümü yaklaşımı da operatörün ana görevine ek olarak ikincil bir görevin verilmesidir. Operatörün ikincil görevindeki performansı ana görevinin zorluğunu yansıtacaktır. İkincil görev, performans zamanı ve/ ya da hataların sayısı bakımından objektif bir şekilde ölçülecek şekilde tasarlanır. İkincil görev performansının ölçümü, birincil görev yükünün bir performansı olarak hesaplanabilir [Martinez de la Teja, 2001].

2.1. Toplam İş Yükünü Etkileyen Faktörler

Fiziksel faaliyetler, çevresel faktörler ve konumsal rahatsızlıklar insan üzerinde işin oluşturduğu baskıların temelidir ve iş yükünü doğrudan etkilerler [Karwowski ve ark., 1986]. İş yüküne etki ettiği düşünülen çok sayıda potansiyel faktör vardır. Endüstriyel bir ortamda çalışana etki eden iş yükü fiziksel de olsa zihinsel de olsa operatörün sağlığını, performansını veya verimini etkiler [Dağdeviren ve ark., 2005b].

2.1.1. Fiziksel faktörler

Özellikle kas gücüne dayalı işlerde ortaya çıkan bu faktörler yapılan iş gereği taşınan yükün ağırlığı, taşınan yükün ne sıklıkla taşındığı, taşınacak mesafe, taşıma işlem süresi ve çalışanın çalışmasına engel olabilecek herhangi bir bedensel rahatsızlığının olup olmadığı şeklinde ortaya konulabilir.

Kas gücüne dayalı işler statik çalışma ve dinamik çalışma olmak üzere ikiye ayrılır. Statik çalışma, kasların devamlı gergin durumda bulunması ile görülen işlerdir. Buna kucakta bir şey taşıma işlemi örnek olarak verilebilir. Dinamik çalışmalarda ise kaslar, gerilme ve gevşeme şeklinde değişken bir özellik gösterir. Makine kolu çevirme işi örnek olarak verilebilir. Statik çalışmada dinamik çalışmaya nazaran daha az kana ihtiyaç duyulmasına rağmen statik çalışmada kan iletiminin sağlanamamaktadır ve bu da yorgunluğa neden olmaktadır [Şimşek, 1994].

2.1.2. Çevresel faktörler

Genel olarak iş gücünün iş ortamını kendisi, makinesi ve çevresi oluşturur diyebiliriz. Bu faktörler çalışanın iş ortamında karşılaşabileceği temel problemlerden oluşmaktadır. Bunlar; aydınlatma, gürültü, mekanik titreşim, ortam iklimi, havalandırma şeklinde belirlenebilir. Eğer iş ortamında bu tür problemlerden biri ya da daha fazlası yaşanıyor ise bu durum çalışan üzerinde yüklenmeye neden olacaktır.

2.1.3. Zihinsel faktörler

Toplam iş yükünü etkileyen zihinsel faktörlerin başında stres gelmektedir. Çalışanın ev ya da iş yaşamında yaşadığı stres, çalışanın genel psikolojik dengesi üzerinde olumsuz etkiler yaratır dolayısıyla bu durum çalışanın iş yaşamında bazı sorunlar yaşamasına ve sonuçta çalışanın üzerinde yüklenmelere yol açabilir. Çalışanın yaptığı iş dolayısıyla sürekli karar verme, hesap yapma, ölçme kontrol gibi dikkat gerektiren işlemleri gerçekleştirme de toplam iş yükünü etkileyen zihinsel faktörler arasında yer alabilir. Bunların yanında işe odaklanamama yani konsantrasyon bozukluğu ve yaşanabilecek deneyim eksikliğinden kaynaklanan işe karşı tereddütlü yaklaşma durumları da yine çalışan üzerinde yüklenmeye neden olabilir.

2.1.4. Konumsal faktörler

Toplam iş yükünü etkileyen konumsal faktörler çerçevesinde tesis içinde genel yerleşim, ergonomik olmayan iş ortamı düzeni ve yine ekipman ve iş ortamındaki boyutsal sorunlar ele alınabilir. Uygun olmayan tesis yerleşimi çalışanın gereksiz mesafeler kat etmesine, ergonomik olmayan iş ortamı düzeni yine iş ortamında gereksiz hareket etmesine ve iş ortamındaki boyutsal sorunların ise duruş bozukluklarına neden olacaktır. Dolayısıyla bu durumların oluşması çalışan üzerinde yüklenme oluşturacaktır.

2.1.5. İdari (Organizasyonel) faktörler

Bu faktörler tamamen işletmenin organizasyonel yapısı ile ilgilidir. Bu faktörler; işletmenin sağladığı kısıtlı olanaklar (yetersiz dinlenme ve dar çalışma alanları), işletme tarafından oluşturulan düzensiz çalışma saatleri (yetersiz dinlenme zamanları), işletmedeki çalışan yetersizliği (örneğin iki kişinin çalışması gereken bir işte tek kişinin çalıştırılması), amirlerin iş dışındaki istek ve talepleri, makine bakım ve onarım planlarının düzenli bir şekilde yapılmaması (sürekli makine arızalarının oluşması) şeklinde ele alınabilir. Tüm bu durumlar da çalışan üzerinde yüklenmeye neden olacaktır.

2.2. Literatür Araştırması

Literatürde TİY seviyesini belirlemeye yönelik çeşitli yöntemlerle yapılmış çalışmalara rastlamak mümkündür. Bunun yanında fiziksel iş yükü ve zihinsel yükünün ölçülmesine yönelik yapılmış çalışmalar da mevcuttur. Ayrıca literatürde iş yükünün bazı durum ya da olaylar üzerindeki etkisini veya birbirleri arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla yapılmış çalışmalara da rastlanmıştır. Literatürde TİY seviyesinin belirlenmesinde YEM ve AAS yöntemlerinin entegre bir şekilde kullanılmasına ilişkin herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

Literatüre ilk geçen iş yükü ölçeği Cooper ve Harper (1969) tarafından geliştirilmiştir. Daha sonra yapılan bir çalışmada, bu ölçek bir karar ağacı ve eş boyutlu 10 noktalı bir puanlama ölçeği ile geliştirilmiştir [Wierwille ve Casali, 1983]. Geliştirilen bu yöntem klavye kullanan bir operatöre etkiyen iş yüklerini incelemek amacıyla [Gomer ve ark., 1987] ve iş yükünün ilgi yoğunluğuna etkisini incelemek amacıyla [Hancock, 1989] kullanılmıştır.

İnsan makine sistemlerinde operatörün maruz kaldığı iş yükünün tahmininde dilsel değişkenler ile Analitik Hiyerarşi Sürecinin uygulanmasıyla toplam iş yükü seviyesinin değerlendirilmesi için bir model geliştirilmiştir. Analizde görev ve iş ortamı değişkenleri olarak fiziksel iş yükü, zihinsel iş yükü, çevresel faktörler ve duruş bozuklukları şeklinde dört faktör dikkate alınmıştır [Jung ve Jung, 2001].

Toplam iş yükü seviyesinin belirlenmesine yönelik bir model geliştirilmiş ve geliştirilen model Analitik Ağ Süreci (AAS) yöntemi ile analiz edilmiştir. Çalışmada geliştirilen modele ilişkin bir uygulama yapılmış ve bu uygulama üzerinde modelin kullanımı gösterilmiştir. Toplam iş yükü seviyesini belirlemeye yönelik fiziksel faktörler, zihinsel faktörler, çevresel faktörler ve konumsal faktörler şeklinde dört ana faktör ve bu faktörlere ilişkin alt faktörler belirlenmiştir ve faktörlere ilişkin ağ oluşturulmuştur. AAS yöntemi yardımıyla alt faktörlere ilişkin ağırlıklar belirlenmiş ve torna tezgahındaki operatörün toplam iş yükü seviyesini belirlemeye yönelik bir uygulama yapılmıştır [Dağdeviren ve ark., 2005b].

Öğretim üyelerinin iş yükü seviyelerinin değerlendirilmesi amacıyla bir mühendislik fakültesinde tam zamanlı çalışan öğretim üyeleri incelenmiş, iş yükü seviyelerine etki eden faktörler ve faktörler arası ilişkiler belirlenerek bir analitik ağ modeli oluşturulmuştur. Öğretim üyelerinin iş yüküne etki eden beş ana faktör ve bunlara ilişkin alt faktörler belirlenmiştir. Önerilen model Analitik Ağ Süreci (AAS) yöntemi kullanılarak analiz edilmiş ve bir örnek uygulama yapılmıştır [Bulut ve Soylu, 2009].

Batı Karadeniz Bölgesi sınırları içindeki orman depolarında yükleme ve istifleme işlerinde mevcut olarak çalışan, 145 adet operatör üzerinde yapılan çalışmada, ormancılıkta kullanılan yükleme makineleri operatörlerinin fizyolojik iş yükünün değerlendirilmesi amacıyla operatörlerin çalışmaları ve dinlenmeleri sırasındaki nabız değerleri, Polar nabız saati ve kemeri ile ölçülmüştür. Operatörlere ait büyük ve küçük tansiyon, maksimum oksijen tüketimi ve maksimum kalp atımı değerleri ortaya konarak önceki çalışmalar ile kıyaslanmıştır. Küçük tansiyon değeri ortalama 79 mmHg, büyük tansiyon 127 mmHg, dinlenirken nabız 77 atım/dak, çalışırken nabız 93 atım/dak olarak bulunmuştur. Yükleme makineleri ile çalışmada fizyolojik iş yükü değerlerinin (%HRR) ortalamasının %49 olduğu ve iş yükü sınıflandırmasında yükleme çalışmalarının "orta ağırlıklı iş" grubuna girdiği belirlenmiştir [Melemez ve Tunay, 2010].

Hava Kuvvetleri Komutanlığında görevli pilotların, farklı görev tiplerine göre zihinsel iş yüklerinin ölçülmesi ve karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışma kapsamında farklı görev tiplerine ait zihinsel iş yüklerini ölçmek amacıyla Türk Hava Kuvvetleri Komutanlığında görevli 70 F-16 pilotu üzerinde, subjektif iş yükü ölçüm yöntemlerinden olan NASA-TLX yöntemi uygulanmıştır [Güreşçi ve Fığlalı, 2004].

Öznel zihinsel iş yükü ölçüm yöntemlerinden NASA-TLX metodunun Ankara'da çeşitli kuruluşlarda görev yapan bilişim sektörü çalışanları üzerinde bir uygulama yapılmıştır. NASA-TLX, zihinsel iş yükünün çalışana ve bilişsel kapasitesine uygunluğunu tespit etmek amacıyla test grubu üzerinde uygulanmak üzere en uygun ölçüm tekniği olarak seçilmiştir. Zihinsel iş yüküne etki eden altı adet faktör (zihinsel gereksinim, fiziksel gereksinim, zaman gereksinimi, çaba, başarım, stres düzeyi)

belirlenmiştir. Çalışma sonucunda eğitim, yaş gibi demografik faktörlerin bilişim sektörü çalışanlarının zihinsel iş yükü üzerinde etkili olabileceği sonucu elde edilmiştir [Duru ve ark., 2005].

İş yükünün, iş kontrolünün ve bu iki değişken arasındaki ilişkinin tükenmişlik üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla, Antalya Manavgat'ta faaliyet gösteren beş yıldızlı bir otelden anketler aracılığıyla veriler toplanmıştır. 137 anket analizlerde kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçları, iş yükünün, iş kontrolünün ve bu iki değişken arasındaki ilişkinin, tükenmişlik üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Ayrıca, farklı iş yükü ve iş kontrolü oranlarına sahip gruplar arasında tükenmişlik açısından anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Veriler SPSS 12.0 istatistiksel veri analizi paket programı ile analiz edilmiştir. Kontrol değişkenlerine ilişkin veriler, frekans, aritmetik ortalama ve yüzde değerleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Değişkenler arasındaki ilişkileri ölçmek için korelasyon analizi ve iş yükü ve iş kontrolü ile tükenmişlik arasındaki ilişkiyi belirleyebilmek için regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, iş yükünün tükenmişliği artırdığı, iş üzerindeki kontrolün ise tükenmişliği azalttığı belirlenmiştir [Bolat, 2011].

Çağrı merkezinde çalışan iş gücünün iş yükü düzeyi ile iş doyumu arasındaki ilişki araştırılmıştır. Bir finans kurumunda gerçekleştirilen çalışmada iş yükünün çalışanların iş doyumunu etkilediği korelasyon ve regresyon analizi ile tespit edilmiştir [Keser, 2006].

3. YÖNTEMLER

3.1. Yapısal Eşitlik Modelleme

Yapısal eşitlik modellemesi (YEM), gözlenen ve gizil değişkenler arasındaki nedensel ve karşılıklı ilişkilerin bir arada bulunduğu modellerin test edilmesi için kullanılan kapsamlı istatistiksel bir yaklaşımdır [Yılmaz ve ark., 2009a]. Bentler (1988)'e göre yapısal eşitlik modellemesi, yapısal bir teorinin analizinde doğrulayıcı yaklaşımı (yani, hipotez testini) temel alan istatistiksel bir tekniktir. Tipik olarak bu teori nedensel bir süreci analiz eder [Byrne, 2010].

YEM, çok değişkenli analizlere hipotez testi yaklaşımı uygulayarak; regresyon, faktör analizi ve varyans (kovaryans) analizi gibi çok değişkenli analiz yöntemlerini etkin olarak içerisinde barındıran bir modelleme zinciridir [Aydın, 2010]. YEM'in en temel özelliği tamamen teoriye dayalı olmasıdır. Temel olarak yapısal eşitlik modellerinin amacı, önceden belirlenen ilişki örüntüsünün veri tarafından doğrulanıp doğrulanmadığını ortaya koymaktır [Aydın, 2010].

YEM, ilk olarak sosyal bilimlerde (özellikle psikoloji ve sosyoloji) geliştirilmiştir. Ancak eğitim, pazarlama ve tıp (epidemiyoloji, görüntüleme ve diğer biyolojik bilimler) gibi çeşitli disiplinlerde de yararlı bir araç olarak ele alınmaya başlanmıştır [Bayram, 2010]. Yapısal eşitlik modellerinin bilimsel çalışmalarda çokça kullanılıyor olmasının temel nedeni, verilen bir modeldeki gözlenen değişkenlere (hem bağımlı hem bağımsız) ilişkin ölçüm hatalarını açıkça hesaba katan bir yöntem olmasından kaynaklanmaktadır. Yapısal eşitlik modellerinin aksine geleneksel regresyon analizinde açıklayıcı değişkenlerdeki olası ölçüm hataları göz ardı edilmektedir. Bu nedenle de regresyon analizi sonuçları yanlış ve yanıltıcı sonuçlar verebilmektedir [Bayram, 2010]. Ölçüm hatalarının üstesinden gelmesinin yanı sıra yapısal eşitlik modelleri ayrıca araştırmacıların çok değişkenli kompleks modeller geliştirmesi, tahmin etmesi ve test etmesine de olanak sağlamakta ve verilen modeldeki değişkenlerin direkt ve dolaylı etkilerini de dikkate almaktadır. Direkt ve dolaylı

etkilerin kombinasyonu, açıklayıcı değişkenin bağımlı değişken üzerindeki toplam etkisini ortaya koymaktadır [Bayram, 2010].

3.1.1. Yapısal eşitlik modellemesinin tarihsel gelişimi

Yapısal eşitlik modelinin tarihçesini kısaca kronolojik bir sıra içerisinde ele alınacak ve regresyon, yol analizi, doğrulayıcı faktör analizi (DFA) ve yapısal eşitlik modeli olarak dört bölüm şeklinde sırası ile takip edilecektir. İlk model; regresyon ağırlıklarını hesaplamak için korelasyon katsayısı ve en küçük kareler kriterini kullanan doğrusal regresyon modellerini içerir. İlk kez 1986 yılında Karl Pearson tarafından ortaya konulmuştur [Schumacker ve Lomax, 2004].

Regresyon modeli, bir bağımlı değişkeni (x) yordayan bir veya daha fazla bağımsız değişkenin (y1, y2, y3 ve yn) doğrusal etkilerini ortaya koyan ve bu yapısı ile tahmin modelleri için son derece kullanışlı bir yöntemdir Pearsondan 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 çıkarılabileceğinin ortaya koymuş, böylece günümüzde çokça kullanılan anket, test ve ölçeklerin geliştirilmesini sağlamıştır [Meydan ve Şeşen, 2011].

Doğrulayıcı faktör analizinin temeli ise Howe (1955), Anderson ve Rubin (1956) ve Lawley (1958)'in çalışmalarına dayanmaktadır. Belirli bir değişken kümesinin, daha kapsayıcı bir yapı ile açıklanıp açıklanamayacağını araştıran DFA, özellikle 1960'larda Karl Jöreskog'un çalışmaları ile gelişmeye başlamıştır. 1969 yılında Jöreskog'un ilk DFA makalesini yayımlaması, ilk DFA yazılımının geliştirilmesine de öncülük etmiştir. Bugün, uzun yıllardır kullanılan faktör analizi ölçüm araçlarının yaratılmasında, DFA ise yaratılan bu modellerin çalışan örneklem üzerinde doğrulanıp doğrulanmadığının test edilmesinde kullanılmaktadır. Aslında bir biyolog olan Sewell Wright ise üçüncü tip model olarak sayabileceğimiz yol analizinin gelişmesinde rol oynamıştır. Yol analizi, gözlemlenen değişkenler arasındaki daha karmaşık ilişkilerin modellenebilmesi için korelasyon katsayılarını ve regresyon

analizini birlikte kullanmaktadır. Yol analizin ilk uygulaması, biyolojide hayvan davranışlarının modellenmesinde ortaya çıkmış, daha sonraları 1950'li yıllarda eş zamanlı eşitlik modellerini kullanan ekonomiciler, 1960'larda ise sosyologlar yol analizini araştırmalarında kullanarak, yol analizinin sosyal bilimlerde kullanımının kapısını açmışlardır. Temel olarak yol analizi, gözlemlenen değişkenler arasındaki yol modelinin, eş zamanlı birçok regresyon eşitliğinin çözümlenmesidir [Meydan ve Şeşen, 2011].

Dördüncü model ise yapısal eşitlik modelidir. 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 ve bu nedenle ilk olarak JKW modeli olarak adlandırılmıştır. Ancak 1973 yılında Jöreskog ve Thille'nin doğrusal ilişkiler modeli olarak adlandırılabilecek LISREL (Linear Structural Relations Model) yazılımını geliştirmeleri, YEM'in gerçek popülaritesinin başlangıcı olmuştur [Meydan ve Şeşen, 2011].

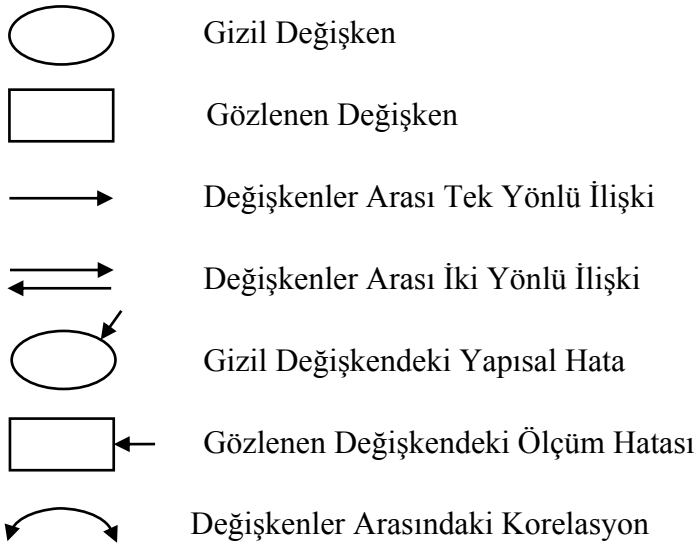
LISREL ilk YEM yazılımı olarak dikkat çekse de özellikle 1980'lerin ortasından itibaren YEM modellerinin çözümü için yeni birçok yazılım geliştirilmiştir. Her bir programın kendine has özellikleri, güçlü ve zayıf yönleri bulunsa da günümüzde araştırmacıların kullanabileceği LISREL, SAS, EQS ve AMOS gibi birçok yazılım bulunmaktadır [Meydan ve Şeşen, 2011].

3.1.2. Yapısal eşitlik modellemesinde temel kavramlar

Yapısal eşitlik modellerinin şekil yoluyla gösterimi

Gösterim şekli olarak gizil değişkenler elips veya köşeleri yumuşatılmış dörtgenler ile gösterilir. Gözlenen değişkenler ise kare veya dikdörtgenlerle gösterilir. Gizil değişkenler arasında tek yönlü ve çift yönlü oklarla tanımlanmış parametrelerle beraber, gizil değişkenlerden onları açıklayan gözlenen değişkenlere uzanan tek yönlü oklarla gösterilen parametreler de tanımlanmalıdır. Bu parametreler faktör

çözümlemesindeki faktör ağırlıklarına karşılık gelen değerlerdir. YEM terminolojisinde gözlenen değişkenler, gizil değişkenleri etkilememektedir. Bunun aksine, gizil değişkenler kendilerini açıklayan gözlenen değişkenleri etkilemekte, bu yüzden de bir gizil değişkenden gözlenen değişkene doğru tek yönlü ok uzatılmaktadır. Şekilsel gösterimde gözlenen değişkenlere dışarıdan uzanan tek yönlü oklar bu ölçümlere ait o gözlenen değişkenin açıklayamadığı hata varyansını göstermektedir. Gizil değişkenlere dışarıdan uzanan tek yönlü oklar ise o gizil değişkenden önce gelen bağımsız değişken tarafından etkilenmeyen hata varyansını tanımlamaktadır [Tezcan, 2008]. Şekil 3.1'de YEM'de sıklıkla kullanılan semboller ifade edilmiştir.

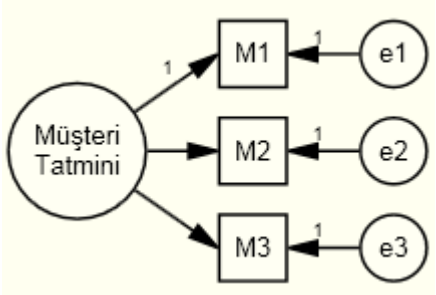


Şekil 3.1. YEM'de sık kullanılan şekilsel notasyonlar [Pugesek ve ark., 2003]

Gözlenen ve gizil değişkenler

Veri toplama süreci sonucunda gözlenen (*observed*) veya ölçülen değişkenlerin bir kümesi elde edilir. Bunlar yaş, cinsiyet, gelir, sınav sonuçları vb. olabilir. Bu değişkenlerin değerleri örneklemden direkt olarak gözlenmekte veya ana kütlede direkt olarak gözlenebilme olanağına sahip olabilmektedir [Bayram, 2010].

Davranış bilimlerinde araştırmacılar sıklıkla direkt olarak gözlenemeyen teorik yapılar ile ilgilenmektedirler. Bunlara gizil (*latent*) değişkenler veya faktörler adı verilmektedir. Gizil değişkenler direkt gözlenemediği için doğrudan ölçülememektedirler. Bu nedenle gözlenemeyen değişken gözlenebilen bir değişkene bağlanarak ölçülmektedir [Byrne, 2010].



Şekil 3.2. Gözlenen ve gizil değişkenlere ait bir gösterim

Şekil 3.2.'ye göre *Müşteri Tatmini* gizil değişkendir. *M1, M2, M3*; gözlenen değişkenlerdir. *e1, e2, e3* ise gözlenen değişkenlere ait hata terimleridir. Gözlenen değişkenler *M1, M2* ve *M3* gizil değişken olan *Müşteri Tatmini'*nin göstergeleri olarak ele alınmaktadır. Hata terimlerinden gözlenen değişkenlere giden tek yönlü oklar, gözlenen değişkenler üzerinde ölçüm hatasının etkisini ifade etmektedir [Bayram, 2010].

Egzojen ve endojen değişkenler

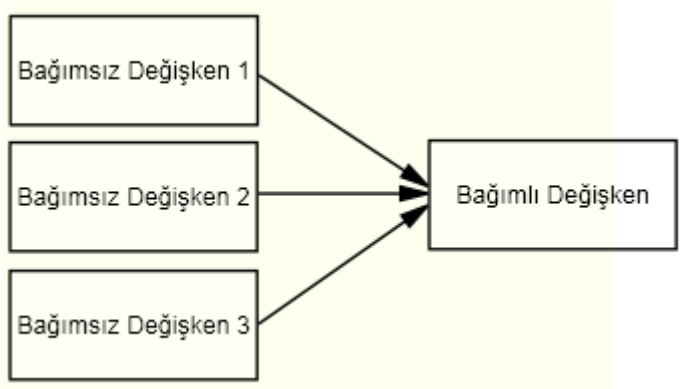
Ekonometrik literatürde, egzojen değişkenler ve endojen değişkenler terimleri sıklıkla, sırasıyla bağımsız ve bağımlı değişkenler olarak kullanılır [Raykov ve Marcoulides, 2006].

Doğru modeli kurarken egzojen (dışsal-bağımsız) ve endojen (içsel-bağımlı) değişkenler olmak üzere iki farklı tip değişken kullanılır. Bu iki değişken türü arasındaki fark değişkenin başka bir değişken üzerine regres edilip edilmeyeceğine bağlıdır [Bayram, 2010].

Geleneksel çok değişkenli modellemede bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında doğrudan bir ilişki söz konusudur. Bu ilişki şu şekildedir [Jackson ve ark., 2005]:

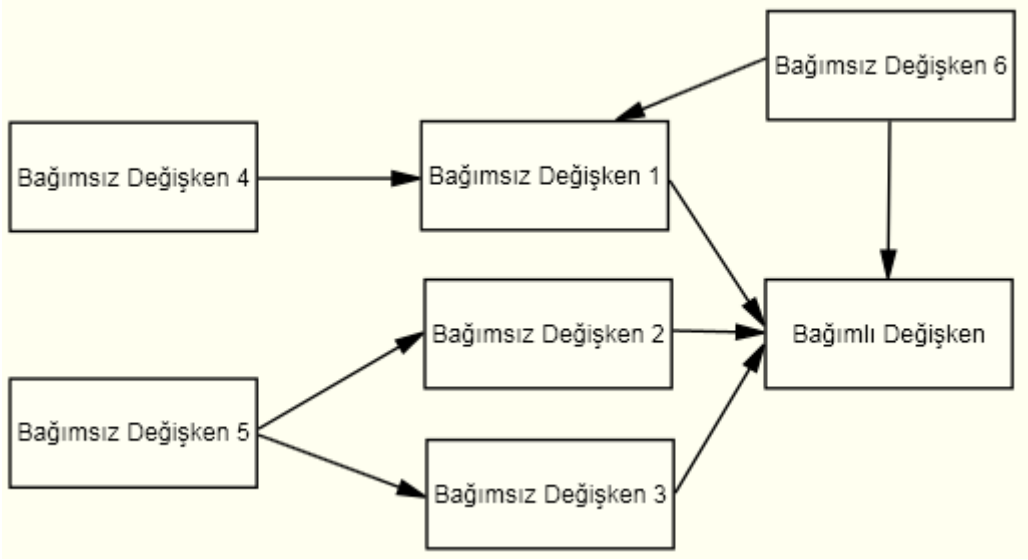
Bağımlı Değişken = Bağımsız Değişken 1 + Bağımsız Değişken 2 + Bağımsız Değişken 3

Bu ilişkinin grafiksel gösterimi Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Geleneksel regresyon analizinde bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki [Jackson ve ark., 2005]

Bu duruma ilişkin daha kompleks bir yapı Şekil 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkileri gösteren bir yapı [Jackson ve ark., 2005]

Şekil 3.4'de görüldüğü üzere 1, 2, 3 ve 6 nolu bağımsız değişkenler bağımlı değişkeni direkt olarak etkilemekte, diğerleri (4 ve 5) ise dolaylı olarak etkilemektedirler. Yapısal eşitlik modelleri ile bağımlı-bağımsız değişken tanımı biraz bulanıklaşmakta ve bu kavramların yerine endojen ve egzojen kavramları kullanılmaktadır. Endojen değişkenler diğer değişkenler üzerine bağımlı olarak modellenirken, egzojen değişkenler ise diğer değişkenler üzerinde bağımlı değillerdir. Yukarıdaki örnekte 1, 2 ve 3 nolu değişkenler ile bağımlı değişken endojen değişkenler olarak ele alınırken, 4, 5 ve 6 nolu bağımsız değişkenler ise egzojen değişkenler olarak ele alınmaktadır [Jackson ve ark., 2005].

3.1.3. Yapısal eşitlik modellemesinin analizi

Yapısal eşitlik modelleme, kompleks ilişkileri modelleme metodu olarak 1980'lerin sonlarına doğru ortaya çıkmıştır. Yapısal eşitlik modellerinin pek çok yaygın tipleri vardır. Bunlar; yol analizi, doğrulayıcı faktör analizi ve yapısal regresyon modelleridir [Jackson ve ark., 2005].

Yol (Path) analizi

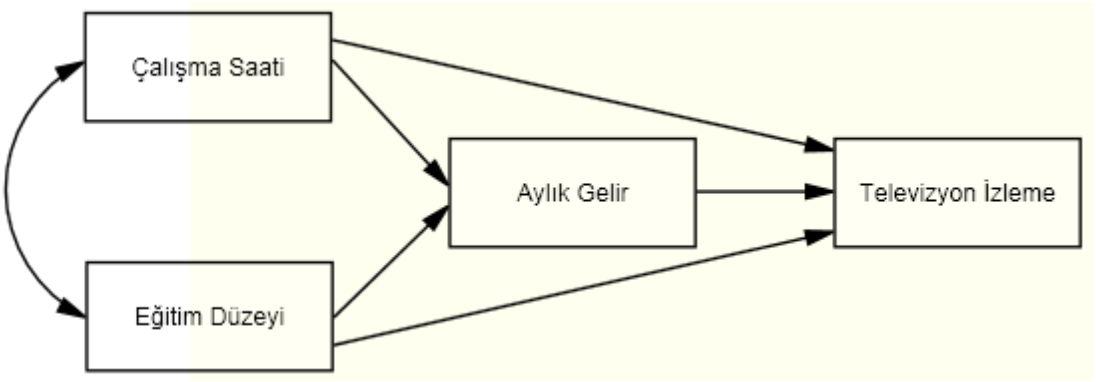
YEM'deki ilişkiler grafiklerle gösterilir. Bu grafiklere path diyagramı adı verilir. Genetikçi S. Wright tarafından 1921 yılında geliştirilen path diyagramı basit bir matematiksel model oluşturulmasını sağlar. Bu matematiksel çözümlemeye de path analizi adı verilir [Şehribanoğlu, 2005].

Path analizi değişkenlerdeki değişimin sebeplerini gösteren bir çeşit araç olarak düşünülebilinir. Araştırmacıya sınırlı da olsa bir sebep-sonuç ilişkisi içerisinde yorum yapma şansı sunar. Araştırmada kullanılacak test ve model uyumu için verilerin toplanmasını da sağlar [Şehribanoğlu, 2005].

Path analizleri, gözlenen değişkenler arasındaki açıklayıcı ilişkileri modelleme yaklaşımıdır [Raykov ve Marcoulides, 2006]. Aynı zamanda nedensel modelleme

olarak da bilinen Path (Yol) analizleri, ölçülen (gözlenen) değişkenler arasındaki ilişki ağlarını inceler [Jackson ve ark., 2005].

Bu tür path diyagramları oluşturulmasında bazı standart kurallar olmasına rağmen, modeldeki belli detayların nasıl sunulduğuna ilişkin pek çok çeşitlilik söz konusudur [Hoyle, 1995].



Şekil 3.5. Gözlenen değişkenler ile yol analizi [Meydan ve Şeşen, 2011]

Şekil 3.5'de örnek bir yol analizi modeli gösterilmiştir. Model temel olarak, çalışma saati, eğitim seviyesi ve aylık gelirin televizyon izleme davranışı üzerindeki etkisini araştırmaktadır [Meydan ve Şeşen, 2011].

Yol analizi modelleri genellikle sadece gözlenen değişkenlere dayalı olarak ele alınmaktadır. Bu nedenle, bazı araştırmacılar bu modelleri tipik yapısal eşitlik modelleri arasında saymamaktadırlar. Yol analizi modelleri sadece gözlenen değişkenlere dayalı olmasına rağmen, model uyumunun değerlendirilmesi ve test edilmesi diğer yapısal eşitlik modelleri gibidir [Bayram, 2010].

Açıklayıcı ve doğrulayıcı faktör analizi

Açıklayıcı faktör analizi (AFA); verilerin kovaryans ya da korelasyon matrisinden yararlanılarak birbirleri ile ilişkili p sayıda değişkenden daha az sayıda ($k<p$) ve

birbirlerinden bağımsız yeni değişkenler (faktör) türetmek üzere yararlanılan faktör analizidir. Genellikle faktör analizi denildiğinde AFA akla gelir [Özdamar, 2004].

Doğrulayıcı faktör analizi (DFA) ise AFA ile belirlenen faktörlerin, hipotez ile belirlenen faktör yapılarına uygunluğunu test etmek üzere yararlanılan faktör analizidir [Özdamar, 2004].

DFA, geleneksel yöntemle yapılan faktör analizlerinden farklı olarak, daha önceden araştırmacı tarafından belirlenmiş bir faktöriyel yapının doğrulanmasını test etmek amacıyla kullanılır. Örneğin, normal faktör analizinde, her bir maddenin her faktördeki yük miktarı ortaya konsa da, doğrulayıcı faktör analizinde, her bir maddenin, kendisini açıklayan nedensel değişkene ilişkin regresyon katsayıları (*bunlar da faktör analizindeki faktör yüklerine benzetilebilirler*) belirlenir [Tatlıdil, 1992].

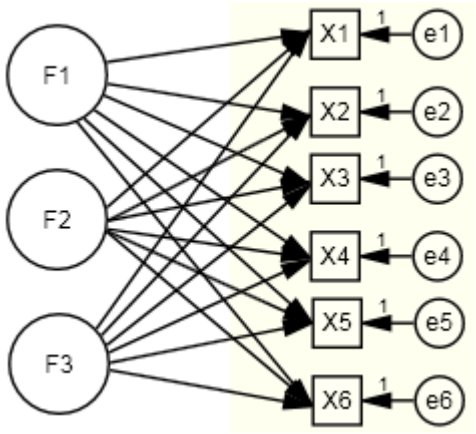
Doğrulayıcı faktör analizinde araştırmacı;

- Genel faktörlerle ilişkili çiftleri bulur,
- Hangi gözlemlenmiş değişkenlerin hangi faktörlerce etkilendiğini,
- Hangi gözlemlenmiş değişkenin hangi tekil faktörce etkilendiğini,
- Hangi faktörlerin birbiriyle ilişkili olduğunu tespit eder [Nokelainen, 2007].

Ölçüm modeli tipik bir doğrulayıcı faktör analizi olarak ele alınmaktadır. Blunch (2008)'a göre açıklayıcı veya doğrulayıcı faktör analizinde değişkenler *faktörler* olarak adlandırılan *gizil değişkenlerin* fonksiyonları olarak ele alınır. Açıklayıcı faktör analizinde;

1. Her gözlenen değişken her gizil değişken ile bağlantılıdır.
2. Hata terimleri arasında korelasyon yoktur.
3. Tüm parametreler veriden tahmin edilir [Bayram, 2010].

Aşağıda Şekil 3.6'da açıklayıcı faktör analizine ilişkin şekil gösterilmiştir.

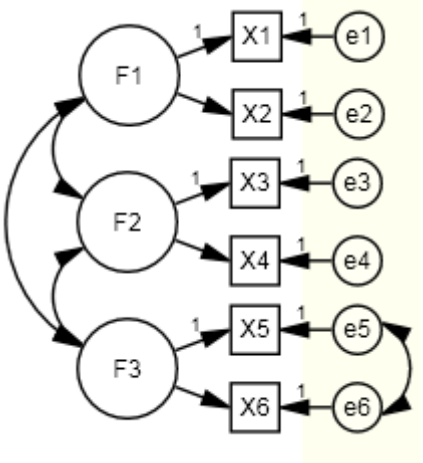


Şekil 3.6. Açıklayıcı faktör analizi (AFA) ve üç faktör modeli [Bayram, 2010]

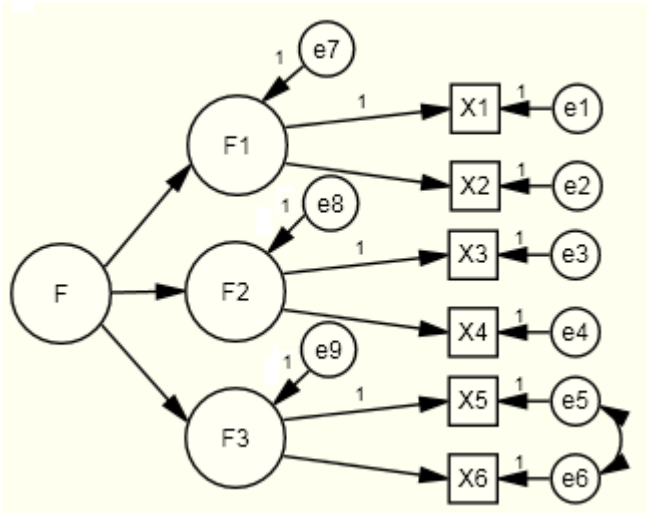
Doğrulayıcı faktör analizinde;

1. Gözlenen değişkenler sadece önceden belirlenen gizil değişkenler ile bağlanır.
2. Bazı hata terimleri arasında korelasyona izin verilebilir.
3. Parametrelerin bazıları belirli değerler ile kısıtlanabilir veya diğer parametreler gibi aynı değerlere sahip olmak için kısıtlanabilir [Bayram, 2010].

Aşağıda Şekil 3.7 ve Şekil 3.8'de sırasıyla birinci-düzey ve ikinci düzey doğrulayıcı faktör analizine ilişkin model şekiller verilmiştir.



Şekil 3.7. Birinci-düzey doğrulayıcı faktör analizi [Bayram, 2010]



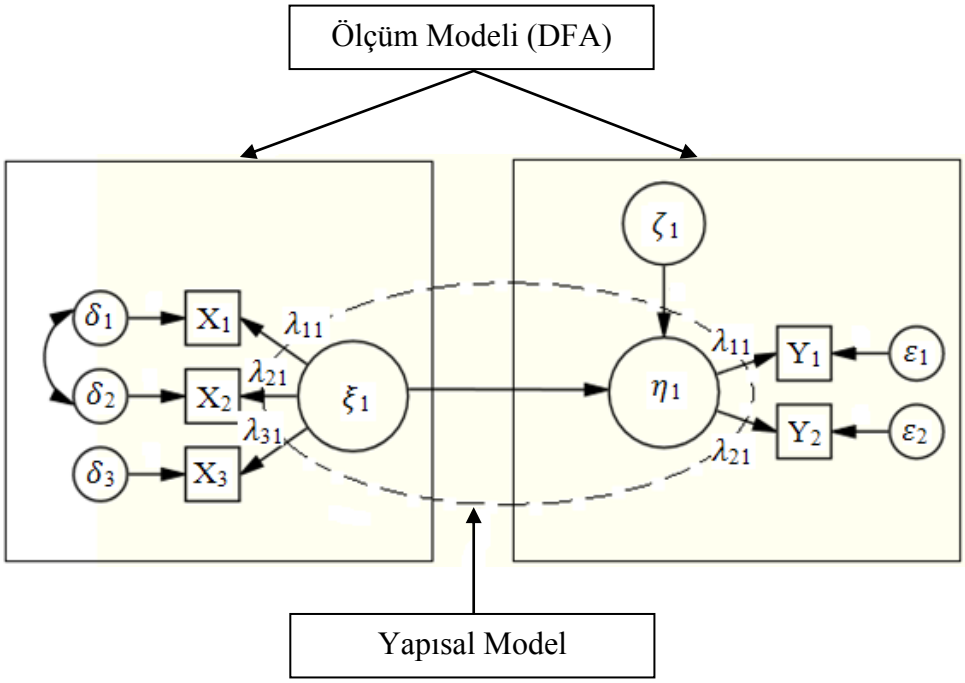
Şekil 3.8. İkinci-düzey doğrulayıcı faktör analizi [Bayram, 2010]

Şekil 3.8'de F1, F2 ve F3'ü de kapsayan yeni bir gizil değişken eklenmiştir. Burada F ikinci düzey faktör konumundadır ve direkt olarak gözlenen (*ölçülen*) değişkenlerle bir bağı yoktur. Burada F1, F2 ve F3 bağımlı gizil değişken durumuna geldiğini için bu gizil değişkenler de hata terimleri eklenmiştir.

Modeller bu şekilde üçüncü-düzey, dördüncü-düzey vb. gibi yüksek-düzey (*higher-order*) şeklinde ele alınmaktadır [Bayram, 2010].

Yapısal eşitlik modelleri

Genel yapısal eşitlik modeli, iki alt model şeklinde ölçüm modeli ve yapısal model olmak üzere parçalara ayrılabilir. Ölçüm modeli, gözlenen ve gözlenmeyen değişkenler arasındaki ilişkileri tanımlar. Diğer bir deyişle, ölçme aygıtı (*yani, gözlenen gösterge değişkenleri*) ve ölçmek için tasarlanmış altındaki yapılar (*yani, direkt gözlenemeyen gizil değişkenleri*) arasındaki bağlantıyı sağlar. Yapısal model ise direkt gözlenemeyen gizil değişkenler arasındaki ilişkileri tanımlar [Bryne, 2010].



Şekil 3.9. Ölçüm modeli ve yapısal modele ayrılmış genel bir yapısal eşitlik modeli [Byrne, 1998]

Modeldeki değişkenler bir sonraki bölümde anlatılmıştır.

Yapısal model ve yapısal hata

Yapısal Model, bağımlı ve bağımsız gizil değişkenler arasındaki ilişkileri özetleyen yapısal eşitliklerin oluşturduğu modeldir [Ünal, 2006].

Yapısal model eşitliği şu şekildedir;

$$\eta = \beta\eta + \Gamma\xi + \zeta \tag{3.1}$$

η= Bağımlı gizil değişkenleri,

ξ= Bağımsız gizil değişkenleri,

β= Bağımlı gizil değişkenler için katsayı matrisi,

Γ= Bağımsız gizil değişkenler için katsayı matrisi,

ζ= Yapısal karışıklık yani bağımlı gizil değişkenlerine ait hata değişkenidir [Aydın, 2010].

Yapısal Modele ilişkin varsayımlar şu şekildedir [Boysan, 2006];

- Bağımlı ve bağımsız gizil değişkenlerin ve modelin hatasının beklenen değeri sıfırdır.
- Hatalar ve bağımsız gizil değişkenler arasında bağımlılık yoktur.
- Parametre tahminlemesinin yapılabilmesi için modele ilişkin kovaryans matrisinin tekil olması gerekir.

$E(\eta) = 0$

$E(\xi) = 0$

$E(\zeta) = 0$

ζ, ξ ile ilişkisizdir.

1- β tekil olmayandır (nonsingular).

YEM'de dışsal gizil değişkenlerin içsel gizil değişkenleri tahmin etmesi kusursuz değildir ve bu içsel gizil değişkenler üzerinde yapısal hatanın oluşmasına neden olur. Yapısal hata gözlenen değişkenlerdeki ölçüm hatalarının aynısıdır, tek farkı gizil değişkenler arasında olmasıdır. İçsel değişkenlere okla yönelen zeta (ζ) karakteriyle ifade edilir [Ayyıldız ve Cengiz, 2006].

Bunların tutarlı bir parametre tahmini için bu yapısal hataların dışsal gizil değişkenlerle ilişkisiz olması gerekmektedir. Diğer taraftan yapısal hatalar diğer yapısal hatalar ile ilişkili olabilir. Bu ise yapısal değişkenlerin modeldeki tahmin edici ilişkiler tarafından açıklanamayan ortak paylaşılan bir varyansa sahip olduklarını gösterir [Ayyıldız ve Cengiz, 2006].

Ölçüm modeli ve ölçüm hatası

Gizil değişkenler ile bu gizil değişkenlerin gözlenen değişkenleri arasındaki ilişkilere "*ölçüm modeli*" denir ve doğrulayıcı faktör analizi yardımıyla yapısal eşitlik modeline dahil edilir. Her bir gözlenen değişken ancak bir gizil değişkenin açıklayıcısı durumunda olabilir [Aydın, 2010].

Ölçüm modelinde gizil değişkenler ile gözlenen değişkenler arasındaki ilişki irdelenir. Model bir bütün olarak test edilmeden önce mutlaka ölçüm modellerinin doğrulayıcı faktör analiziyle kontrol edilmesi gerekir. Doğrulayıcı faktör analizi ile [Ayyıldız ve Cengiz, 2006];

- Gizil değişkenler ile bunların gözlenen değişkenleri arasındaki ilişki belirtilir,
- Gözlenen değişkenlerin gizil değişkenleri gerçekse ne kadar doğru bir şekilde ölçtüğü gözlemlenir,
- Hangi gözlenen değişkenin ilgili gizil değişkeni daha iyi ölçtüğü tespit edilir.

Gizil değişkenler ile gözlenen değişkenler arasındaki ilişki faktör yükleriyle tarif edilir. Bu faktör yükleri gözlenen değişkenlerin gizil değişkenleri ölçebilme yeteneği hakkında bilgi verir ve bir geçerlilik katsayısı görevini görür (*faktör yüklerinin karesi ile ölçüm hatasının karesi toplamı faktör analizinde olduğu gibi 1'e eşittir*) [Ayyıldız ve Cengiz, 2006].

Ölçüm hatası, gözlenen değişkenin ne kadarlık bir kısmının gizil değişken tarafından açıklanamadığı hakkında bilgi verir ve güvenilirlik ölçüsü olarak kullanılır (*ölçüm hatasının küçük çıkması istenir*). Gizil değişkenleri ölçmek için kullanılan gözlenen değişkenler gerek geçerlilik, güvenilirlik ve gerekse örnek büyüklüğünden kaynaklanan sorunlar nedeniyle hata içerebilirler. Regresyon analizinde bu hata terimleri ölçüme dahil edilmezken YEM, doğrulayıcı faktör analizi vasıtasıyla bu hata terimlerini belirler ve modele dahil eder. Bir gizil değişkenin sadece bir gözlenen değişkeni varsa bu durumda ölçüm hatası modellenemez, 0 kabul edilir. Ayrıca, bir gözlenen değişkenin artık değerini bilmek diğer bir gözlenen değişkenin

artık değerini bilmeye yardım ediyorsa bu artık değerleri temsil eden ölçüm hataları arası korelasyon vardır. Örneğin toplum tarafından genel kabul görmüş bir soruya alınan cevap yine toplum tarafından genel kabul görmüş benzer bir soruya alınacak cevabın tahmin edilmesini kolaylaştırır. Bu durumda ölçüm hataları arasında korelasyon vardır denilir [Ayyıldız ve Cengiz, 2006]. Ölçüm modelinin eşitlikleri aşağıdaki gibidir;

Bağımsız ölçüm modeli;

$$x = \Lambda^x \xi + \delta \tag{3.2}$$

x= Bağımsız gözlenen değişken,
Λ^x= Bağımsız gizil değişkenlerin bağımsız gözlenen değişkenler üzerine etkisi,
ξ= Bağımsız gizil değişken,
δ= Bağımsız gözlenen değişkenlere ilişkin ölçüm hataları.

Bağımlı ölçüm modeli;

$$y = \Lambda^y \eta + \varepsilon \tag{3.2}$$

y= Bağımlı gözlenen değişken,
Λ^y= Bağımlı gizil değişkenlerin bağımlı gözlenen değişkenler üzerine etkisi,
η = Bağımlı gizil değişken,
ε = Bağımlı gözlenen değişkenlere ilişkin ölçüm hataları.

Ölçüm modeline ilişkin varsayımlar şu şekildedir [Şehribanoğlu, 2010];

$E(\varepsilon) = 0$
$E(\delta) = 0$
$E(\zeta) = 0$
$E(\xi) = 0$

$Cov(\varepsilon) = \Theta_{\varepsilon}$

$Cov(\delta) = \Theta_{\delta}$

$Cov(\zeta) = \Psi$

$Cov(\xi) = \Phi$

Ayrıca;

$Cov(\xi, \varepsilon) = 0$

$Cov(\eta, \varepsilon) = 0$

$Cov(\delta, \varepsilon) = 0$

$Cov(\xi, \delta) = 0$

$Cov(\eta, \delta) = 0$

3.1.4. Yapısal eşitlik modellemesinin varsayımları

Verilerin Sürekli ve Normal Dağılıma Sahip Olması

Veriler sürekli ve normal dağılım göstermelidir. Her bir gözlenen değişken diğer gözlenen değişkenlerin her bir değerinde normal dağılım göstermelidir. Çok değişkenli normal dağılımdan (*multivariate normality*) ufak sapmalar olsa bile bu durum ki-kare değerinin büyük çıkmasına ve anlamlı olmasına neden olacaktır, dolayısıyla model doğru bile olsa reddedilecektir. Ayrıca diğer uyumluluk indekslerinin de yanlış sonuçlar vermesine neden olacaktır. Bunun yanı sıra çok değişkenli normal dağılım olmadığında modeldeki ölçüm hataları normalde olmaları gereken değerlerden daha düşük değerler alacak ve sonuç olarak yol katsayıları olmaları gereken değerlerden daha düşük değerler alacak ve sonuç olarak yol katsayıları olmaları gerekenden daha fazla anlamlılık değerine ve gücüne sahip olacaklardır. Ordinal ve nominal ölçekli değişkenlerle model kurmanın sonucu bu kural ihlal edilebilir. Çok değişkenli normal dağılım kuralı YEM'in temel tahmin etme yöntemlerinden birisi olan (*maksimum likelihood estimation*) en önemli varsayımdır (*özellikle içsel gizil değişkenlerin çok değişkenli normal dağılımını gerektirir*). Ayrıca YEM'in bu varsayımı gerektirmeyen tahmin etme yöntemleri de

bulunmaktadır. Uygulamada sıkça ihlal edilen bir varsayımdır [Ayyıldız ve Cengiz, 2006].

Örneklem Hacmi

Yapısal eşitlik modelleri kovaryans matrisindeki farkların anlamlılığına ve örneklem hacmine duyarlı olan testlere dayandığı için, bu tür modeller kurulurken örneklem hacmi çok küçük olmamalıdır. Kaba bir ölçü olarak, genellikle 100'den az örneklem hacmi küçük, 100-200 arası örneklem hacmi orta ve 200'den daha fazla örneklem hacmi ise büyük örneklem hacimleri olarak tanımlanabilir. Modelin karmaşıklığına göre örneklem hacmi belirlenir. Literatürde bu konuda çok fazla netlik yoktur. Bazı araştırmacılar 10-15 gösterge değişkeni için 200-400 arası örneklem hacmi kullanılması gerektiğini belirtirken, bazıları örneklem hacminin en az 100-200 arasında olması gerektiğini belirtir. Örneklem hacmi için literatürde çeşitli pratik kurallar vardır. Bunlardan biri, örneklem hacminin modeldeki değişkenlerin sayısından en az 8 kat daha fazla olmasıdır. Bunların yanı sıra, asimptotik kovaryans matrisinin hesaplanması için p değişken sayısı olmak üzere $p(p+1)/2$ gözleme ihtiyaç duyulması gerektiği dikkate alınmalıdır. Örneğin 10 değişken söz konusu olduğunda, en az 55 gözlem değerine ihtiyaç duyulur [Bayram, 2010].

Çoklu Göstergeler

Modelde her bir gizil değişkeni ölçmek için üç veya daha fazla gözlenen değişken (*gösterge*) kullanılmalıdır. Her bir gizil değişken için sadece tek bir gösterge olduğunda regresyon yapısal eşitlik analizinin özel bir durumu olarak ele alınabilir [Bayram, 2010].

Analiz Sonucunun Teorik Modeli Geçici Olarak Doğrulaması

YEM analizi sonucu olumlu çıkarsa bu durum toplanan verilerin teorik modeli geçici olarak doğruladığı anlamına gelir. Aynı verilerle aynı doğruluk oranını veya daha iyisini veren modellerin bulunması muhtemeldir. Veya ikinci bir örnek kütleden

alınan veriler modeli reddedebilir. Dolayısıyla YEM sonucu, aynı diğer istatistik metotlarında olduğu gibi gözlenen (*toplanan*) veriler için doğrudur. Dolayısıyla YEM'de "model kabul edildi" ifadesi yanlıştır, bunun yerine "model reddedilmedi" ifadesi kullanılmalıdır [Ayyıldız ve Cengiz, 2006].

Direkt Olmayan Ölçüm

Genellikle, modeldeki tüm değişkenler gizil değişkenlerdir [Bayram, 2010].

Çoklu Doğrusal Bağlantı

Yapısal eşitlik modellerinde tam çoklu doğrusal bağlantı probleminin olmadığı varsayılır [Bayram, 2010].

Korelasyonsuz Hata Terimleri

Regresyonda olduğu gibi hata terimlerinin korelasyonsuz olduğu varsayılır. Eğer modelde varsa ve araştırmacı tarafından açıkça belirtilmiş ise, yapısal eşitlik modellerinde hata terimleri arasına korelasyon konulabilir [Bayram, 2010].

Doğrusal İlişki

YEM, gözlenen değişkenler ile gizil değişkenler arası ve gizil değişkenlerin kendi arasında doğrusal ilişkiler olduğunu varsayar. Regresyon analizinde olduğu gibi orijinal verilerin üssel ve logaritmik dönüşümlerini modele eklemek mümkündür [Ayyıldız ve Cengiz, 2006]. Bu varsayımın ihlalinde model uyum tahminleri ve standart hatalar yanlı (*bias*) olur, yani robust olmaz [Bayram, 2010].

3.1.5. Yapısal eşitlik modellemesinin adımları

Yapısal eşitlik modellemesindeki 5 ana adım; model belirleme, model tanımlama, model tahmini, model testi ve model modifikasyonu şeklindedir.

Model belirleme

Bu aşamada araştırmacılar, teorik bir modele dayanan modeli formüle ederler. Bu modeller, literatürdeki kuramsal ilişkileri temel alarak, değişkenler arasında hipotezlerin oluşturulduğu modellerdir. Model belirlenmesinde mümkün olan değişkenler ve önceki çalışmalardan oluşan çoktan tahmin edilmiş ilişkiye sahip değişkenler arasındaki nedensel ilişkilerin şekli çizilir [Bayram, 2010].

Model belirleme, yol modellerinde çoklu değişkenler arasındaki ilişkinin hesaplanması için gereklidir. Yol modeli belirleme, araştırmacının tecrübesine ve bu konuda yapılan araştırmalara dayanmaktadır. Araştırma sayısı fazla ise bu durumda araştırmacı, hangi değişkenlerin daha önemli olduğuna veya hangi değişkenler arasındaki ilişkinin önemini vurgulamak istiyorsa modeli o yönde belirler [Akıncı, 2007].

Model tanımlama

Model tanımlanmasında, ilk aşama, veri matrisindeki tüm sayısal değerleri ve ölçülecek parametre sayısını tespit etmektir. Burada bilinmeyen parametrelerin tahmini tek (*uniqe*) midir şeklinde bir sorunun yanıtı aranır. Cevap eğer evet ise, model tanımlanmıştır, hayır ise model eksik tanımlanmıştır. Yapısal modeller aşırı, tam ve eksik tanımlanmış olabilir. Modelde eğer serbestlik derecesi pozitif ise aşırı tanımlanmış model, sıfır ise tam tanımlanmış veya doymuş model, negatif ise eksik tanımlanmış model olarak nitelendirilir [Bayram, 2010].

Model tahmini

Yapısal eşitlik modellemesinde model parametrelerinin tahmininde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Yapısal eşitlik modellemesinde sınanan hipotez aşağıdaki gibidir.

$$H_0 : \sum = \sum(\theta) \tag{3.3}$$

Tahmin süreci $\sum$ ve $\sum(\theta)$ arasındaki farkı minimum kılan uyum fonksiyonuna ihtiyaç duyar. Çeşitli uyum fonksiyonları veya tahmin süreçleri mevcuttur. Diğer bir ifade ile, modeldeki değişkenlerin ölçeklerine ve/veya dağılım özelliklerine göre kullanılabilecek değişik tahmin teknikleri söz konusudur. En yaygın kullanılan tahmin teknikleri ise, maksimum olabilirlik (*maximum likelihood-ML*), genelleştirilmiş en küçük kareler (*generalized least squares-GLS*), ağırlıksız veya olağan en küçük kareler (*unweighted least squares-ULS*), ölçekten bağımsız en küçük kareler (*scale free least squares-SLS*) ve asimptotik olarak dağılımdan bağımsız (*asymptotically distribution-free-ADF*) tahmin yöntemleridir. ML tahmincisinin üç temel varsayımı vardır [Bayram, 2010];

1. Örneklem hacmi büyük olmalıdır.
2. Gösterge değişkenleri en az eşit aralıklı ölçme düzeyinde ölçülmüş sürekli değişkenler olmalı, kesikli, sıralayıcı veya kategorik değişkenler olmamalıdır.
3. Gösterge değişkenleri çok değişkenli normal dağılıma sahip olmalıdır.

Model testi

Model uyum kriteri olarak yapısal eşitlik modellemesinde ilk olarak genel testler düşünülür. Yapısal eşitlik modellemesinde model uyumunun değerlendirilmesinde birden fazla test kriteri söz konusudur. Bu uyum indekslerinin çoğu, *teorik olarak belirtilen modelin kovaryans matrisi* ile örneklem kovaryans matrisinin karşılaştırılmasına dayanır. Bu iki matrisin birbirine benzememesi, yani matrisler arasındaki farkın çok fazla olması, verinin teorik modele uyum sağlamadığını, bu iki matris arasındaki farkın çok az olması ise, verinin teorik modele uyum sağladığını gösterir [Bayram, 2010]. Ayrıca model uyumunun değerlendirilmesinde kullanılan pek çok uyum indeksi vardır ve bunları sınıflamak için çeşitli yollar mevcuttur.

Model modifikasyonu

Yapısal eşitlik modellemesinde, uyum indekslerine ilave olarak, modelin daha iyi uyum vermesi için bir takım değişikliklerin yapılmasını öneren modifikasyon

indeksleri (M.I) de yer almaktadır. Bu indeksler, gözlenen ve gizil değişkenler arasındaki kovaryansa bakarak, daha çok hata matrislerini temel alan ayrıntılı modifikasyonlar önerirler. Bu modifikasyonlar, gözlenen ve gizil değişkenler arasında oluşturulması gerekli yeni bağlantıları, modelden çıkarılması gerekli değişkenleri ve değişkenler arasında eklenmesi uygun görülen hata kovaryanslarına kadar çok sayıda parametreyi içerirler [Bayram, 2010].

3.1.6. Model uyumunun değerlendirilmesi

Yapısal eşitlik modeli tanımlandıktan ve parametreler tahmin edildikten sonra modelin veriye uygun olup olmadığı ve modeldeki ilişkilerin anlamlılığı araştırılır. Modelin elde edilen veriyi ne kadar iyi açıkladığı uyum iyiliği indeksleri ile belirlenir. Uyum iyiliği testleri modelin kabul ve reddedilme kararının verildiği aşamadır [Aydın, 2010].

Eğer modelin tamamı uyum iyiliği testleri sonucunda reddedilirse model içindeki katsayıların veya parametrelerin bir önemi kalmaz ve bunlar değerlendirilmez. Öncelikle bir modelin tamamının kabul edilmesi gerekir, bunun ardından katsayıların anlamlılığı irdelenebilir. LISREL programı 15 adet ve AMOS programı ise 25 adet uyum iyiliği testine yer vermektedir. Genelde bu uyum iyiliği indekslerinden en az 4 en fazla 8 tanesi model açıklanırken kullanılır. En çok kullanılan kriterler ki-kare, GFI, NFI, CFI, NNFI (TLI), SRMR, AGFI, RMSEA'dır. Burada genel kabul görmüş bir yaklaşım vardır ki, o da testlerin hepsini veya çoğunu kullanmanın doğru bir yaklaşım olmadığıdır. Uyum iyiliği testlerinin yüksek çıkması ve modelin kabul edilmesi modeldeki değişkenler arasındaki ilişkilerin kuvvetli olduğu anlamına gelmez. Tam tersine değişkenler arasındaki korelasyonların düşük olması modelin daha iyi uyum sağlamasına neden olacaktır (diğer taraftan korelasyonların düşük olması değişkenler arası yol katsayısının düşük değerde olmasına neden olacaktır). Bundan dolayı uyum iyiliği testlerinden sonra parametrelerin incelenmesine dikkat edilmelidir [Ayyıldız ve Cengiz, 2006].

Modelin uygunluğunun sınanmasında kullanılan en yaygın istatistik ki-kare istatistiğidir.

Ki-Kare indeksi

Orijinal değişken matrisinin varsayılan matristen farklı olup olmadığını test eder. Bu test regresyon katsayılarının işaretine ve anlamlılık düzeyine bakar ve modelin ayrı ayrı parçaları hakkında bilgi verir. Aynı zamanda bu testle modelin tamamının doğruluğu da ölçülebilir. Bu testte normal ki kare testinin tersi olarak ki kare değerinin mümkün olduğunca düşük olması arzulanır [Ayyıldız ve Cengiz, 2006].

Çoğu paket program başlangıçta en genel uyum istatistiği olan ki-kare uyum iyiliği testini verir. Bu test en basit anlamıyla örneğe ait kovaryans matrisi ile modele ilişkin tahmini kovaryans matrisi arasındaki uyum değerinin, kullanılan veri sayısının 1 eksiği ile çapılmasından elde edilir. Elde edilen sonuç ki-kare dağılımı olarak hesaplanır. Eğer veri ile model arasındaki uyum mükemmel ise elde edilen değerin "0"a yakın olması beklenir. Aynı zamanda ki-kare değerlerinin büyüklüğü de uyumun kötü olduğuna işarettir. Bu yüzden ki-kare testine "uyum kötülüğü" testi (badness of fit)" de denir [Tezcan,2008].

Aşağıda belirtilen nedenlerden dolayı ki-kare testi tek başına bir modelin kabulü veya reddinde kullanılmaz [Ayyıldız ve Cengiz, 2006];

- Model ne kadar karmaşık olursa ki-kare değeri de o kadar uygun çıkar. Modelin karmaşıklığı ise YEM'de istenmeyen bir durumdur,
- Örnek büyüklüğünün fazla olduğu durumlarda büyük ihtimalle ki-kare modelin reddine karar verecektir. Büyük örnek hacminde gözlenen model ile mükemmel uyum sağlayan tahmini model arasındaki en ufak bir farklılık bile anlamlı çıkacaktır. Bu da doğru olma ihtimali olan bir modelin reddine neden olacaktır.
- Ki-kare uyum indeksi çoklu doğrusal normallik varsayımının ihlaline karşı aşırı duyarlıdır. Bu varsayımın ihlal edildiği durumlarda araştırmacılar Storra Bentler Chi Square endeksini kullanmalıdırlar.

RMSEA (Yaklaşık hataların ortalama karekökü)

RMSEA değerinin 0.05'ten küçük veya eşit olması iyi bir uyumu, 0.05 ile 0.08 arasında olması yeterli bir uyumu, 0.08 ile 1 arasında olması ise vasat denilebilecek bir uyumu göstermektedir. RMSEA ana kütledeki yaklaşık uyumun bir ölçümüdür denilebilir.

SRMR (Standartlaştırılmış hata kareleri ortalamasının karekökü)

SRMR değeri 0'a yaklaştıkça modelin uyum iyiliği artar. Model, 0.05'den düşük bir SRMR değeri almışsa iyi uyum, 0.05 ile 0.10 arasında bir SRMR değeri almışsa kabul edilebilir uyum içerisindedir [Aydın, 2010].
Çok sayıda uyum ve anlamlılık testi geliştirilmiştir. Bunlara genel olarak uyum iyiliği indeksi ismi verilmiştir. Mutlak uyum indekslerinin başında GFI ve AGFI gelmektedir [Tezcan, 2008].

GFI (Uyum iyiliği indeksi)

GFI, varsayılan modelce hesaplanan gözlenen değişkenler arasındaki genel kovaryans miktarını gösterir. Regresyon analizindeki R2 gibi açıklanabilir. Örnek hacminin çok olması GFI değerini yükselterek doğru sonuç alınmasını önleyebilir. GFI değeri 0 ile 1 arasında değişir. GFI'nın 0.90'ı aşması iyi bir model göstergesi olarak alınmaktadır. [Ayyıldız ve Cengiz, 2006].

AGFI (Düzeltilmiş uyum iyiliği indeksi)

Örnekleme sayısı dikkate alınarak düzeltilmiş olan bir GFI değeridir. Örnekleme sayısının özellikle büyük olduğu durumlarda AGFI daha temsili bir uyum indeksidir. AGFI değeri 0-1 arasındadır. Bu değer 1'e ne kadar yaklaşırsa model uyumu o kadar iyi olur [Aydın, 2010].

Artışlı uyum indeksleri, modelin uyumunu ya da yeterliliğini genellikle bağımsızlık modeli olarak adlandırılan ve değişkenler arasında hiçbir ilişkinin olmadığını varsayan temel bir modelle karşılaştırarak verir [Tezcan, 2008].

CFI (Karşılaştırmalı uyum indeksi)

Mevcut modelin uyumu ile gizil değişkenler arası korelasyonu ve kovaryansı yok sayan sıfır hipotez modelinin uyumunu karşılaştırır. Bir başka ifadeyle, model tarafından tahmin edilen kovaryans matrisi ile sıfır hipotezli modelin kovaryans matrisini karşılaştırır [Ayyıldız ve Cengiz, 2006]. CFI 0 ile 1 arasında değerler alır ve yüksek değer iyi uyumun göstergesidir. Eğer aldığı değer 0.95'ten daha büyük ise kabul edilebilir bir uyum söz konusudur.

NFI (Normlaştırılmış uyum indeksi)

CFI'a alternatif olarak Bentler ve Bonett tarafından geliştirilmiştir. Örnekleme sayısı ile pozitif ilişkilidir. Bu indeks varsayılan modelin temel ya da sıfır hipoteziyle olan uygunluğunu araştırır. 0-1 arasında değişen değerler alır. 0.95 ile 1 arasında NFI değerine sahip bir modelin iyi uyum içinde olduğu, 0.90 ile 0.95 arasında NFI değerine sahip bir modelin kabul edilebilir uyum içinde olduğu söylenebilir [Aydın, 2010].

NFI'nın dezavantajı örnek sayısından etkilenmesidir. Modeldeki parametre sayısının artmasıyla doğru orantılı olarak artar. Bu da doğru olmayan bir modelin kabulüyle sonuçlanabilir [Ayyıldız ve Cengiz, 2006].

NNFI (TLI) (Normlaştırılmamış uyum indeksi)

Bu indeks Tucker ve Lewis tarafından bulunmuştur. Bu yüzden Tucker-Lewis indeks olarak da bilinir. Bu indeks örnek sayısının artmasından etkilenmemektedir. Her ne

kadar normallik varsayımından hareket ediyor olsa da, NNFI genel olarak 0-1 aralığında olmakla birlikte, bazen bu aralığın dışına çıkabilir [Şehribanoğlu, 2005]. 0.97 ile 1 arasında NNFI değerine sahip bir modelin iyi uyum içinde olduğu, 0.95 ile 0.97 arasında NNFI değerine sahip bir modelin kabul edilebilir uyum içinde olduğu söylenebilir [Aydın, 2010].

PGFI(Tutarlı uyum iyiliği indeksi) ve PNFI (Tutarlı normlaştırılmış uyum indeksi)

PGFI ve PNFI, GFI ve NFI'nın değiştirilmiş halleridir. PGFI ve PNFI'nın her ikisi de 0-1 aralığında değerler almaktadır. Burada yüksek değerler daha iyi bir uyum elde edildiğini göstermektedir.

Çizelge 3.1'de YEM'de kullanılan standart uyum iyiliği ölçütleri özetlenmiştir. Bu uyum indekslerinin yanında Akaike Bilgi Kriteri, Tutarlı Akaike Bilgi Kriteri, Bayes Bilgi Kriteri gibi birçok bilgi kriterine dayanan uyum indeksleri de vardır [Bayram, 2010].

Çizelge 3.1. Uyum iyiliği ölçütleri [Schermelleh-Engel ve ark., 2003]

Uyum Ölçüleri	İyi Uyum	Kabul Edilebilir Uyum
χ^2	$0 \leq \chi^2 \leq 2sd$	$2sd < \chi^2 \leq 3sd$
p değeri	$.05 < p \leq 1.00$	$.01 \leq p \leq .05$
χ^2/sd	$0 \leq \chi^2/sd \leq 2$	$2 < \chi^2/sd \leq 3$
RMSEA	$0 \leq RMSEA \leq .05$	$.05 < RMSEA \leq .08$
SRMR	$0 \leq SRMR \leq .05$	$.05 < SRMR \leq .10$
NFI	$.95 \leq NFI \leq 1.00$	$.90 \leq NFI < .95$
NNFI	$.97 \leq NNFI \leq 1.00$	$.95 \leq NNFI < .97$
CFI	$.97 \leq CFI \leq 1.00$	$.95 \leq CFI < .97$
GFI	$.95 \leq GFI \leq 1.00$	$.90 \leq GFI < .95$
AGFI	$.90 \leq AGFI \leq 1.00$	$.85 \leq AGFI < .90$

3.1.7. Literatür araştırması

Yapısal Eşitlik Modellemesinin kullanımına ilişkin literatürde pek çok alanda çalışma mevcuttur. Örnek olarak son yıllara ilişkin birkaç çalışmaya yer verilmiştir.

Granada şehri için şehir imajının modellenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada şehir imajı kavramının çok boyutlu bir yapısının olduğunu, yalnızca kentsel yönünün olmadığını ileri sürerek çalışmalarında şehir imajı üzerinde etkisi olabilecek diğer boyutları da tanımlamışlar ve bu boyutların şehir imajı üzerindeki etkisini niceliksel olarak araştırmak için YEM kullanmışlardır [Martinez ve ark., 2007].

Halk taşımacılığında müşteri memnuniyetini değerlendirmek amacıyla YEM kullanılmıştır. Calabria Üniversitesi öğrencilerini Cosenza kırsal alanında kampüse taşıma hizmeti analiz edilmiştir. Önerilen model, taşıma şirketlerine, planlamacılara hem servis kalitesi özellikleri arasındaki korelasyonları analiz etmek hem de servisin geliştirilmesi için daha uygun özellikleri tespit etmek için faydalı olmuştur [Eboli ve Mazulla, 2007].

Gidilecek yer imajı, turist özelliği, toplam tatmin ve gidilecek yer bağlılığı arasındaki ilişkileri YEM ile inceleyerek gidilecek yer bağlılığını anlamak amacıyla entegre bir yaklaşım önerilmiştir. Çalışmada, 7 adet modelin geliştirildiği bir araştırma modeli sunulmuştur [Chi ve Qu, 2008].

Potansiyel geçiş pazarlarını tanımlamak ve taşınan yolcu sayısını artırmak için kapsamlı bir yaklaşımda YEM kullanılmıştır. Eş zamanlı olarak YEM ile yolcuların davranışları, seyahat davranışları ve yolcuların sosyo-ekonomik profilleri arasındaki günlük ilişkiler tanımlanmıştır [Shiftan ve ark., 2008].

YEM ile marka sadakatine etki eden unsurları belirlemeye yönelik yapılan çalışmada; marka sadakati, güven, müşteri memnuniyeti, algılanan ürün değeri, algılanan kalite, müşteri beklentileri ve marka imajı gizil değişkenleri için ölçme modeli kurulmuştur. Daha sonra bu gizil değişkenler arasındaki ilişkiler belirlenmiş ve Türkiye'de cep telefonu cihazı pazarında, cep telefonu markaları için bir marka sadakati modeli oluşturulmuştur. 770 cep telefonu kullanıcısına (üniversite

öğrencisine) anket uygulanarak, kurulan hipotezler analiz edilmiştir [Şimşek ve Noyan, 2009].
Üniversite öğrencilerinin ekolojik gıda ürünü satın alma davranışına çevresel duyarlılık ile çevresel tutum ve davranışların etkisi YEM ile araştırılmıştır [Yılmaz ve ark, 2009b].

Bireylerin internet bankacılığını benimsemesini etkileyen faktörlerin YEM ile belirlenmesi çalışması yapılmıştır. Çalışma kapsamında, araştırma modeli çerçevesinde 6 hipotez geliştirilmiştir. Veri toplamak için anket formu hazırlanmış ve 8 ilde uygulanmıştır. Elde edilen veriler YEM ile analiz edilmiştir [Ustasüleyman ve Eyüboğlu, 2010].

Çin'de talep hacmi ve talep kalitesini içeren şehir lojistik talebi ve bunları etkileyen ekonomik faktörler arasındaki ilişkileri araştırmak ve birbirleri üzerindeki direkt ve endirekt etkilerini ortaya koymak üzere kavramsal bir YEM önerilmiştir [Cui ve ark., 2010].

Bursa ilinde, dayanıklı tüketim malları sektöründe yer alan yabancı bir işletme markası için, tüketici temelli marka değeri ve boyutlarının ilişkisi YEM ile araştırılmıştır [Taşkın ve Akat, 2010].

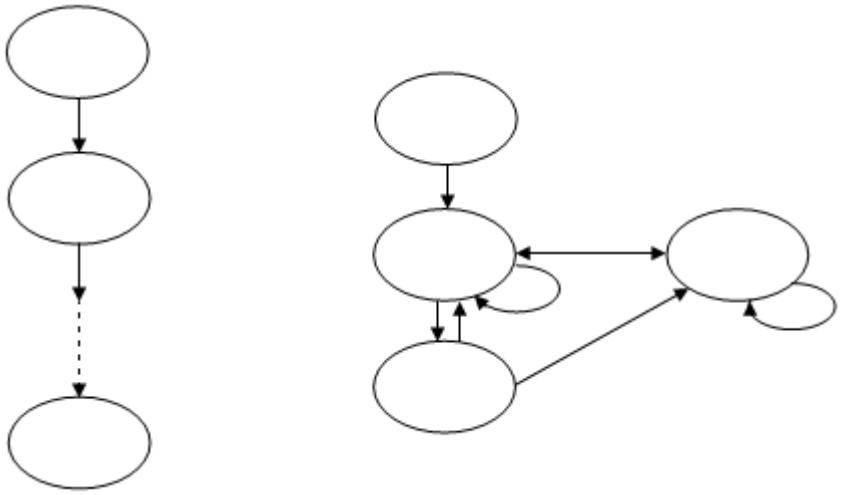
Sağlık sektöründe hizmet veren hastanelerde hizmet değerinin müşterilerin gelecekteki davranışları üzerindeki etkisinin ölçülmesine yönelik Cronin ve ark. (2000) tarafından ortaya konan modelin bir parçasını içeren çalışmada; kayıp, hizmet değeri ve davranışsal niyet değişkenlerinden oluşan yapısal eşitlik modeli oluşturulmuştur ve araştırma modeli sağlık sektörüne uygulanmıştır [Yücenur ve ark., 2011].

3.2. Analitik Ağ Süreci

Birçok karar problemi hiyerarşik bir biçimde yapılandırılamaz, çünkü problemde üst seviyedeki elemanların alt seviyedeki elemanlarla etkileşimleri ve karşılıklı

bağımlılıkları söz konusudur. Hiyerarşik düzende olduğu gibi yalnızca ölçütlerin önemlerine göre seçeneklerin önemleri belirlenmez, seçeneklerin önemlerine göre ölçütlerin önemleri de belirlenebilir [Saaty ve Vargas, 2006].

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yaklaşımının daha genel bir şekli olan, karar verme ölçütleri arasında ve kendi içlerinde geri besleme ve bağımlılığa olanak tanıyan, dolayısıyla karmaşık karar çevrelerinin daha doğru bir şekilde modellenebildiği bir yaklaşımdır [Keçeci, 2006]. Analitik Hiyerarşi Süreci ile Analitik Ağ Süreci arasındaki yapısal farkı Şekil 3.10 göstermektedir.

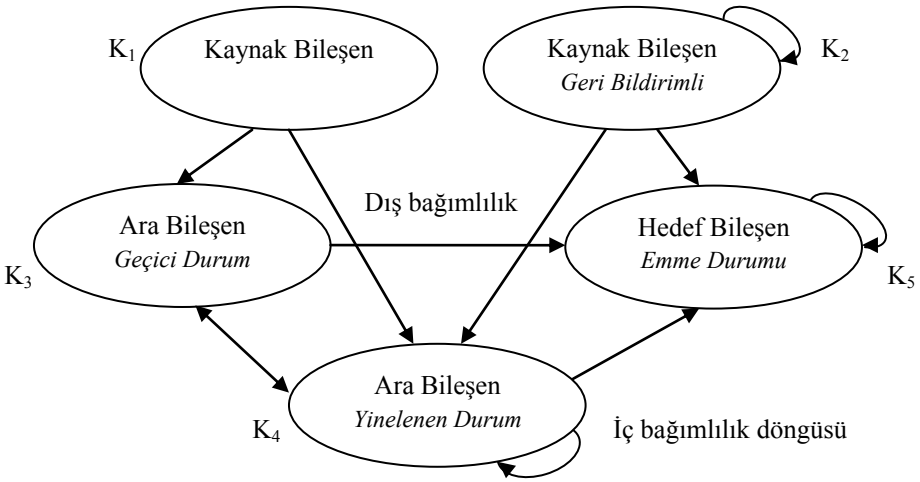


(a) (b)

Şekil 3.10. Bir ağ ile bir hiyerarşi arasındaki yapısal fark: (a) hiyerarşi, (b) ağ [Dağdeviren ve ark., 2005b]

Analitik Ağ Süreci (AAS); karar verme sistemindeki her türlü etkileşimi, bağımlılığı ve geri bildirimi model içine katarak, bütün ilişkileri sistematik biçimde değerlendirmeye olanak sağlar. Yöntem sadece belirli ana kriterler altındaki alt kriterlerin ikili karşılaştırmalarını değil, birbiri ile etkileşimde olan tüm alt kriterlerin bağımsız olarak karşılaştırılabilmesine imkân sağlar [Görener, 2009].

AAS; üst seviye elemanların alt seviye elemanlarından ve belli seviyedeki elemanların birbirlerine bağımsız oldukları varsayımını yapmaksızın verilecek kararlar ile ilgili bizlere genel bir çerçeve sunmaktadır [Saaty, 1999].



Şekil 3.11. Bir ağ yapısındaki bağlantılar [Saaty, 1999]

Bir ağ yapısında üç tür bileşen bulunabilir. Bunlar kaynak bileşen, ara bileşen ve hedef bileşendir. Şekil 3.11'de kaynak bileşenlerine (K_1 ve K_2) hiç bir ok girmemekte ve hedef bileşeninden (K_5) hiçbir ok çıkmamaktadır. Sonuç olarak hem giren hem de çıkan oklar ara bileşenlere (K_3 ve K_4) aittir [Saaty, 1999]. Burada K_2, K_4 ve K_5 bileşenlerinde iç bağımlılık durumu söz konusudur.

AAS'de de ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması ve faktör ve alt faktörlerin göreceli önemlerinin belirlenmesinde AHS'de olduğu gibi Saaty tarafından önerilen ve Çizelge 3.2'de verilen 1-9 önem skalası kullanılmaktadır.

Çizelge 3.2. Önem skala tablosu [Saaty, 1980]

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	İki faaliyet de amaca eşit düzeyde katkıda bulunur
3	Orta derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine karşı biraz üstün kılmaktadır.

Çizelge 3.2. (Devam) Önem skala tablosu [Saaty, 1980]

5	Kuvvetli derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine karşı oldukça üstün kılmaktadır.
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir faaliyet güçlü bir şekilde tercih edilir ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görülür.
9	Kesin önemli	Bir faaliyetin diğerine tercih edilmesinde kanıtlar çok büyük bir güvenilirliğe sahiptir.
2, 4, 6, 8	Ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılan iki ardışık yargı arasındaki değerler
	Kesirli değerler	Matriste tutarlılık oluşturulmak istendiğinde kullanılır.

3.2.1. Süpermatris

Süpermatrisin genel yapısı markov zincirine benzemektedir. Bir kontrol kriteri ele alınır ve bu kontrol kriterine göre sistemin öğeleri arasında ikili karşılaştırma matrisleri Saaty 1-9 skalasına göre oluşturulur [Aytürk, 2006]. Bir süpermatris aşağıdaki gibi üç seviyeden oluşur, burada w_{21} hedefe göre faktör önceliklerini gösteren bir vektör, W_{32} faktörler temelinde alternatif önceliklerini gösteren bir matris, I ise birim matrisi göstermektedir [Dağdeviren ve ark., 2005a]. Bu durum Eş. 3.4'de ifade edilmiştir.

$$W= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ w21 & 0 & 0 \\ 0 & W32 & I \end{bmatrix} \tag{3.4}$$

Bir bileşendeki elemanların hiçbiri başka bir bileşenin elemanlarını etkilemiyorsa bu durum süpermatrisin ilgili yerlerine sıfır değerleri yazılarak gösterilir. Süpermatriste

ağdaki bütün bileşenler yatayda ve dikeyde sırayla dizilmiş bulunmaktadırlar [Göze, 2008]. Öğeleri arasında karşılıklı etkileşim bulunan bir sistemde global önceliklerin elde edilmesi için, lokal öncelik vektörleri (özvektörler) süpermatris olarak bilinen bir matrisin kolonlarına tahsis edilerek yazılır [Dağdeviren ve ark., 2005a].

N adet bileşeni olan bir karar ağını inceleyecek olursak, h= 1,….,N için karar bileşenleri C_h olarak gösterilmiştir. C_h bileşeni n_h adet elemandan oluşmaktadır ve bunlar e_{h1}, e_{h1},……,e_{hnh} şeklinde ifade edilmiştir [Saaty ve Vargas, 2006]. Bu yapı Eş. 3.5 [Saaty ve Vargas, 2006]'de gösterilmiştir. Burada W_{ij}, j grubundaki öğelerle i grubundaki öğelerin etkileşiminin temel özvektörünü gösterir yani ikili karşılaştırmalar sonucu elde edilen matrislerin özdeğer vektörleridir ve eğer, $W_{ij} = 0$ ise j'nin i üzerinde herhangi bir etkisi yoktur denilir.

$$
W = \begin{array}{c} \\ C_1 \\ \\ \\ \\ C_2 \\ \\ \\ \vdots \\ \\ C_N \\ \\ \end{array}
\begin{array}{c}
\begin{array}{cccccccccccc} C_1 & & & & C_2 & & & & \cdots & C_N & & \end{array} \\
\begin{array}{cccccccccccc} e_{11} & e_{12} & \cdots & e_{1n_1} & e_{21} & e_{22} & \cdots & e_{2n_2} & & e_{N1} & e_{N2} & \cdots & e_{Nn_N} \end{array} \\
\begin{pmatrix}
W_{11} & & & W_{12} & & & \cdots & W_{1N} \\
W_{21} & & & W_{22} & & & \cdots & W_{2N} \\
\vdots & & & \vdots & & & \ddots & \vdots \\
W_{N1} & & & W_{N2} & & & \cdots & W_{NN}
\end{pmatrix}
\end{array}
\begin{array}{l} \\ e_{11} \\ e_{12} \\ \vdots \\ e_{1n_1} \\ e_{21} \\ e_{22} \\ \vdots \\ e_{2n_2} \\ \vdots \\ e_{N1} \\ e_{N2} \\ \vdots \\ e_{Nn_N} \end{array}
\tag{3.5}
$$

Elde edilen süpermatris ağırlıklandırılmamış süpermatristir. Bu matristeki elemanların bileşenlerin amaca göre karşılaştırılmasından elde edilen özvektörle çarpılmasıyla ve bu matrisin her elemanının sütun toplamına bölünmesiyle elde edilen yeni matrise ise ağırlıklandırılmış süpermatris denilmektedir. Ağırlıklandırılmış süpermatris aynı zamanda stokastiktir ve stokastik süpermatrisi

oldukça oldukça büyük kuvvetlere yükselterek limit süpermatris ($\lim_{k\to\infty} W^k$) elde edilir. Ağı oluşturan elemanların birbirlerine göre olan yerel öncelik değerlerinden bütün ağ için olan genel (global) öncelik değerlerinin elde edilebilmesi için limit süpermatris kavramı ortaya konmuştur [Göze, 2008].

Limit süpermatrisin bütün sütunları aynıdır ve ve *w* ağırlık vektörünü verir. Vektörün bileşenleri her bir elemanın (alt kriterin) etki önceliğini ağırlığını verir [Aslan, 2005].

3.2.2. Kontrol hiyerarşisi

Kontrol hiyerarşisi, AAS'de sorun yapılandırma aşamasında kullanılan araçlardan biridir. AAS farklı kategorideki ölçütleri değerlendirmek için bir kontrol ağı veya kontrol hiyerarşisi kullanır. Böylece, karlar, fırsatlar, maliyetler ve riskler analiz edilebilir [Saaty, 1999]. Ayrıca kontrol hiyerarşileri incelenen karar sorununun, temel unsurlarının ötesindeki faktörlerin karara katılmasını sağlar [Göze, 2008].

Kontrol hiyerarşisi, üzerinde çalışılan sistemin amacına yönelik üstünlüklerin türetildiği, kriterler ve alt kriterlerden oluşan bir hiyerarşidir [Saaty, 1999]. Diğer bir ifadeyle, kontrol hiyerarşisi, sistem içindeki önceliklerin analizinin yapılması için gerekli üst yapıdır. Kontrol hiyerarşisi içindeki kriterler sistemin içindeki öğelerin karşılaştırılabilmesi için gereklidir. Bir ya da birden fazla olabilir. Öğelerin karşılaştırılması için kullanılan kontrol kriteri öğelerden daha genel olmalıdır [Alatepe, 2004].

İki tip kontrol kriteri (altkriter) vardır. Eğer yapı hiyerarşik ise, bir kontrol kriteri hiyerarşinin amacı olarak yapıya direkt bağlanabilir. Bu durumda kontrol kriteri "*bağlantı kriteri*" olarak adlandırılır. Diğer durumda bir kontrol kriteri direkt olarak yapıya bağlanmıyor fakat karşılaştırma yapılmasına sebebiyet vermektedir bu yüzden bu kontrol kriteri "*neden olma kriteri*" olarak adlandırılmaktadır [Saaty ve Vargas, 2006].

Kontrol hiyerarşisinde ana kriterler sorun ağındaki bileşenleri, kontrol hiyerarşisinin alt kriterleri ise bileşenlerin elemanlarını karşılaştırmak için kullanılır. Ağ yapısındaki bileşenler fonksiyonel olarak daha karmaşık olduklarından, bileşenlerin görece karşılaştırıldığı kontrol hiyerarşisi kriterleri, elemanların görece karşılaştırıldığı alt kriterlere göre daha genel kavramlar olmalıdırlar. Bazı durumlarda kolaylık olması açısından, bileşenler ve elemanlar arasındaki etkileşimler aynı kontrol kriterine göre karşılaştırılmaktadır. Bunu yapmaktaki amaç süreç için harcanan çabayı azaltmak olsa dahi temel bileşenleri kontrol kriterine göre ve bileşenlerin elemanlarını da kontrol kriterlerinin alt kriterlerine göre karşılaştırmak daha anlamlıdır. Aksi halde ikili karşılaştırmalar yapılırken cevaplanması zor sorularla karşılaşılabilir [Pamukçu, 2004].

3.2.3. Analitik ağ süreci adımları

AAS aşağıdaki gibi üç adımı içerecek şekilde tanımlanabilir [Shyur, 2006].

Adım 1

Kriterler arasında bağımlılık olmadığı varsayımı ile karar vericiler tüm önerilen kriter çiftleri için "*hangi kriterin daha fazla vurgulanması gerektiği ve diğerine göre ne kadar önemli olduğu*" sorusunu yanıtlarlar. Cevaplar Saaty 1-9 skalasına göre sayısal olarak verilir. Her bir kriter çifti yalnızca bir kez yargılanır. Ters (*reciprocal*) değerler direkt olarak, karşıt karşılaştırma için atanacaktır. İkili karşılaştırmalar tamamlandığı zaman yerel ağırlık vektörü w_1, tek çözüm (*unique solution*) olarak hesaplanır;

$$Aw_1 = \lambda_{max}\, w_1 \tag{3.6}$$

λ_{max} ikili karşılaştırma matrisi A'nın en büyük özdeğeridir. Normalize yerel ağırlık vektörünü (w_1) bulmak için her değer bulunduğu sütunun toplam değerine bölünür.

Adım 2

Bu adımda, değerlendirme kriteri arasında var olan bağımlılık etkilerinin analizi yapılır. Karar vericiler, bütün kriterlerin birbirleri üzerindeki etkilerini ikili karşılaştırmaları kullanarak incelerler. "*hangi kriter, kriter 1'i ne kadar fazla etkileyecektir: kriter 2 veya kriter 3*? " gibi sorular cevaplanır. Çeşitli karşılaştırma matrisleri her bir değerlendirme kriteri için oluşturulur. Bu karşılaştırma matrisleri, kriter bağımlılık ilişkilerinin göreceli etkilerini tanımlamak için gereklidir. Bu matrisler için normalize edilmiş temel özvektörler hesaplanır ve kriterlerin bağımlılık matrisinde (B) sütun bileşeni olarak gösterilir. Eğer bir kriterin diğeri üzerinde bir etkisi yoksa matriste ilgili yere sıfır atanır.

Adım 3

Önceki iki adımdaki sonuçların senteziyle kriterlerin bağımlılık ağırlıkları elde edilir;

$$w_c = B\ w_2^T \tag{3.7}$$

3.2.4. Literatür araştırması

Analitik Ağ Sürecinin de literatürde çeşitli amaçlar için kullanıldığı oldukça fazla çalışması mevcuttur. Örnek olarak son yıllarda yapılmış birkaç çalışmaya yer verilmiştir.

Personel seçimine ilişkin AAS kullanılmıştır [Dağdeviren ve Yüksel, 2007]. Bir elektronik firmasında tedarikçi seçimine ilişkin yapılan çalışmada AAS kullanılmıştır [Gencer ve Gürpinar, 2007]. Teknoloji elde etme şeklinin seçimi için AAS kullanılmıştır. Bu amaçla 21 tane alt kriter belirlermiş ve bu alt kriterler yetenek, strateji, teknoloji, pazar ve çevre şeklinde 5 gruba ayrılmıştır [Lee ve ark., 2009].

İmalat endüstrisinde faaliyet gösteren bir firmada tedarikçi seçim problemi incelenmiştir. Problem, AAS kullanılarak ele alınmış ve alternatif tedarikçiler için

öncelik değerleri hesaplanmıştır. Çalışmada tedarikçi seçim probleminin karmaşık yapısı, geri bildirimler, karşılıklı etkileşimler ve çok fazla kriter içermesi nedeniyle, problemin çözümünde etkili ve gerçekçi çözüm yöntemi olan AAS yöntemi kullanılmıştır. Belirtilen yöntem kullanılarak üç farklı alternatif tedarikçi firma değerlendirilmiş ve en iyi alternatif seçilmiştir [Görener, 2009].

Türkiye'de bölgelerin kadın işgücünü arttırma konusunda potansiyel güçlerine göre sıralanması için AAS kullanılmıştır [Parlaktuna ve Sarıçiçek, 2010].

Analitik Ağ Süreci kullanılarak Türkiye'deki beyaz eşya sektöründe yer alan üç büyük firmanın pazar payları tahmin edilmeye çalışılmıştır. Karar modelinin geçerliliği için, tahmin edilen pazar payı değerleri gerçekleşen değerlerle karşılaştırılmıştır [Alptekin, 2010].

Gıda ve içecek sanayinde faaliyet gösteren bir endüstri işletmesinde derecelendirmeye ilişkin bir uygulama yapılmıştır. Uygulama da kullanılan kriter ağırlıklarının belirlenmesinde AAS kullanılmıştır [Meydan, 2010].

Bir dondurulmuş gıda üreticisi firmada ürünü etkileyen ana bileşenlerin arasındaki ilişkileri ortaya koyabilmek amacıyla bilişsel haritalamadan yararlanılmış ve bu harita yardımıyla AAS yapısı oluşturulmuştur. Bu yapıya uygun olarak da bileşenlerin önem düzeyleri hesaplanmıştır [Özdağoğlu, 2010].

Üniversitelerde strateji yapılandırma sürecindeki karar vericilere destek sağlamak üzere Üniversite Dinamik Entegre Strateji Modeli (ÜDESM) olarak da adlandırılan yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu amaçla ÜDESM, dinamik SWOT analizi ile bütünleşik AAS yöntemi kullanılmıştır [Çelik ve Murat, 2010].

En uygun geleneksel olmayan talaşlı imalat sürecini seçmede belirlenen kriterler arasındaki geribildirim ve iç bağımlılık ilişkileri dikkate alınarak Analitik Ağ Süreci tabanlı bir yaklaşım önerilmiştir [Das ve Chakraborty, 2011].

4. ÖNERİLEN MODEL

Bu bölümde, önceki bölümde anlatılmış olan YEM ve AAS yöntemlerinin entegrasyonuyla bütünleşik yeni bir model önerilmiştir. AAS'de faktörler arası bağımlılıkların belirlenmesi karar verme sürecinin kritik evrelerinden biridir ve bu ilişkilerin belirlenmesi tamamen karar vericinin bilgi, tecrübe ve deneyimlerine dayalıdır. Önerilen modelde, faktörler arası bağımlılıkların belirlenmesi için YEM kullanılmıştır. Önerilen model 15 adımdan oluşmaktadır ve modele ilişkin adımlar ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır.

Adım 1: Araştırılacak probleme ait tüm faktörlerin belirlenmesi

Öncelikle araştırmak istediğimiz probleme ait tüm faktörler, herhangi bir alt grup ya da üst grup oluşturmadan belirlenir.

Adım 2: Evren, örneklem ve örneklem hacminin belirlenmesi

Bu adımda, anketin uygulanacağı amaca en uygun evren ve örneklem belirlenir ve yukarıda belirtilmiş olan varsayımlardan biri seçilerek en uygun örneklem hacmine karar verilir.

Adım 3: Verilerin elde edilmesi

YEM'de kullanılan temel istatistik kovaryanstır. Kovaryans yapı matrisi ile modeli ele alan çok değişkenli istatistiksel bir tekniktir [Bayram, 2010]. YEM'de bu ilişkileri ortaya koymak için faktörlerin ölçülmesi gerekmektedir.

Bu faktörlerin ölçülebilmesi için hazırlanan anket ilgili örnekleme uygulanarak veriler toplanır. Burada anket sorularının anlaşılabilir ve kısa olmasına özen gösterilmesi gerekmektedir.

Adım 4: Verilerin normal dağılıma uygunluğunun test edilmesi

Analize geçmeden önce verilerin normal dağılıma uyup uymadıkları araştırılır, bunun için verilerin çarpıklık ve basıklık değerlerinin %5 güven aralığı için istatistik değer aralığının ±2.58, %1 güven aralığı için de istatistik değer aralığının ±1.96 olması beklenir [Yücenur ve ark., 2011].

Adım 5: Faktör gruplarının (*ana faktörlerin*) belirlenmesi ve geçerlilik, güvenilirlik analizlerinin yapılması

Bu adımda öncelikle ölçekte yer alan değişkenleri belirlemek amacıyla AFA uygulanır. Yapı geçerliliğini ortaya koymanın çeşitli yolları vardır, bunlardan biri de faktör analizidir [Yener, 2007]. Faktör analizi denildiğinde açıklayıcı faktör analizi akla gelir.

Faktör analizi, çok sayıdaki değişken arasındaki ilişkilere dayanarak, değişkenlerin daha anlamlı, kolay, anlaşılır ve özet biçiminde yorumlanmasını sağlayan çok boyutlu bir yöntemdir [Albayrak, 2006]. Yani faktör analizinde aralarında yüksek korelasyon olan değişkenler setinin bir araya getirilmesi suretiyle faktör adı verilen genel değişkenlerin (*Faktörler*) oluşturulması söz konusudur. Burada amaç; değişken sayısını azaltmak ve değişkenler arası ilişkilerdeki yapıyı ortaya çıkarmaktır başka bir ifade ile değişkenleri sınıflandırmaktır [Kalaycı ve ark., 2008]. Faktör analizine geçmeden önce örneklem uygunluğunun test edilmesi gerekmektedir. Bunun için Bartlett Sphericity ve Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) testleri yapılır. Verilerin faktör analizine uygunlugu için KMO 0,50'den yüksek ve Bartlett testinin anlamlı çıkması gerekmektedir [Kalaycı ve ark., 2008]. Daha sonra yapılan döndürme tekniği sonucu çıkan faktör yükleri incelenir ve 0,50 altındaki faktör yüküne sahip faktörler modelden çıkarılır. 350 ve üzerindeki veri (gözlem) sayısı için faktör ağırlığının .30 ve üzerinde olması gerekir, 0,50 ve üzerindeki ağırlıklar ise oldukça iyi olarak kabul edilir [Kalaycı ve ark., 2008]. Daha sonra analize dahil edilen faktörlerin güvenilirlik analizine geçilir. Güvenilirlik katsayısının (*Cronbach Alfa Katsayısı*) 0,70'den büyük olması güvenilirliğin bir göstergesidir [Eroğlu, 2004]. Ayrıca faktörlerin toplam

açıklanan varyans oranlarına bakılır ve 0,50 ve üzeri olan toplam açıklanan varyans oranı geçerlilik için iyi bir oran olarak kabul edilmektedir [Kurtuluş ve Okumuş, 2006].

Adım 6: Doğrulayıcı faktör analizinin yapılması (*Ölçüm Modeli*)

Bir önceki adımda yapılan faktör analizi sonucunda ortaya çıkan faktör yapısıyla ilgili olarak belirlenen ölçeklere ilişkin doğrulayıcı faktör analizi çalışması yapılır ve her bir gizil değişkene ait ilgili değişkenlerin gerçekten bağlı oldukları gizil değişkeni açıklayıp açıklamadığı ölçülür. Ölçüm modelinin tamamının uygunluğunu gösteren uyum iyiliği indekslerinin irdelenmesi gerekir. Eğer ölçüm modelinin uyum iyiliği indeksleri belirli kritik değerlerin altında ise ölçüm modelinde bazı değişiklikler yapılır. DFA sonucu da gizil değişkenlerin ilgili değişkenleri üzerindeki standardize faktör yüklerinin 0,70'den yüksek bir değer alması ve t değerinin de anlamlı olması gerekmektedir [Cengiz ve Kırkbir, 2007].

Adım 7: Araştırma modelinin oluşturulması (*Yapısal Model*)

Bu adımda, aralarında yüksek ihtimalle ilişki vardır dediğimiz ya da aralarında ilişkinin olabileceğini düşündüğümüz faktör grupları arasında hipotezler kurulur. Dolayısıyla bu adımda araştıracağımız ilişkilere göre kurduğumuz yapısal model oluşturulur.

Adım 8: Model uyumunun ve sonuçların değerlendirilmesi, model modifikasyonlarının yapılması

Kurduğumuz yapısal eşitlik modeline ilişkin uyum indeks değerlerine bakılır. Önceki bölümlerde anlatılmış olan uyum indekslerinden amaca uygun olanlar seçilir ve belirli kritik değerleri aşıp aşmadıkları kontrol edilir. Eğer model uygunluğu sağlanamıyorsa modelde modifikasyonlara gidilir.

Adım 9: Hipotez sonuçlarına bakılarak analitik ağ yapısının oluşturulması

YEM analizinde yalnızca istatistiksel olarak anlamlı bulunan hipotezlere göre aralarında ilişki bulunan faktör grupları için analitik ağ yapısı oluşturulur. Ağ yapısı oluştururken YEM'de belirlenen ok yönü dikkate alınır. Örneğin A'dan B'ye çizilen ok, A'nın B üzerinde etkisi vardır şeklinde bir hipotez olduğundan bu durum analitik ağ yapısında da bu şekilde A'dan B'ye ok çizilerek gösterilir. Ayrıca yapılan faktör analizi ile aralarında yüksek ilişki bulunan faktörler bir araya toplanmıştır dolayısıyla bu faktörlerin birbirlerini etkiledikleri ya da birbirlerinden etkilendikleri düşünülebilir dolayısıyla analitik ağ yapısını oluşturulurken tüm faktör grupları (ana faktörler) arasında iç bağımlılık olduğu varsayılarak model yapısı tamamlanır.

Adım 10: Modeldeki tüm alt faktörler için ikili karşılaştırmaların yapılması

Modeldeki ana faktöre bağlı olan her bir alt faktör grubu için kendi aralarında Saaty 1-9 tablosundaki sayısal değerler kullanılarak ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur ve tüm alt faktör ağırlıkları (*lokal ağırlıklar*) hesaplanır. Alt faktör ağırlıklarını bulmak için öncelikle matrisin sütun toplamları hesaplanır. Matrisin her bir elamanı karşılık gelen sütun toplamına bölünerek normalleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisi elde edilir ve elde edilen bu matrisin de satır ortalamaları alınarak ilgili faktöre gelen ağırlıklar hesaplanır. Ayrıca oluşturulan tüm ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlılık oranlarına bakılır.

Tutarlılık oranlarının 0,10'den küçük çıkması matrisin tutarlı olduğu anlamına gelmektedir [Göze, 2008].

Adım 11: İç bağımlılık olmadan faktör grupları (ana faktörler) için ikili karşılaştırmaların yapılması

Bu adımda ana faktörler arasında Saaty 1-9 tablosundaki sayısal değerler kullanılarak ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur ve iç bağımlılık olmadan ki ana faktör ağırlıkları ve tutarlılık oranı hesaplanır.

Adım 12: Faktör gruplarının (*ana faktörlerin*) iç bağımlılık matrisinin oluşturulması ve matrisin normalize edilmesi

Ana faktörlerin iç bağımlılık matrisi (*B*), YEM aşamasında yapılmış olan birinci dereceden doğrulayıcı faktör analizi sonucunda çıkan faktörler arası korelasyon tahminleri kullanılarak oluşturulur ve matristeki her bir değerin ilgili sütun toplamı değerine bölünmesiyle matrisin normalize edilmesi tamamlanır.

Adım 13: Ana faktörler için bağımlılık ağırlıklarının elde edilmesi

Adım 12'deki normalize edilmiş iç bağımlılık matrisiyle Adım 11'de elde edilen ağırlıkların çarpılmasıyla ana faktörler için bağımlılık ağırlıkları elde edilir.

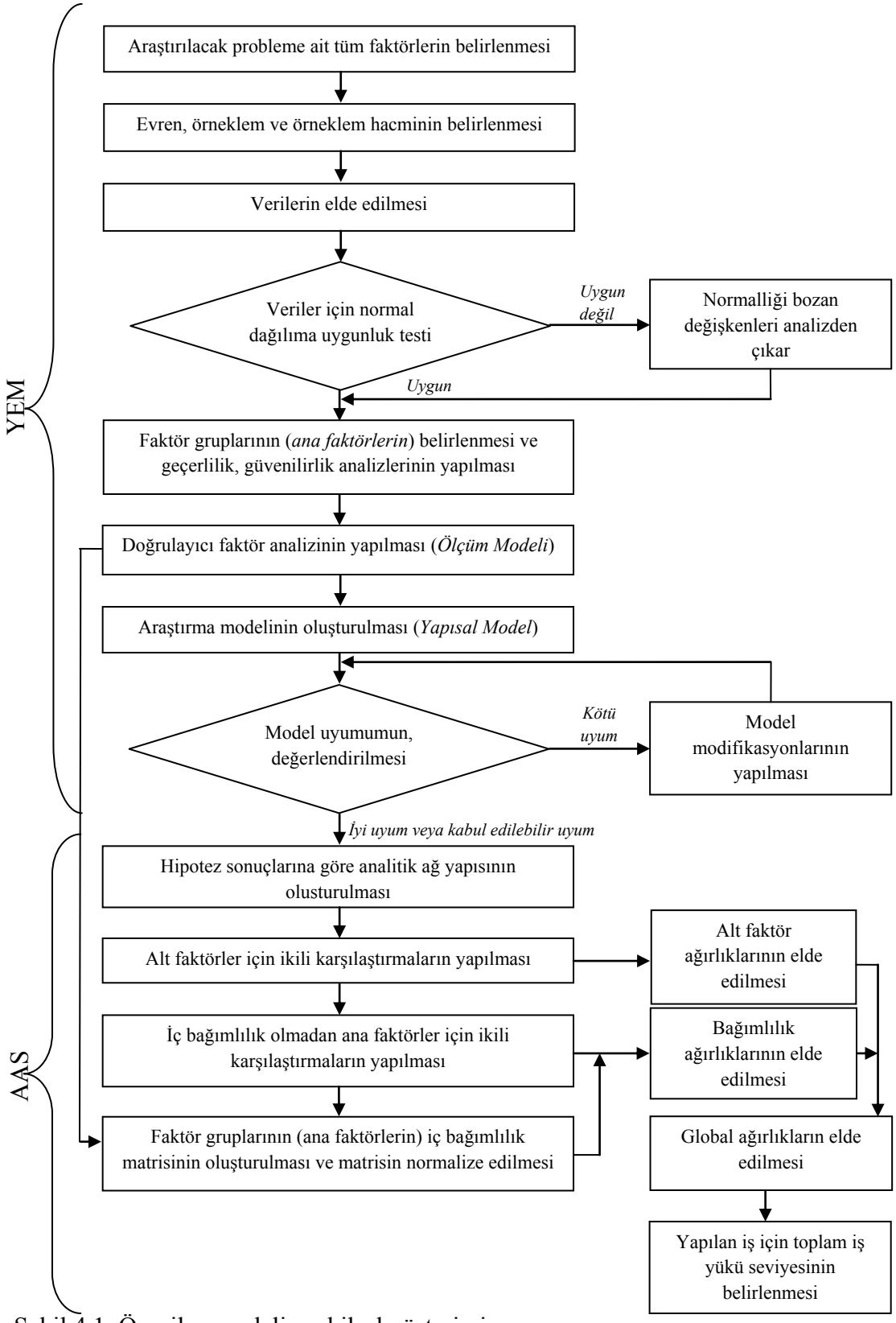
Adım 14: Global ağırlıkların elde edilmesi

Adım 10'da elde edilen alt faktörlere ilişkin lokal ağırlıklar ile Adım 13'de elde edilen bağımlılık ağırlıkları çarpılarak tüm alt faktörlere ilişkin global ağırlıklar elde edilir.

Adım 15: Değerlendirme skalası kullanarak, yapılan iş için toplam iş yükü seviyesinin belirlenmesi

Son adımda alt faktör değerlendirmede 5 noktalı derecelendirme skalası kullanılır. Beş noktalı derecelendirme skalası alt faktör türüne bağlı olarak farklı şekillerde kullanılabilir, örneğin "*yükün ağırlığı*" alt faktörünün derecelendirilmesinde "*çok hafif*", "*hafif*", "*orta*", "*ağır*", "*çok ağır*" şeklinde kullanılırken, taşıma mesafesi alt faktöründe "*çok yakın*", "*yakın*", "*orta*", "*uzak*", "*çok uzak*" olarak kullanılır. Burada esas olan her bir sözel ifadenin belirli bir sayısal değere karşılık gelmesidir ve farklı çalışmalarda bu değerler farklı şekillerde kullanılmıştır [Dağdeviren ve ark., 2005b]. Burada derecelendirme değerleri 0,20, 0,40, 0,60, 0,80 ve 1,00 şeklinde ele alınacaktır.

Önerilen modelin adımlarının şekilsel ifadesi Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Önerilen modelin şekilsel gösterimi

5. UYGULAMA

5.1. Uygulamanın Amacı ve Kapsamı

Bu araştırmada toplam iş yükü seviyesini belirlemeye yönelik daha etkin bir yöntem ortaya koymak amaçlanmıştır. Bunun için uygulama, döküm ve talaşlı imalat alanında faaliyet gösteren orta ölçekli bir işletmede seçilen üç farklı iş sistemi için gerçekleştirilmiş ve bu üç iş sistemi için ayrı ayrı toplam iş yükü seviyeleri belirlenmiştir ve sonuçlar tartışılmıştır. Bu çalışmada AMOS 18, SPSS 17 ve Win Survey 3 paket programları kullanılmıştır.

5.2. Uygulamanın Model Yapısının Oluşturulması

Bu bölümde YEM ve AAS bütünleşik model önerisi ile toplam iş yükü seviyesini belirlemeye yönelik model bir önceki bölümde anlatılan adımlara göre oluşturulmuştur.

Adım1: Araştırılacak probleme ait tüm faktörlerin belirlenmesi

Bu adımda toplam iş yükü seviyesine etki eden faktörler, literatür araştırması yapılarak, ergonomi ya da iş etüdü konusunda bilgisi olan uzmanlara danışılarak ve endüstride çalışan beyaz yaka ve mavi yaka personelin görüşü alınarak oluşturulmuştur. Bu araştırmalar sonucu toplam iş yüküne etki eden toplam 23 faktör belirlenmiştir ve aşağıda Çizelge 5.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Toplam iş yüküne etki eden faktörler

Faktörler (*Değişkenler*)	
F1 Radyasyon	F13 Bedensel rahatsızlıklar, engeller
F2 Gürültü	F14 Aydınlatma
F3 Titreşim	F15 Toz, duman ve toksik madde
F4 İklim etkileri	F16 Tecrübe/Deneyim eksikliği
F5 Yükün ağırlığı	F17 Hesaplama, arama, karar verme süreçleri

Çizelge 5.1. (Devam) Toplam iş yüküne etki eden faktörler

F6 Taşıma frekansı	F18 İşe odaklanamama, konsantrasyon eksikliği
F7 Taşıma mesafesi	F19 Kısıtlı tesis kaynakları
F8 Taşıma süresi	F20 Düzensiz çalışma saatleri
F9 Uygun olmayan tesis yerleşimi	F21 İşletmede çalışan yetersizliği
F10 Ergonomik olmayan iş ortamı düzeni	F22 Amirlerin gereksiz istek ve talepleri
F11 Ekipman ve iş ortamındaki boyutsal sorunlar	F23 Makine bakım-onarım planı yetersizliği
F12 Stres	

Adım2: Evren, örneklem ve örneklem hacminin belirlenmesi

Araştırmada evreni, Türkiye'deki üniversitelerin Endüstri Mühendisliği bölümünde eğitimlerine devam eden 3.sınıf ve 4.sınıf öğrencilerinin tamamı ve Türkiye'de Endüstri Mühendisi olarak çalışan tüm bireyler oluşturmaktadır. Evren, öğrencilerin yaptıkları uygulamalı projelerdeki gözlem ve deneyimler, ergonomi ve iş etüdü derslerinde edindikleri bilgi ve birikimler ve Endüstri Mühendisi olarak çalışan kişilerin de çalıştığı iş ortamında yaşadığı tecrübeler düşünülerek belirlenmiştir. Evrenin belirlenmesinde, işletmelerde bu tür faktörlere maruz kalan çalışanlar seçilmemiştir çünkü daha objektif, yansız cevapların elde edilmesi amaçlanmıştır. Daha sonra örneklem ve örneklem hacminin belirlenmesi için Türkiye'deki çeşitli üniversitelerden 3. ve 4. sınıf öğrencileri ve Türkiye'de Endüstri Mühendisi olarak çalışan kişilerden rassal olarak 300 kişi belirlenmiştir. Schumacker & Lomax (2004) pek çok araştırmada 250-500 örneklem hacminin kullanıldığını bildirmiştir.

Adım3: Verilerin elde edilmesi

Verilerin elde edilmesi için öncelikle bir anket formu oluşturulmuştur. Bu anket formumdaki sorular amaca uygun bir şekilde hazırlanmıştır, soruların anlaşılabilir ve kısa olmasına özen gösterilmiştir. Uygulama için Likert Tipi beşli veri toplama skalası kullanılmıştır. Anket ölçeğinde dilsel terimler kullanılmıştır. Faktörlerin, "*çok az*", "*az*", "*orta*", "*fazla*" ve "*çok fazla*" şeklinde değerlendirilmesi istenmiştir. Hazırlanan anket formu EK-1'de sunulmuştur. Çalışma kapsamında, anket Win

Survey 3 paket programı ile hazırlanmış ve internet üzerinden ilgili kişilere ulaşılarak, anket sonuçları programın veritabanına aktarılmıştır. Yapılan anket uygulamasında toplamda 300 kişiye anket gönderilmiştir, ancak 254 tane kullanılabilir anket sonucu elde edilmiştir. Bazı anketler eksik doldurulmuş bazıları ise geri dönmemiştir. Bu duruma ilişkin bilgi Çizelge 5.2'de özetlenmiştir. Bu adımda son olarak elde edilen veriler gerekli analizlerin yapılması için SPPS 17 programına aktarılmıştır. Bu durumu gösteren ara yüz EK-2'de sunulmuştur.

Çizelge 5.2. Gönderilen ve kullanılabilir anket sayıları

	Gönderilen Anket Sayısı	Kullanılabilir Anket Sayısı
3. Sınıfta Okuyan Öğrenciler	82	67
4. Sınıfta Okuyan Öğrenciler	104	91
Çalışan Endüstri Mühendisleri	114	96
Toplam	300	254

Adım4: Verilerin normal dağılıma uygunluğunun test edilmesi

Bu adımda SPSS 17 programı yardımıyla değişkenler için normal dağılıma uygunluk test edilmiştir. Değişkenler için çarpıklık değerleri -1,021 ile 0,068 arasında, basıklık değerleri ise -1,054 ile 1,306 arasında çıkmıştır. Dolayısıyla tüm değişkenlerin çarpıklık ve basıklık değerleri %5 güven aralığı için istatistik değer aralığında (±2.58) çıktığından verilerin normal dağılıma uyduğunu söyleyebiliriz. Değişkenlerin ortalama, standart sapma, çarpıklık ve basıklık değerleri EK-3'te sunulmuştur.

Adım5: Faktör gruplarının (*ana faktörlerin*) belirlenmesi ve geçerlilik, güvenilirlik analizlerinin yapılması

Bu adımda ölçekte yer alan değişkenleri belirlemek amacıyla öncelikle SPSS 17 programı ile faktör analizi yapılmıştır. Faktör analizine geçebilmek için yapılan testlerde; Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) örneklem yeterliliği testi değeri 0,874 çıkmıştır ve Bartlett testinde ki-kare değeri, $p < 0,05$ olduğu için anlamlı

bulunmuştur. Dolayısıyla çalışmanın faktör analizine uygun olduğuna karar verilmiştir. Temel bileşenler analizi ve varimax dikey döndürme tekniği kullanılarak faktörlerin indirgenmesi sağlanmış, 5 faktör ve 22 değişken elde edilmiştir. Faktör yükü 0,50'den az olan F13 değişkeni analizden çıkarılmıştır. Aşağıdaki Çizelge 5.3'de değişkenlerin faktör yükleri ve belirlenen 5 faktörün açıkladıkları varyans yüzdeleri gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. Faktör analizi sonuçları

	Ana Faktörler				
Değişkenler (Alt Faktörler)	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Faktör 4	Faktör 5
F1	0,817				
F2	0,893				
F3	0,922				
F4	0,951				
F14	0,903				
F15	0,926				
F19		0,962			
F20		0,924			
F21		0,934			
F22		0,938			
F23		0,785			
F12			0,896		
F16			0,834		
F17			0,853		
F18			0,902		
F5				0,786	
F6				0,911	
F7				0,788	
F8				0,806	
F9					0,904
F10					0,918
F11					0,903
Açıklanan Varyans (%)	22,869	19,437	14,545	12,832	12,005
Kümülatif Açıklanan Varyans (%)	22,869	42,306	56,851	69,683	81,688
Kaiser-Meyer-Olkin			0,875		
Bartlett Testi			$\chi 2$: 5627.037 df: 231 p: 0.00		

Özdeğerleri 1'in üzerinde olan bu 5 faktör, toplam varyansın F13 değişkeni analizden çıkarılmadan önce % 78,789'unu açıklarken F13 analizden çıkarıldığında % 81,688'ini açıkladığı görülmüştür.

Faktör yapısı oluşturulduktan sonra SPSS 17 programı yardımıyla oluşan bu yapılara ilişkin güvenilirlik analizi için Cronbach Alfa değerleri incelenmiştir. Bu değerin 0,70'den büyük olup olmadığı ve herhangi bir değişkenin analizden çıkarıldığında Cronbach Alfa değerinin artıp artmadığı kontrol edilmiştir. Bu duruma ilişkin bilgiler aşağıdaki Çizelge 5.4-5.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.4. Faktör 1' e ilişkin güvenilirlik analizi sonuçları

Değişkenler	Değişken Silinirse Ortalama	Değişken Silinirse Varyans	Düzeltilmiş Değişken- Ölçek Korelasyonu	Değişken Silinirse Cronbach Alfa Değeri
F1	19,1142	22,228	0,761	*0,965*
F2	19,0394	21,413	0,859	0,955
F3	19,0748	20,773	0,908	0,949
F4	19,0512	20,657	0,949	0,945
F14	19,0866	21,526	0,862	0,954
F15	19,1024	20,986	0,910	0,949
Cronbach Alfa Değeri : 0,960 Değişken Sayısı : 6				

Çizelge 5.4'e göre analiz sonucunda F1 değişkeni silindiğinde Cronbach Alfa değerinin 0,960'dan 0,965'e çıkacağı ve bu değişkenin çıkarılmasıyla güvenilirliğin artacağı görülmüştür.

Bu değişken analizden çıkarılıp tekrar güvenilirlik analizi yapılmıştır ve Cronbach Alfa değerinin 0,965'e çıktığı görülmüştür. Geri kalan değişkenler ilgili faktörü güvenilir bir şekilde ölçmektedir. Bu duruma ilişkin analiz sonuçları Çizelge 5.5'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.5. Faktör 1' e ilişkin tekrarlanan güvenilirlik analizi sonuçları

Değişkenler	Değişken Silinirse Ortalama	Değişken Silinirse Varyans	Düzeltilmiş Değişken- Ölçek Korelasyonu	Değişken Silinirse Cronbach Alfa Değeri
F2	15,2598	14,612	0,864	0,962
F3	15,2953	14,082	0,914	0,954
F4	15,2717	14,064	0,944	0,949
F14	15,3071	14,672	0,873	0,961
F15	15,3228	14,322	0,906	0,956
Cronbach Alfa Değeri : 0,965 Değişken Sayısı : 5				

Çizelge 5.6. Faktör 2' ye ilişkin güvenilirlik analizi sonuçları

Değişkenler	Değişken Silinirse Ortalama	Değişken Silinirse Varyans	Düzeltilmiş Değişken- Ölçek Korelasyonu	Değişken Silinirse Cronbach Alfa Değeri
F19	15,2953	9,608	0,965	0,925
F20	15,2362	10,15	0,9	0,937
F21	15,2559	9,978	0,921	0,933
F22	15,2638	9,942	0,924	0,932
F23	15,437	10,326	0,677	*0,979*
Cronbach Alfa Değeri : 0,953 Değişken Sayısı : 5				

Çizelge 5.6'ya göre analiz sonucunda F23 değişkeni silindiğinde Cronbach Alfa değerinin 0,953'den 0,979'a çıkacağı ve bu değişkenin çıkarılmasıyla güvenilirliğin artacağı görülmüştür.

Bu değişken analizden çıkarılıp tekrar güvenilirlik analizi yapılmıştır ve Cronbach Alfa değerinin 0,979'a çıktığı görülmüştür. Geri kalan değişkenler ilgili faktörü güvenilir bir şekilde ölçmektedir. Bu duruma ilişkin analiz sonuçları Çizelge 5.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.7. Faktör 2' ye ilişkin tekrarlanan güvenilirlik analizi sonuçları

Değişkenler	Değişken Silinirse Ortalama	Değişken Silinirse Varyans	Düzeltilmiş Değişken- Ölçek Korelasyonu	Değişken Silinirse Cronbach Alfa Değeri
F19	11,6102	5,622	0,982	0,962
F20	11,5512	6,019	0,92	0,979
F21	11,5709	5,89	0,941	0,974
F22	11,5787	5,865	0,943	0,973
Cronbach Alfa Değeri : 0,979		Değişken Sayısı : 4		

Çizelge 5.8. Faktör 3' e ilişkin güvenilirlik analizi sonuçları

Değişkenler	Değişken Silinirse Ortalama	Değişken Silinirse Varyans	Düzeltilmiş Değişken- Ölçek Korelasyonu	Değişken Silinirse Cronbach Alfa Değeri
F12	11,9764	6,403	0,849	0,869
F16	11,937	6,763	0,732	0,908
F17	11,8976	6,416	0,768	0,897
F18	11,9055	6,141	0,853	0,866
Cronbach Alfa Değeri : 0,912		Değişken Sayısı : 4		

Çizelge 5.8'e göre faktör 3'e ilişkin Cronbach Alfa değeri 0,912 çıkmıştır ve hiçbir değişkenin çıkarılmasına gerek kalmamıştır. Bu yapı ilgili değişkenler ilgili faktörü güvenilir bir şekilde ölçmektedir.

Çizelge 5.9. Faktör 4' e ilişkin güvenilirlik analizi sonuçları

Değişkenler	Değişken Silinirse Ortalama	Değişken Silinirse Varyans	Düzeltilmiş Değişken- Ölçek Korelasyonu	Değişken Silinirse Cronbach Alfa Değeri
F5	12,4094	4,946	0,599	0,849
F6	12,2244	4,76	0,835	0,75
F7	12,3465	4,986	0,658	0,821
F8	12,3425	4,874	0,681	0,811
Cronbach Alfa Değeri : 0,849		Değişken Sayısı : 4		

Çizelge 5.9'a göre faktör 4'e ilişkin Cronbach Alfa değeri 0,849 çıkmıştır ve hiçbir değişkenin çıkarılmasına gerek kalmamıştır. Bu yapı ilgili değişkenler ilgili faktörü güvenilir bir şekilde ölçmektedir.

Çizelge 5.10. Faktör 5' e ilişkin güvenilirlik analizi sonuçları

Değişkenler	Değişken Silinirse Ortalama	Değişken Silinirse Varyans	Düzeltilmiş Değişken- Ölçek Korelasyonu	Değişken Silinirse Cronbach Alfa Değeri
F9	7,8661	2,29	0,839	0,905
F10	7,7323	2,26	0,874	0,878
F11	7,874	2,261	0,842	0,903
Cronbach Alfa Değeri : 0,928 Değişken Sayısı : 3				

Çizelge 5.10'a göre faktör 5'e ilişkin Cronbach Alfa değeri 0,928 çıkmıştır ve hiçbir değişkenin çıkarılmasına gerek kalmamıştır. Bu yapı ilgili değişkenler ilgili faktörü güvenilir bir şekilde ölçmektedir.

Güvenilirlik analizinden sonra geri kalan faktörlere ilişkin değişkenlerin toplam açıkladıkları varyans değerleri ve güvenilirlik analizi sonuçları Çizelge 5.11' de özetlenmiştir. Toplam açıklanan varyans değerlerinin 0,50'nin üzerinde olup olmadıkları yani geçerli bir yapının oluşup oluşmadığı kontrol edilmiştir ve tüm açıklanan varyans değerleri 0,50'nin üzerinde çıkmıştır. Yapılan güvenilirlik analizinden sonra, analizden F1 değişkeninin çıkarılması ile toplam açıklanan varyansın 83,654'den 87,727'ye ve F23 değişkeninin çıkarılması ile de toplam açıklanan varyansın 85,727'den 87,392'ye yükseldiği görülmüştür.

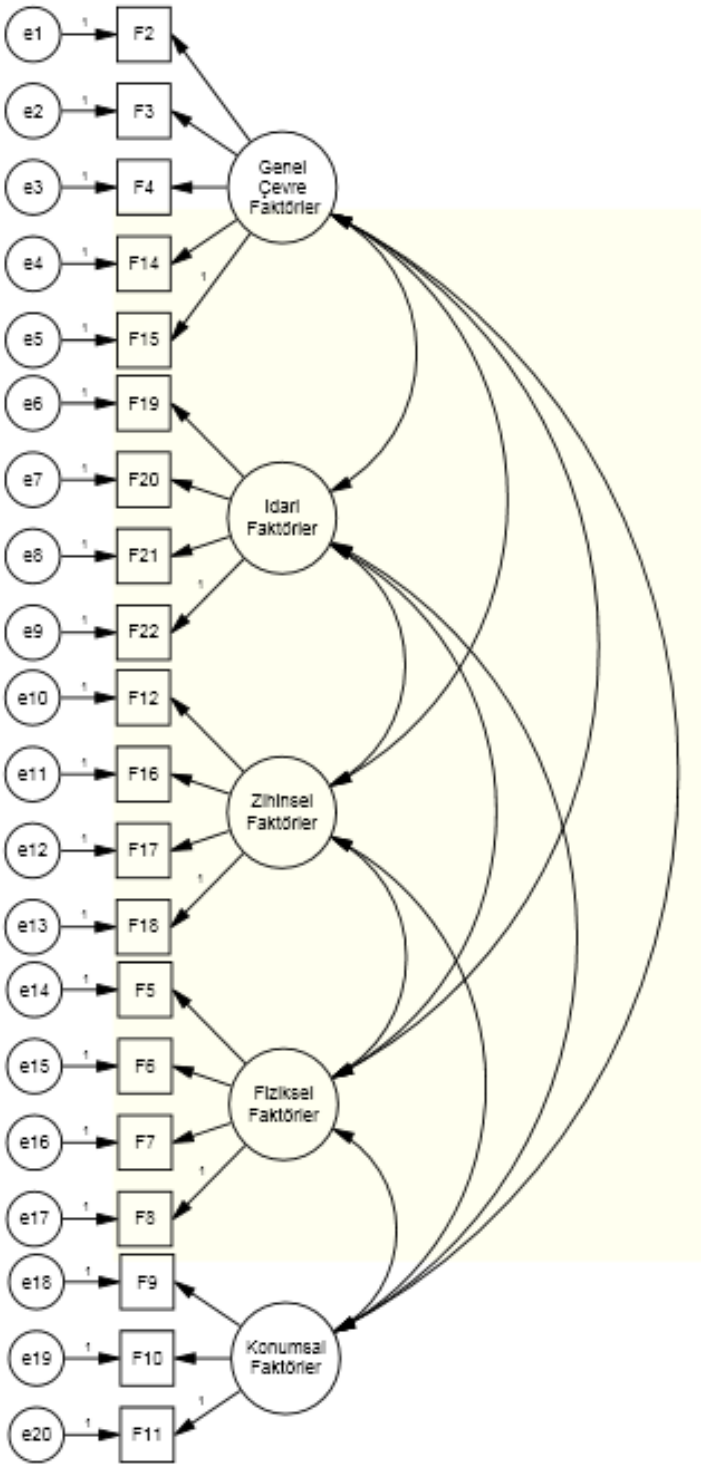
Ayrıca değişkenlerin oluşturduğu faktörlere bir başlık verilmiştir. Faktörlerin altına denk gelen değişkenlere göre 1. faktöre ait değişkenlerin genel çevre faktörleri ile ilgili sorular içerdiğine, 2. faktöre ait değişkenlerin idari faktörler ile ilgili sorular içerdiğine, 3. faktöre ait değişkenlerin zihinsel faktörler ile ilgili sorular içerdiğine, 4. faktöre ait değişkenlerin fiziksel faktörler ile ilgili sorular içerdiğine ve 5. faktöre ait değişkenlerin ise konumsal faktörler ile ilgili sorular içerdiğine karar verilmiştir.

Çizelge 5.11. Faktörlere ilişkin güvenilirlik ve geçerlilik sonuçları

		Güvenilirlik (Cronbach Alfa)	Geçerlilik (Toplam Açıklanan Varyans)
Genel Çevre Faktörleri	F2 F3 F4 F14 F15	0,965	87,727
İdari Faktörler	F19 F20 F21 F22	0,979	94,057
Zihinsel Faktörler	F12 F16 F17 F18	0,912	79,227
Fiziksel Faktörler	F5 F6 F7 F8	0,849	69,722
Konumsal Faktörler	F9 F10 F11	0,928	87,392
Sistemin toplam Cronbach Alfa Katsayısı: 0,860			

Adım 6: Doğrulayıcı faktör analizinin yapılması (*Ölçüm Modeli*)

Bu adımda, yapılara ilişkin güvenilirlik ve geçerlilik analizleri yapıldıktan ve gerekli şartlar sağlandıktan sonra ölçüm modeli oluşturularak her bir gizil değişkene ait ilgili değişkenlerin gerçekten bağlı oldukları gizil değişkeni açıklayıp açıklamadığı ölçülmüştür. Ölçüm modeli, gösterge değişkenlerle gizil değişkenler arasındaki yapısal korelasyonları belirlemek amacıyla AMOS 18 programı yardımıyla oluşturulmuştur. Şekil 5.1'de problemin ölçüm modeli sunulmuştur.



Şekil 5.1. Ölçüm modeli

Ölçüm modeli sonuçları Çizelge 5.12'de özetlenmiştir. Çizelgeden de anlaşılacağı üzere standardize faktör yükleri 0,70'in üzerinde çıkmıştır. Modeldeki uyum iyiliği değerlerinden GFI kabul edilebilir uyum aralığında ancak iyi uyum aralığına oldukça

yakın diğerleri ise iyi uyum aralığında çıkmıştır. Buradan bu ölçüm modelinin eldeki veriye iyi derecede uyum gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca modeldeki gizil değişkenler arasında oluşturulan yapısal korelasyonlardan *Genel Çevre Faktörleri* ile *Fiziksel Faktörler* arasındaki ilişkiye ait p değeri 0,91 bulunmuştur. Dolayısıyla p>0,05 olduğu için bu ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bunun dışında modelde bulunan tüm yollara ilişkin p değerleri 0,50'den küçük çıkarak istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Tüm bu analiz sonuçlarına göre modelin iyileştirilmesine yani modelde modifikasyonlar yapmaya gerek duyulmamıştır.

Çizelge 5.12. Ölçüm modeli sonuçları

	DFA Faktör Yükleri Standardize Regresyon Ağırlıkları		*Korelasyon Tahminleri*	*Kovaryans Tahminleri*
F2<----Genel Çev. Fak.	0,875*	Genel Çev. Fak.<--->İdari Fak.	0,191	0,141*
F3<----Genel Çev. Fak.	0,934*	Genel Çev. Fak.<--->Zihinsel Fak.	0,239	0,195*
F4<----Genel Çev. Fak.	0,972*	***Genel Çev. Fak.<--->Fiziksel Fak.***	***0,113***	***0,068***
F14<----Genel Çev. Fak.	0,882*	Genel Çev. Fak.<--->Konumsal Fak.	0,275	0,183*
F15<----Genel Çev. Fak.	0,934*	İdari Fak.<--->Zihinsel Fak.	0,267	0,183*
F19<----İdari Fak.	1,001*	İdari Fak.<--->Fiziksel Fak.	0,155	0,078*
F20<----İdari Fak.	0,932*	İdari Fak.<--->Konumsal Fak.	0,272	0,152*
F21<----İdari Fak.	0,950*	Zihinsel Fak.<--->Fiziksel Fak.	0,207	0,115*
F22<----İdari Fak.	0,956*	Zihinsel Fak.<--->Konumsal Fak.	0,204	0,126*
F12<----Zihinsel Fak.	0,906*	Fiziksel Fak.<--->Konumsal Fak.	0,237	0,107*
F16<----Zihinsel Fak.	0,772*	*Model Uyum Değerleri*		
F17<----Zihinsel Fak.	0,815*			
F18<----Zihinsel Fak.	0,910*	$\chi 2$: 151,716 df: 160 p: 0.668		
F5<----Fiziksel Fak.	0,700*	CMIN/DF: 0,948		
F6<----Fiziksel Fak.	0,951*	GFI: 0,944		
F7<----Fiziksel Fak.	0,719*	AGFI: 0,926		
F8<----Fiziksel Fak.	0,730*	NFI: 0,972		
F9<----Konumsal Fak.	0,882*	CFI: 1,000		
F10<----Konumsal Fak.	0,932*	RMSEA: 0,000		
F11<----Konumsal Fak.	0,887*	SRMR: 0,0324		

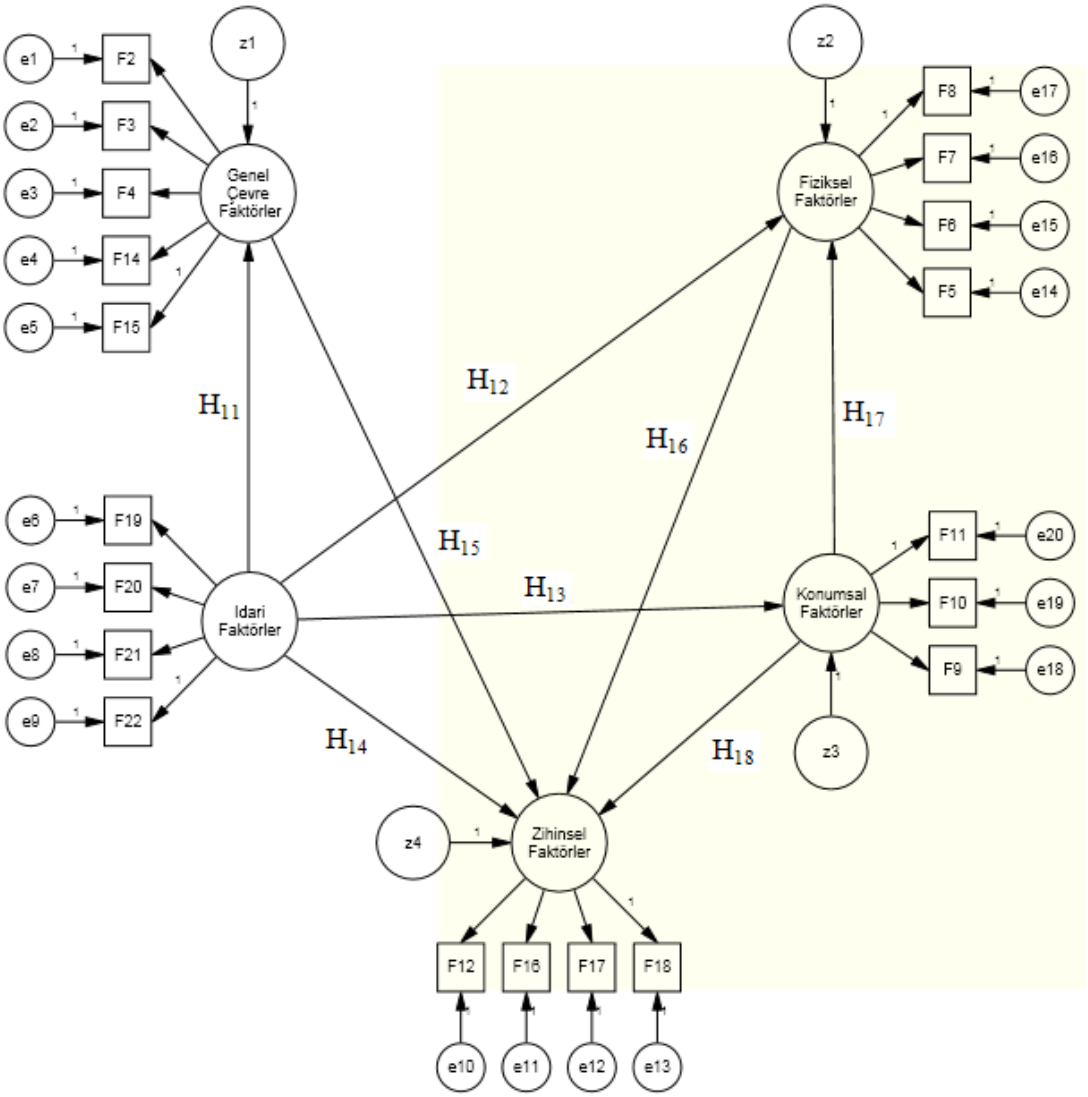
Not: * p<0,05

Ölçüm modeline ilişkin AMOS 18 program çıktısı detaylı bir şekilde EK-4'te sunulmuştur.

Adım 7: Araştırma modelinin oluşturulması (Yapısal Model)

Bu adımda, aralarında yüksek ihtimalle ilişki vardır dediğimiz ya da aralarında ilişkinin olabileceğini düşündüğümüz faktörler arasında hipotezler kurularak araştıracağımız ilişkilere göre yapısal model AMOS 18 programı yardımıyla oluşturulmuştur ve Şekil 5.2'de gösterilmiştir.

H_{01} : İdari faktörlerin genel çevre faktörleri üzerinde etkisi yoktur.
H_{11} : İdari faktörlerin genel çevre faktörleri üzerinde etkisi vardır.
H_{02} : İdari faktörlerin fiziksel faktörler üzerinde etkisi yoktur.
H_{12} : İdari faktörlerin fiziksel faktörler üzerinde etkisi vardır.
H_{03} : İdari faktörlerin konumsal faktörler üzerinde etkisi yoktur.
H_{13} : İdari faktörlerin konumsal faktörler üzerinde etkisi vardır.
H_{04} : İdari faktörlerin zihinsel faktörler üzerinde etkisi yoktur.
H_{14} : İdari faktörlerin zihinsel faktörler üzerinde etkisi vardır.
H_{05} : Genel çevre faktörlerinin zihinsel faktörler üzerinde etkisi yoktur.
H_{15} : Genel çevre faktörlerinin zihinsel faktörler üzerinde etkisi vardır.
H_{06} : Fiziksel faktörlerin zihinsel faktörler üzerinde etkisi yoktur.
H_{16} : Fiziksel faktörlerin zihinsel faktörler üzerinde etkisi vardır.
H_{07} : Konumsal faktörlerin fiziksel faktörler üzerinde etkisi yoktur.
H_{17} : Konumsal faktörlerin fiziksel faktörler üzerinde etkisi vardır.
H_{08} : Konumsal faktörlerin zihinsel faktörler üzerinde etkisi yoktur.
H_{18} : Konumsal faktörlerin zihinsel faktörler üzerinde etkisi vardır.



Şekil 5.2. Araştırma modeli (*Yapısal model*)

Adım 8: Model uyumunun ve sonuçların değerlendirilmesi ve model modifikasyonlarının yapılması

Bir önceki adımda oluşturulmuş araştırma modeli AMOS 18 programında koşturularak uyum iyiliği değerleri sonuçları ve hipotezlerin anlamlı çıkıp çıkmadıkları kontrol edilmiştir. Öncelikle kurulan hipotezlere ilişkin standardize regresyon yol ağırlıkları Çizelge 5.13'de özetlenmiştir. Yapılan analiz sonucunda H_{12} ve H_{18} hipotezleri p değeri 0,05 den büyük çıktığı için reddedilmiştir yani bu ilişkiler istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Bunun dışındaki H_{11}, H_{13}, H_{14}, H_{15}, H_{16} ve

H_{17} hipotezlerinin p değeri 0,50'den küçük veya eşit çıktığı için bu hipotezler ile ilgili kurulan ilişkiler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Çizelge 5.13. Hipotezlere ilişkin standardize regresyon ağırlıkları

	Standardize Regresyon Ağırlıkları	t değeri	p
Konumsal Fak. <---İdari Fak.	0,272	4,280	***
Genel Çev. Fak.<---İdari Fak.	0,191	3,036	0,002
Fiziksel Fak.<---İdari Fak	***0,098***	***1,481***	***0,139***
Fiziksel Fak.<---Konumsal Fak	0,21	2,997	0,003
Zihinsel Fak<---İdari Fak.	0,194	2,953	0,003
Zihinsel Fak<---Genel Çev. Fak.	0,168	2,641	0,008
Zihinsel Fak<---Fiziksel Fak.	0,142	2,122	0,034
Zihinsel Fak<---Konumsal Fak.	***0,074***	***1,085***	***0,278***

Not: *** Ondalık kısımda ilk üç basamak sıfır.

Çizelge 5.14'de yer alan model uyum iyiliği değerlerine göre GFI ve SRMR kabul edilebilir uyum aralığında diğerleri ise iyi uyum aralığında çıkmıştır. Bu durumda modelin herhangi bir modifikasyona ihtiyacının olmadığı görülmüştür.

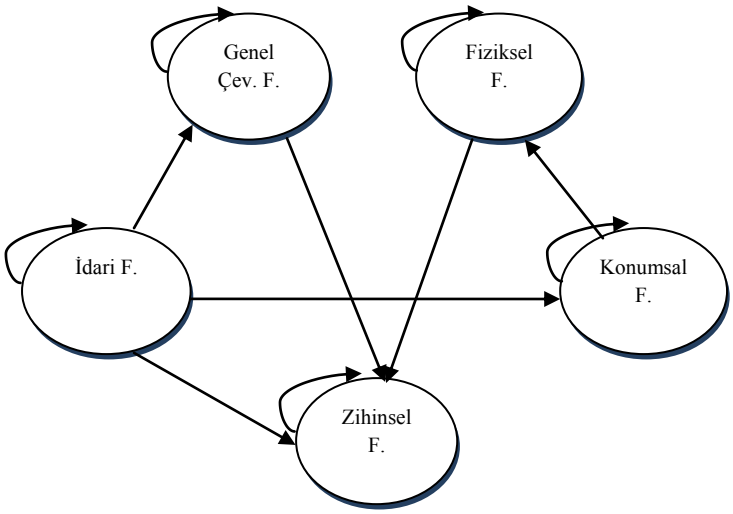
Çizelge 5.14. Model uyum iyiliği değerleri

Model Uyum İyiliği Değerleri
$\chi 2$: 165,146 df: 162 p: 0.417
CMIN/DF: 1,019
GFI: 0,939
AGFI: 0,921
NFI: 0,969
CFI: 0,999
RMSEA: 0,009
SRMR: 0,0632

Yapısal modele ilişkin AMOS 18 program çıktısı detaylı bir şekilde EK-5'te sunulmuştur.

Adım 9: Hipotez sonuçlarına bakılarak analitik ağ yapısının oluşturulması

Bu adımda, bir önceki adımda kabul edilen hipotezlere göre analitik ağ yapısı oluşturulmuştur. Ayrıca yukarıda belirtildiği üzere faktör analizi ile aralarında yüksek ilişki bulunan değişkenler kümelendiği için tüm faktör gruplarında iç bağımlılık olduğu varsayılarak model tamamlanmıştır ve Şekil 5.3'de gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Modelin analitik ağ yapısı

Adım 10: Modeldeki tüm alt faktörler için ikili karşılaştırmaların yapılması

Modeldeki ana faktöre bağlı olan her bir alt faktör grubu için kendi aralarında Saaty 1-9 tablosundaki sayısal değerler kullanılarak ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuş ve tüm alt faktör ağırlıkları (*lokal ağırlıklar*) hesaplanmıştır. Ayrıca matrisin tutarlılık oranının hesabında "*Super Decision"* paket programı kullanılmıştır.

Bu duruma ilişkin matrisler, alt faktörlere ilişkin lokal ağırlıklar ve tutarlılık oranları aşağıda gösterilmiştir.

Genel çevre faktörlerine ilişkin ikili karşılaştırma matrisi

	F2	F3	F4	F14	F15	Ağırlıklar
F2	1,00	3,00	2,00	1,00	0,50	0,2573
F3	0,33	1,00	0,50	0,33	0,50	0,1033
F4	0,50	2,00	1,00	0,50	0,50	0,1600
F14	1,00	0,33	2,00	1,00	0,50	0,1791
F15	2,00	0,50	2,00	2,00	1,00	0,3003

Tutarlılık Oranı (CR): 0,0368 < 0,10

İdari faktörlere ilişkin ikili karşılaştırma matrisi

	F19	F20	F21	F22	Ağırlıklar
F19	1,00	0,50	0,50	2,00	0,1836
F20	2,00	1,00	0,50	3,00	0,2867
F21	2,00	2,00	1,00	4,00	0,4326
F22	0,50	0,33	0,25	1,00	0,0970

Tutarlılık Oranı (CR): 0,0172 < 0,10

Fiziksel faktörlere ilişkin ikili karşılaştırma matrisi

	F5	F6	F7	F8	Ağırlıklar
F5	1,00	3,00	0,50	0,50	0,2151
F6	0,33	1,00	0,50	0,33	0,1099
F7	2,00	2,00	1,00	0,50	0,2655
F8	2,00	3,00	2,00	1,00	0,4094

Tutarlılık Oranı (CR): 0,0536 < 0,10

Zihinsel faktörlere ilişkin ikili karşılaştırma matrisi

	F12	F16	F17	F18	Ağırlıklar
F12	1,00	4,00	3,00	3,00	0,5118
F16	0,25	1,00	2,00	2,00	0,2172
F17	0,33	0,50	1,00	1,00	0,1355
F18	0,33	0,50	1,00	1,00	0,1355

Tutarlılık Oranı (CR): 0,0459 < 0,10

Konumsal faktörlere ilişkin ikili karşılaştırma matrisi

	F9	F10	F11	Ağırlıklar
F9	1,00	2,00	1,00	0,4000
F10	0,50	1,00	0,50	0,2000
F11	1,00	2,00	1,00	0,4000

Tutarlılık Oranı (CR): 0,0 < 0,10

Adım 11: İç bağımlılık olmadan faktör grupları (*ana faktörler*) için ikili karşılaştırmaların yapılması

Bu adımda ana faktörler arasında Saaty 1-9 tablosundaki sayısal değerler kullanılarak ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur ve iç bağımlılık olmadan ki ana faktör ağırlıkları hesaplanmıştır. Ayrıca matrisin tutarlılık oranının hesabında "*Super Decision"* paket programı kullanılmıştır. Matriste yer alan G. Ç. F.; Genel çevre faktörlerini, İ. F.; İdari faktörleri, F. F.; Fiziksel faktörleri, Z. F.; Zihinsel faktörleri, K.F; Konumsal faktörleri ifade etmektedir.

	G.Ç.F.	İ.F.	F.F.	Z.F.	K.F.	Ağırlıklar
G.Ç.F.	1,00	0,17	0,25	0,33	0,50	0,0569
İ.F.	6,00	1,00	3,00	4,00	5,00	0,4848
F.F.	4,00	0,33	1,00	2,00	3,00	0,2265
Z.F.	3,00	0,25	0,50	1,00	2,00	0,1431
K.F.	2,00	0,20	0,33	0,50	1,00	0,0887

Tutarlılık Oranı (CR): 0,0220 < 0,10

Adım 12: Faktör gruplarının (*ana faktörlerin*) iç bağımlılık matrisinin oluşturulması ve matrisin normalize edilmesi

Ana faktörlerin iç bağımlılık matrisi (*B*), YEM aşamasında yapılmış olan birinci dereceden doğrulayıcı faktör analizi sonucunda çıkan faktörler arası korelasyon tahminleri kullanılarak oluşturulmuştur.

	G.Ç.F.	İ.F.	F.F.	Z.F.	K.F.
G.Ç.F.	1,000	0,000	0,000	0,239	0,000
İ.F.	0,191	1,000	0,000	0,267	0,272
F.F.	0,000	0,000	1,000	0,207	0,000
Z.F.	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000
K.F.	0,000	0,000	0,237	0,000	1,000

Normalize iç bağımlılık matrisi, değerlerin ilgili sütun toplamı değerine bölünmesiyle aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

	G.Ç.F.	İ.F.	F.F.	Z.F.	K.F.
G.Ç.F.	0,840	0,000	0,000	0,140	0,000
İ.F.	0,160	1,000	0,000	0,156	0,214
F.F.	0,000	0,000	0,808	0,121	0,000
Z.F.	0,000	0,000	0,000	0,584	0,000
K.F.	0,000	0,000	0,192	0,000	0,786

Adım 13: Ana faktörler için bağımlılık ağırlıklarının elde edilmesi

Adım 12'deki normalize edilmiş iç bağımlılık matrisiyle Adım 11'de elde edilen ağırlıkların çarpılmasıyla ana faktörler için bağımlılık ağırlıkları aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

	G.Ç.F.	İ.F.	F.F.	Z.F.	K.F.
G.Ç.F.	0,840	0,000	0,000	0,140	0,000
İ.F.	0,160	1,000	0,000	0,156	0,214
F.F.	0,000	0,000	0,808	0,121	0,000
Z.F.	0,000	0,000	0,000	0,584	0,000
K.F.	0,000	0,000	0,192	0,000	0,786

x

	Ağırlıklar
G.Ç.F.	0,0569
İ.F.	0,4848
F.F.	0,2265
Z.F.	0,1431
K.F.	0,0887

=

	Bağımlı Ağırlıklar
G.Ç.F.	0,0678
İ.F.	0,5352
F.F.	0,2003
Z.F.	0,0836
K.F.	0,1132

Adım 14: Global ağırlıkların elde edilmesi

Adım 10'da elde edilen alt faktörlere ilişkin lokal ağırlıklar ile Adım 13'de elde edilen bağımlılık ağırlıkları çarpılarak tüm alt faktörlere ilişkin global ağırlıklar elde edilmiştir ve Çizelge 5.15'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.15. Alt faktörlere ilişkin global ağırlıklar

Faktörler	İç Bağımlılık Ağırlığı	Alt Faktörler	Lokal Ağırlıklar	Global Ağırlıklar
Genel Çevre Faktörleri	**0,0678**	F2	0,2573	*0,0174*
		F3	0,1033	*0,0070*
		F4	0,1600	*0,0108*
		F14	0,1791	*0,0121*
		F15	0,3003	*0,0204*
İdari Faktörler	**0,5352**	F19	0,1836	*0,0983*
		F20	0,2867	*0,1534*
		F21	0,4326	*0,2315*
		F22	0,0970	*0,0519*
Fiziksel Faktörler	**0,2003**	F5	0,2151	*0,0431*
		F6	0,1099	*0,0220*
		F7	0,2655	*0,0532*
		F8	0,4094	*0,0820*
Zihinsel Faktörler	**0,0836**	F12	0,5118	*0,0428*
		F16	0,2172	*0,0182*
		F17	0,1355	*0,0113*
		F18	0,1355	*0,0113*
Konumsal Faktörler	**0,1132**	F9	0,4000	*0,0453*
		F10	0,2000	*0,0226*
		F11	0,4000	*0,0453*

Adım 15: Değerlendirme skalası kullanarak yapılan işler için toplam iş yükü seviyesinin belirlenmesi

Toplam iş yükü seviyesini belirlemek üzere döküm kalıbı hazırlama işlemi, döküm işleminden sonra parçanın temizlenmesi işlemi ve torna tezgahında parça işleme

işlemi seçilmiştir. Burada derecelendirme "*çok düşük*" (ÇD), "*düşük*" (D), "*orta*" (O), "*yüksek*" (Y), "*çok yüksek*" (ÇY) dilsel değişkenleri ile değerlendirilmiş ve "çok düşük" ifadesi 0,2, "düşük" ifadesi 0,4, "orta" ifadesi "0,6", "yüksek" ifadesi 0,8 ve "çok yüksek" ifadesi ise 1,0 değerine karşılık olarak kullanılmıştır.

Döküm kalıbı hazırlama işlemi

Kalıplama sahasında modelhaneden gelen model ve maçahaneden gelen maçalar ile kum kalıp hazırlanır. Kumlar fabrika içindeki silolardan sağlanarak vinç yardımı ile kalıplama sahasına getirilir. Kalıp hazırlanırken alt ve üst dereceye alt ve üst model yerleştirilir. Daha sonra yolluk, çıkıcı ve besleyicilerin yerleri tespit edilir ve bunlar gerekli yerlere yapılır. Modeller derecelerden çıkarıldıktan sonra dökülecek malzemenin cinsine göre zirkon veya grafit bazlı boya ile boyanır ve kurutulur. Daha sonra ayırma yüzeyine derecelerin yapışmaması için grafit tozu serpilir. Bu işlemlerden sonra alt ve üst derece vinç yardımı ile birleştirilir ve maçahaneden gelen maçalar da boyanıp kurutularak kalıp içine yerleştirilir. Kalıp yüzeyine sıvı maden dökülürken kalıbın zarar görmemesi için çivi çakılır. Daha sonra dereceler birbirine bağlama kulağı ile sabitlenerek kalıplama işlemi tamamlanır. Döküm kalıbı hazırlama işleminde çalışanın TİY seviyesini belirlemeye yönelik yapılmış olan çalışma Çizelge 5.16'da özetlenmiştir.

Çizelge 5.16. Döküm kalıbı hazırlama işleminde çalışanın TİY seviyesi

Alt Faktörler		Global Ağırlıklar	Skala	Skala Değeri	Alt Faktör Puanı
F2	Gürültü	*0,0174*	Y	0,8	0,014
F3	Titreşim	*0,007*	ÇD	0,2	0,0014
F4	İklim etkileri	*0,0108*	Y	0,8	0,0087
F14	Aydınlatma	*0,0121*	O	0,6	0,0073
F15	Toz, duman ve toksik madde	*0,0204*	ÇY	1	0,0204
F19	Kısıtlı tesis kaynakları	*0,0983*	D	0,4	0,0393
F20	Düzensiz çalışma saatleri	*0,1534*	ÇD	0,2	0,0307
F21	İşletmede çalışan yetersizliği	*0,2315*	D	0,4	0,0926
F22	Amirlerin gereksiz istek ve talepleri	*0,0519*	O	0,6	0,0311

Çizelge 5.16. (Devam) Döküm kalıbı hazırlama işleminde çalışanın TİY seviyesi

F5	Yükün ağırlığı	*0,0431*	D	0,4	0,0172
F6	Taşıma frekansı	*0,022*	D	0,4	0,0088
F7	Taşıma mesafesi	*0,0532*	O	0,6	0,0319
F8	Taşıma süresi	*0,082*	D	0,4	0,0328
F12	Stres	*0,0428*	ÇY	1	0,0428
F16	Tecrübe/Deneyim eksikliği	*0,0182*	D	0,4	0,0073
F17	Hesaplama, arama, karar verme süreçleri	*0,0113*	ÇY	1	0,0113
F18	İşe odaklanamama, konsantrasyon eksikliği	*0,0113*	O	0,6	0,0068
F9	Uygun olmayan tesis yerleşimi	*0,0453*	O	0,6	0,0272
F10	Ergonomik olmayan iş ortamı düzeni	*0,0226*	Y	0,8	0,0181
F11	Ekipman ve iş ortamındaki boyutsal sorunlar	*0,0453*	Y	0,8	0,0362
Döküm kalıbı hazırlama işleminde çalışanın TİY seviyesi					**0,4859**

Döküm işleminden sonra parçanın temizlenmesi işlemi

Döküm yapıldıktan sonra dökülen malzeme soğumaya bırakılır. Yeteri kadar soğuması beklenir ve soğuduktan sonra döküm temizleme sahasına vinç yardımıyla götürülerek kalıp sarsaklarda bozulur. Daha sonra besleyici, yolluk ve çıkıcılar oksijen ile kesilir ve metal üzerinde kalan kumlar kumlama makinesi ile basınç altında ince taneli kum püskürtülerek temizlenir ve ölçü kontrol işlemi yapılır eğer gerekli ise döküm üzerinde oluşan kof bölgeler kaynakla doldurularak işlem tamamlanır. Döküm işleminden sonra parçanın temizlenmesi işlemini yapan çalışanın TİY seviyesini belirlemeye yönelik yapılmış olan çalışma Çizelge 5.17'de özetlenmiştir.

Çizelge 5.17. Döküm işleminden sonra parçanın temizlenmesi işlemini yapan çalışanın TİY seviyesi

Alt Faktörler		Global Ağırlıklar	Skala	Skala Değeri	Alt Faktör Puanı
F2	Gürültü	*0,0174*	ÇY	1	0,0174
F3	Titreşim	*0,007*	Y	0,8	0,0056
F4	İklim etkileri	*0,0108*	Y	0,8	0,0087
F14	Aydınlatma	*0,0121*	O	0,6	0,0073

Çizelge 5.17. (Devam) Döküm işleminden sonra parçanın temizlenmesi işlemini yapan çalışanın TİY seviyesi

F15	Toz, duman ve toksik madde	*0,0204*	ÇY	1	0,0204
F19	Kısıtlı tesis kaynakları	*0,0983*	D	0,4	0,0393
F20	Düzensiz çalışma saatleri	*0,1534*	ÇD	0,2	0,0307
F21	İşletmede çalışan yetersizliği	*0,2315*	O	0,6	0,1389
F22	Amirlerin gereksiz istek ve talepleri	*0,0519*	O	0,6	0,0311
F5	Yükün ağırlığı	*0,0431*	D	0,4	0,0172
F6	Taşıma frekansı	*0,022*	D	0,4	0,0088
F7	Taşıma mesafesi	*0,0532*	D	0,4	0,0213
F8	Taşıma süresi	*0,082*	D	0,4	0,0328
F12	Stres	*0,0428*	ÇY	1	0,0428
F16	Tecrübe/Deneyim eksikliği	*0,0182*	D	0,4	0,0073
F17	Hesaplama, arama, karar verme süreçleri	*0,0113*	ÇY	1	0,0113
F18	İşe odaklanamama, konsantrasyon eksikliği	*0,0113*	O	0,6	0,0068
F9	Uygun olmayan tesis yerleşimi	*0,0453*	Y	0,8	0,0362
F10	Ergonomik olmayan iş ortamı düzeni	*0,0226*	Y	0,8	0,0181
F11	Ekipman ve iş ortamındaki boyutsal sorunlar	*0,0453*	Y	0,8	0,0362
Döküm işleminden sonra parçanın temizlenmesi işlemini yapan çalışanın TİY seviyesi					**0,5383**

Torna tezgahında parça işleme işlemi

Torna operatörü ve vinç yardımıyla parça torna tez bağlandıktan sonra parçanın ayna merkezine denk gelmesi için torna operatörü komparatör yardımıyla parçanın salgısını (eksenel kaçıklık) alarak parçayı merkezler. Daha sonra parçanın iç çapının kaba işlemesi yapılılır ve ölçme-kontrol işleminden sonra çap işlenir, tekrar ölçme kontrol işlemi yapılır ve tekrar çap işlenir ve tekrar ölçme kontrol işleminden sonra kalemle pah kırma işlemi yapılır ve parça tezgahtan sökülerek çapakları temizlenir ve sepete konularak işlem tamamlanır. Torna tezgahında parça işleyen operatörün TİY seviyesini belirlemeye yönelik yapılmış olan çalışma Çizelge 5.18'de özetlenmiştir.

Çizelge 5.18. Torna tezgahında parça işleyen operatörün TİY seviyesi

Alt Faktörler		Global Ağırlıklar	Skala	Skala Değeri	Alt Faktör Puanı
F2	Gürültü	*0,0174*	Y	0,8	0,014
F3	Titreşim	*0,007*	O	0,6	0,0042
F4	İklim etkileri	*0,0108*	O	0,6	0,0065
F14	Aydınlatma	*0,0121*	O	0,6	0,0073
F15	Toz, duman ve toksik madde	*0,0204*	D	0,4	0,0081
F19	Kısıtlı tesis kaynakları	*0,0983*	O	0,6	0,059
F20	Düzensiz çalışma saatleri	*0,1534*	ÇD	0,2	0,0307
F21	İşletmede çalışan yetersizliği	*0,2315*	O	0,6	0,1389
F22	Amirlerin gereksiz istek ve talepleri	*0,0519*	O	0,6	0,0311
F5	Yükün ağırlığı	*0,0431*	O	0,6	0,0259
F6	Taşıma frekansı	*0,022*	Y	0,8	0,0176
F7	Taşıma mesafesi	*0,0532*	D	0,4	0,0213
F8	Taşıma süresi	*0,082*	ÇD	0,2	0,0164
F12	Stres	*0,0428*	ÇY	1	0,0428
F16	Tecrübe/Deneyim eksikliği	*0,0182*	D	0,4	0,0073
F17	Hesaplama, arama, karar verme süreçleri	*0,0113*	ÇY	1	0,0113
F18	İşe odaklanamama, konsantrasyon eksikliği	*0,0113*	Y	0,8	0,0091
F9	Uygun olmayan tesis yerleşimi	*0,0453*	O	0,6	0,0272
F10	Ergonomik olmayan iş ortamı düzeni	*0,0226*	ÇY	1	0,0226
F11	Ekipman ve iş ortamındaki boyutsal sorunlar	*0,0453*	ÇY	1	0,0453
Torna tezgahında parça işleyen operatörün TİY seviyesi					**0,5465**

Yapılan uygulamada yapılan işlere ilişkin faktör gruplarının skorları ve TİY seviyesinin 0 ila 1 arasında almış olduğu değerler aşağıdaki Çizelge 5.19'da özetlenmiştir. Dolayısıyla bu üç işe ilişkin TİY seviyesi orta düzeyde çıkmıştır.

Bu işleri yapan çalışanların orta düzeyde bir yüklenmeye maruz kaldıkları söylenilebilir. Ayrıca tüm işlere ilişkin toplam iş yükünü etkileyen faktörlerden en fazla yüklenmeyi idari faktörlerin oluşturduğu gözlenmiştir. İşletmede çalışma ortamının verimliliğini ve etkinliğini artırmak için işletmenin idari yapısı ile ilgili sorunlar iyileştirmelidir.

Çizelge 5.19. Yapılan işlere ilişkin faktör gruplarının skorları

	Döküm Kalıbı Hazırlama İşlemi	Döküm Malzemesi Temizleme İşlemi	Torna Tezgahında Parça İşleme İşlemi
Genel Çevre Faktörleri	0,0517	0,0594	0,0401
İdari Faktörler	0,1938	0,2401	0,2597
Fiziksel Faktörler	0,0907	0,0801	0,0811
Zihinsel Faktörler	0,0682	0,0682	0,0704
Konumsal Faktörler	0,0815	0,0906	0,0951
TİY seviyesi	**0,4859**	**0,5383**	**0,5465**

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

TİY, işletmeler açısından çalışma ortamındaki verimliliği ve etkinliği sağlamak için üzerinde durulması gereken önemli bir konudur. Bu çalışmada bir iş sistemindeki TİY seviyesini belirleyebilmek için bir model önerilmiştir ve seçilen üç iş sistemine uygulanmıştır. Önerilen model YEM ve AAS yöntemlerinin entegrasyonu ile elde ortaya konulmuştur.

Bu amaçla öncelikle yapılan araştırmalara göre TİY'i etkileyen 23 tane faktör belirlenmiştir. Önce yapılan faktör analizi çalışmasıyla faktör indirgemesi ve faktörlerin gruplaması yapılmıştır. Belirlenen bu faktör grupları arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla YEM'den yararlanılmıştır. Daha sonra YEM' de belirlenen ilişkilere göre analitik ağ yapısı oluşturulmuş ve AAS ile tüm alt faktörlerin global ağırlıkları elde edilmiştir. Elde edilen bu global ağırlıklar ve bir değerlendirme skalası kullanılarak seçilen üç iş sistemi için model uygulanmış ve çalışan üzerindeki TİY seviyesi belirlenmiştir.

Bu iş sistemleri için TİY seviyeleri 0,4859, 0,5383 ve 0,5464 olarak bulunmuştur. 0 ila 1 arasında değer alan TİY seviyelerine göre çalışanların TİY seviyeleri orta düzeydedir denilebilir. Ayrıca bu üç iş sistem için de TİY'i en fazla etkileyen faktörler "*İdari Faktörler*" olarak belirlenmiştir.

Belirlenen TİY seviyesi çalışma ortamındaki verimliliği ve etkinliği artıracak birçok çalışmaya yön verebilir. Bu çalışma ile uygulamanın yapıldığı işletmenin özellikle idari yapısında sorun olduğu ve gerekli iyileştirmelerin yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Literatürde TİY seviyesini belirlemeye ya da değerlendirmeye yönelik oldukça fazla çalışma vardır. Yapılan bu çalışmalarda genellikle fiziksel, zihinsel, çevresel ve konumsal faktörler dikkate alınmıştır. Bu çalışmada daha kapsamlı bir değerlendirme yapmak amacıyla idari faktörler de analize dahil edilmiştir. Ayrıca AAS'de modellenmek üzere faktörler arası bağımlılıklar YEM'de araştırılarak daha hassas bir

değerlendirme yapılmıştır. Literatürde TİY'i belirlemeye yönelik YEM ve AAS'nin bütünleşik kullanıldığı bir model yapısı bulunmamaktadır, dolayısıyla yapılan çalışma literatüre bu bağlamda katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Akıncı, E. D., "Yapısal Eşitlik Modellerinde Bilgi Kriterleri", Doktora Tezi, ***Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, İstanbul, 10 (2007).

Alatepe, F., "Analitik Şebeke Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi", Yüksek Lisans Tezi, ***Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü***, Ankara, 40-42 (2004).

Albayrak, A. S., "Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri", 1. Baskı, ***Asil Yayın Dağıtım Ltd.Şti***, Ankara, 107 (2006).

Alptekin, N., "Analitik Ağ Süreci Yaklaşımı ile Türkiye'de Beyaz Eşya Sektörünün Pazar Payı Tahmini", ***Doğuş Üniversitesi Dergisi,*** 11 (1) : 18-27 (2010).

Aslan, N., "Analitik Network Prosesi", Yüksek Lisans Tezi, ***Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, İstanbul, 18-19 (2005).

Aydın, B., "Motivasyonu Etkileyen Faktörlerin Yapısal Eşitlik Modeli İle Belirlenmesi: Bir Tekstil İşletmesi Örneği", Yüksek Lisans Tezi, ***Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Eskişehir, 16-17 (2010).

Aytürk, S., "Askeri Savunma Sistemlerinde Analitik Hiyerarşi Ve Analitik Şebeke Prosesi İle Hafif Makineli Tüfek Seçimi",Yüksek Lisans Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara, 21-25 (2006).

Ayyıldız, H., Cengiz, E., "Pazarlama Modellerinin Testinde Kullanılabilecek Yapısal Eşitlik Modeli (YEM) Üzerine Kavramsal Bir İnceleme", ***Süleyman Demirel Üniversitesi İkdisadi ve İdari Bilimler Fakültesi,*** c.11, s.1, 63-84 (2006).

Bayram N., "Yapısal Eşitlik Modellemesine Giriş, Amos Uygulamaları", 1.Baskı, ***Ezgi Kitabevi***, Bursa, 1-117 (2010).

Bentler, P. M., "Causal Modeling via Structural Equation Systems, in Handbook of Multivariate Experimental Psychology, 2nd ed.,", Nesselroade, J. R., R. B. Cattell (Editors), ***Plenum Press***, New York, 317–335 (1988).

Bolat, O. İ., "İş Yükü, İş Kontrolü ve Tükenmişlik İlişkisi", ***Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi,*** 25 (2) : 87-101 (2011).

Boysan, M., "Çok Örneklemeli Yapısal Eşitlik Modelleri", Yüksek Lisans Tezi, ***Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Van, 81 (2006).

Bryne, B. M., "Structural Equation Modeling with Lisrel, Prelis, and Simplis: Basic Concepts, Applications, and Programming", ***Lawrence Erlbaum Associates***, Publishers, Mahwah, New Jersey 19 (1998).

Bryne, B. M., "Structural Equation Modeling with AMOS: Basic Concepts, Applications, and Programming, 2nd ed.", ***Rautledge Taylor & Francis Group,*** New York, 3-15 (2010).

Bulut, K., Soylu, B., Akay, D., Kurt, M., "Öğretim Üyelerinin İş Yükü Seviyelerinin Bir Analitik Ağ Modeli İle Değerlendirilmesi: Mühendislik Fakültesinde Bir Uygulama " ***Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,*** 25(1-2) : 150-167 (2009).

Cengiz, E., Kırkbir, F., "Yerel Halk Tarafından Algılanan Toplam Turizm Etkisi ile Turizm Desteği Arasındaki İlişkiye Yönelik Yapısal Bir Model Önerisi ", ***Sosyal Bilimler Dergisi,*** 7 (1) : 19-37 (2007).

Chi, Q.-Geng, C., Qu, H., "Examining the Structural Relationships of Destination Image, Tourist Satisfaction and Destination Loyalty: An Integrated Approach", ***Tourism Management,*** 29(4) : 624-636 (2008).

Cooper, G., Harper, R., The use of pilot ratings in the evaluation of aircraft handling qualities, NASA Ames Technical Report, NASA Tn-D-5153, ***NASA Ames Research Center,*** USA (1969).

Cronin, Jr., J.J., Brady, M.K., Hult, G.T.M. "Assessing the Effects of Quality, Value, and Customer Satisfaction on Consumer Behavioral Intentions in Service Environments", ***Journal of Retailing***, 76 (2) : 193-218 (2000).

Cui, L., Zhang, H., He, M., "Economic Factors Influencing City Logistics Demand in China", ***Volume V- Logistics Finance and Economy,*** doi: 10.1061/41139(387)577 (2010).

Çelik, N., Murat, G., "Analitik Ağ Süreci Yöntemi ile Üniveriste Dinamik Entegre Strateji Modeli Geliştirilmesi", ***Yönetim,*** 21(67) : 32-51 (2010).

Dağdeviren, M., Eraslan, E., Kurt, M., Dizdar, N. E., "Tedarikçi Seçimi Problemine Analitik Ağ Süreci ile Alternatif Bir Yaklaşım", ***Teknoloji***, 8(2) : 115-122 (2005a).

Dağdeviren, M., Eraslan, E., ve Kurt, M., "Çalışanların Toplam İş Yükü Seviyelerinin Belirlenmesine Yönelik Bir Model ve Uygulaması" , ***Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi,*** 20 (4) : 517-525 (2005b).

Dağdeviren, M., Yüksel, İ., "Personnel Selection Using Analytic Network Process", ***İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi,*** 6 (11) : 99-118 (2007).

Das, S., Chakraborty, S., "Selection of Non-Traditional Machining Processes Using Analytic Network Process", ***Journal of Manufacturing Systems,*** doi: 10.1016/j.jmsy.2011.03.003 (2011).

Duru, H. A., Ermiş, A., Akay, D., Kurt, M., "Bilgisayar Sektöründe Öznel Bir Yöntemle (NASA-TLX) Zihinsel İş Yükünün Ölçülmesi " ***Teknoloji,*** 8 (2) : 173-180 (2005).

Eboli, L., Mazulla, G., "Service Quality Attributes Affecting Customer Satisfaction for Bus Transit", ***Journal of Public Transportation,*** 10 (3) : 21-34 (2007).

Erkan, N., "Verimlilik, Sağlık ve Güvenlik İçin İnsan Faktörü Mühendisliği, Ergonomi", Milli produktivite Merkezi Yayınları No:373, ***Bizim Büro Basımevi Yayın Dağıtım Ltd. Şti***, Ankara, , 96 (2005).

Eroğlu, E., "Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelerdeki Kalite Güvence Uygulamalarının Bütünsel İşletme Performansı Üzerine Etkilerinin İncelenmesi ", ***İstanbul Üniversitesi İşletme İktisadı Enstitüsü Yönetim Dergisi,*** 15 (49) : 88-102 (2004).

Gencer, C., Gürpinar, D., "Analytic Network Process in Supplier Selection: A Case Study in an Electronic Firm", ***Applied Mathematical Modeling,*** 31 (2007), 2475-2486 (2007).

Gomer, F.E., Siverstein, L.D., Berg, W.K., Lassiter, D.L., "Changes in Electromyographic Activity Associated with Occupational Stress and Poor Performance in the Workplace", ***Human Factors,*** 29 (2) : 131-143 (1987).

Görener, A., "Kesici Takım Tedarikçisi Seçiminde Analitik Ağ Sürecinin Kullanımı", ***Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi,*** 4 (1) : 99-110 (2009).

Göze, E. A., "Analitik Ağ Süreci ile Sürdürülebilir Bir Üçüncü Parti Lojistik Servis Sağlayıcısı Seçimi", Yüksek Lisans Tezi, ***Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, İstanbul, 68-84 (2008).

Güreşçi, F., Fığlalı, N., "F-16 Pilotlarının Farklı Görev Tiplerindeki Zihinsel İş Yüklerinin Ölçülmesi ve Karşılaştırılması" ***Savunma Teknolojileri Kongresi, SAVTEK 24-25 Haziran 2004, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara,*** 567-574 (2004).

Hancock, P.A., "A Dynamic Model of Stress and Sustained Attention", ***Human Factors,*** 31(5) : 519-537 (1989).

Hoyle, R.H., "Structural Equation Modeling, Concepts, Issues and Applications", ***Sage Publisher,*** Thousand Oaks, California, 24 (1995).

Işıl, B., "Ergonomi", Yıldız Üniversitesi Yayınları, ***Damla Ajnas Matbaası***, İstanbul 44 (1991).

Jackson, J. L., Dezee, K., Douglas, K., Shimeall, W., " Introduction to Structural Equation Modeling, Path Analysis", ***SGIM Precourse PA08 May 2005***, 1-3 (2005).

Jung, H. S., Jung, H. S., ”Establishment of Overall Workload Assessment Technique for Various Tasks and Workplaces”, ***International Journal of Industrial Ergonomics,*** 28 (2001) : 341-353 (2001).

Kalaycı, Ş., Albayrak, A. S., Eroğlu, A., Küçüksille, E., Ak, B., Karaatlı, M., Keskin, H.Ü., Çiçek E. U., Kayış, A., Antalyalı Ö.L., Uçar, N., Demirgil, H., İşler, D. B., Sungur, O., “ SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri”, 3. Baskı, ***Asil Yayın Dağıtım Ltd.Şti***, Ankara, 321-330 (2008).

Karwowski, W., Mulholland, N., Ward, T., Jagannathan, V., Kirchner, R., ”Liftan: An Experimental Expert System for Analysis of Manuel Lifting Tasks***”, Ergonomics,*** 29, 1213-1234 (1986).

Keçeci, U., “Tedarikçi Seçim Probleminde Analitik Ağ Süreci”, Yüksek Lisans Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,*** Ankara, 31 (2006).

Keser, A., “Çağrı Merkezi Çalışanlarında İş Yükü Düzeyi İle İş Doyumu İş İlişkisinin Araştırılması”, ***Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi,*** **(**11) 2006/1 : 100-119 (2006).

Kroemer, K. H. E., Kroemer, H. E., Kroemer-Elbert K.E., “Ergonomics, How to Design for Ease and Efficiency”, ***Prentice Hall Inc.,*** Upper Saddle River, New Jersey, 149 (1994).

Kurtuluş, K., Okumuş, A., “Fiyat Algılamasının Boyutları Arasındaki İlişkilerin Yapısal Eşitlik Modeli ile İncelenmesi”, ***İstanbul Üniversitesi İşletme İktisadı Enstitüsü Yönetim Dergisi,*** 17 (53) : 1-17 (2006).

Lee, H., Lee, S., Park, Y., “Selection of Technology Aquisition Mode Using the Analytic Network Process”, ***Mathematical and Computer Modelling,*** 49 (5-6) : 1274-1282 (2009).

Luque-Martinez, T., Barrio-Garcia , S., Ibanez-Zapata, J.A., Molina, M.A.R., “Modeling a city’s image: The case of Granada”, ***Cities,*** 24 (5) : 335-352 (2007).

Martinez de la Teja, G. M., “An Ergonomics Study at an Information Department of the Computer at National Autonomous University of Mexico”, ***IJ of Ind. Ergonomics,*** 27: 411-415 (2001).

Meydan, C., “Bağımsız Derecelendir Şirketlerinin Kurumsal (Şirket) Derecelendirme Yaklaşımları Çerçevesinde Bir Derecelendirme Uygulaması”, 24 (86) : 69-100 (2010).

Meydan, H.C ve Şeşen, H., “Yapısal Eşitlik Uygulaması Amos Uygulamaları”, 1. Baskı, ***Detay Yayıncılık***, Ankara, 5-41 (2011).

Melemez, K., Tunay, M., "Ormancılıkta Kullanılan Yükleme Makineleri Operatörlerinin Fizyolojik İş Yükünün Değerlendirilmesi" , ***Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,*** 10(1) : 20-26 (2010).

Nokelainen, P., Introduction to Structural Equation Modeling, Research Centre For Vocational Education, ***University Of Tempre***, Finland, 1-34 (2007).

Özdağoğlu, A., "Bilişsel Haritalama ve Analitik Serim Süreci (ASS) Entegrasyonu", ***Yönetim ve Ekonomi,*** 17(1) : 1-10 (2010).

Özdamar, K., "Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi (Çok Değişkenli Analizler)", 5.Baskı, ***Kaan Kitabevi,*** Eskişehir, 238 (2004).

Öztürk, M., "Zihinsel İş Yükünün Ölçülmesi Üzerine Bir Araştırma", Yüksek Lisans Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,*** Ankara, 25-16 (2006).

Pamukçu, B., "Analitik Ağ Süreci ve Bir Uygulama", Yüksek Lisans Tezi, ***İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, İstanbul, 22 (2004).

Parlaktuna, İ., Sarıçiçek, İ., "Türkiye'de Bölgelerin Kadın İşgücünü Arttırma Konusunda Potansiyel Güçlerine Göre Sıralanması", ***İktisat İşletme ve Finans,*** 25 (284) : 35-65 (2010).

Pugesek, B.H, Tomer, A., Von Eye, A., "Structural Equation Modeling, Applications in Ecological and Evolutionary Biology", ***Cambridge University Press,*** New York, 5 (2003).

Raykov, T., Marcoulides A. G., "A First Course in Structural Equation Modeling", ***Lawrence Erlbaum Associates***, Publishers, Mahwah, 2nd ed., New Jersey, 13-14 (2006).

Saaty, T.L., "The Analytic Hierarchy Process", ***McGraw-Hill,*** New York, 54 (1980).

Saaty, T.L., "Fundamentals of the Analytic Network Process", ***ISAHP 1999,*** Kobe, Japan, 1-14 (1999).

Saaty, T.L., "Decision Making With Dependence and Feedback", ***RWS Publications***, Pittsburg (2001).

Saaty, T.L., Vargas, L.G., "Decision Making with the Analytical Network Process; Economic, Political, Social, and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks",***Springer Science + Business Media***, LLC, New York, 1-19 (2006).

Sabancı, A., "Ergonomi", ***Baki Kitabevi,*** Adana, 96-97 (1999).

Schermelleh-Engel, K., Moosbrugger, H., ve Müller, H., "Evaluating the Fit of Structural Equation Models: Tests of Significance and Descriptive Goodness-of-Fit Measures", ***Methods of Psychological Research Online,*** 8 (2) : 23-74 (2003).

Schumacker, R.E., Lomax, R.G., "A Beginners Guide to Structural Equation Modeling Second Edition", ***Lawrence Erlbaum Associates***, Publishers, Mahwah, New Jersey, 4-5 (2004).

Shiftan, Y., Outwater, M.L., Zhou, Y., "Transit Market Research Using Structural Equation Modeling and Attitudinal Market Segmentation", ***Transport Policy,*** 15 (3) : 186-195 (2008).

Su, B. A., "Ergonomi", Atılım Üniversitesi Yayınları-5, ***Pano Ofset***, Ankara, 47-49 (2001).

Şehribanoğlu, S. "Yapısal Eşitlik Modelleri ve Bir Uygulaması", Yüksek Lisans Tezi, ***Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Van, 6-8 (2005).

Şimşek, G. G., Noyan, F., "Türkiye'de Cep Telefonu Cihazı Pazarında Marka Sadakati İçin Bir Model Denemesi", ***ODTÜ Gelişme Dergisi,*** 36 (Haziran), 121-159 (2009).

Şimşek, M., "Mühendislikte Ergonomik Faktörler", ***Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi,*** İstanbul, 20-145 (1994).

Taşkın, Ç., Akat, Ö., "Tüketici temelli Marka Değerinin Yapısal Eşitlik Modelleme ile Ölçümü ve Dayanıklı Tüketim Malları Sektöründe Bir Araştırma", ***İşletme ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi,*** 1(2) : 1-16 (2010).

Tatlıdil, H. "Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik", ***Akademi Matbaası***, Ankara 85-89 (1992).

Tezcan, C., "Yapısal Eşitlik Modelleri", Yüksek Lisans Tezi, ***Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara, 24-25 (2008).

Ustasüleyman, T., Eyüboğlu, K., "Bireylerin İnternet Bankacılığını Benimsemesini Etkileyen Faktörlerin Yapısal Eşitlik Modeli ile Belirlenmesi", ***BDDK Bankacılık ve Finansal Piyasalar,*** 4 (2) : 11-38 (2010).

Ünal, A., "İlköğretim Öğrencilerinin Gelecek İle İlgili Umutlarının Yapısal Eşitlik Modelleriyle Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, ***Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Eskişehir, 25-26 (2006).

Wierwille, W.W., Casali, J.G., "A Validated Rating Scale for Global Mental Workload Measurement Applications", ***Proceedings of the Human Factors Society, 27 th Annual Meeting,*** 129-133 (1983).

Yener, H., "Personel Performansına Etki Eden Faktörlerin Yapısal Eşitlik Modeli (YEM) ile İncelenmesi ve Bir Uygulama", Doktora Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara, 86-87 (2007).

Yılmaz, V., Çatalbaş, G. K., ve Çelik, E., "Kredi Kartı Kullanma Niyetini Etkileyen Faktörlerin Yapısal Eşitlik Modeliyle Araştırılması", ***Bankacılar Dergisi***, Sayı: 68, 20-29 (2009a).

Yılmaz, V., Çelik, H. E., ve Yağızer, C., "Çevresel Duyarlılık ve Çevresel Davranışın Ekolojik ürün Satın Alma Davranışına Etkilerinin Yapısal Eşitlik Modeliyle Araştırılması", ***Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi***, 9(2) : 1-14 (2009b).

Yücenur, G.N., Demirel, N.Ç., Ceylan, C., Demirel, T., "Hizmet Değerinin Müşterilerin Davranışsal Niyetleri Üzerindeki Etkisinin Yapısal Eşitlik Modeli ile Ölçülmesi", ***Doğuş Üniversitesi Dergisi,*** 12(1) : 156-168 (2011).

EKLER

EK-1. Anket formu

Çizelge 1.1. Uygulanan anket sorularını içeren form

Bu anket çalışması işletmelerde toplam iş yüküne etki eden faktörler arasındaki ilişkileri belirlemeye yönelik hazırlanmıştır. Sorular 1'den 5'e kadar olan bir derecelendirme skalası kullanılarak değerlendirilecektir.

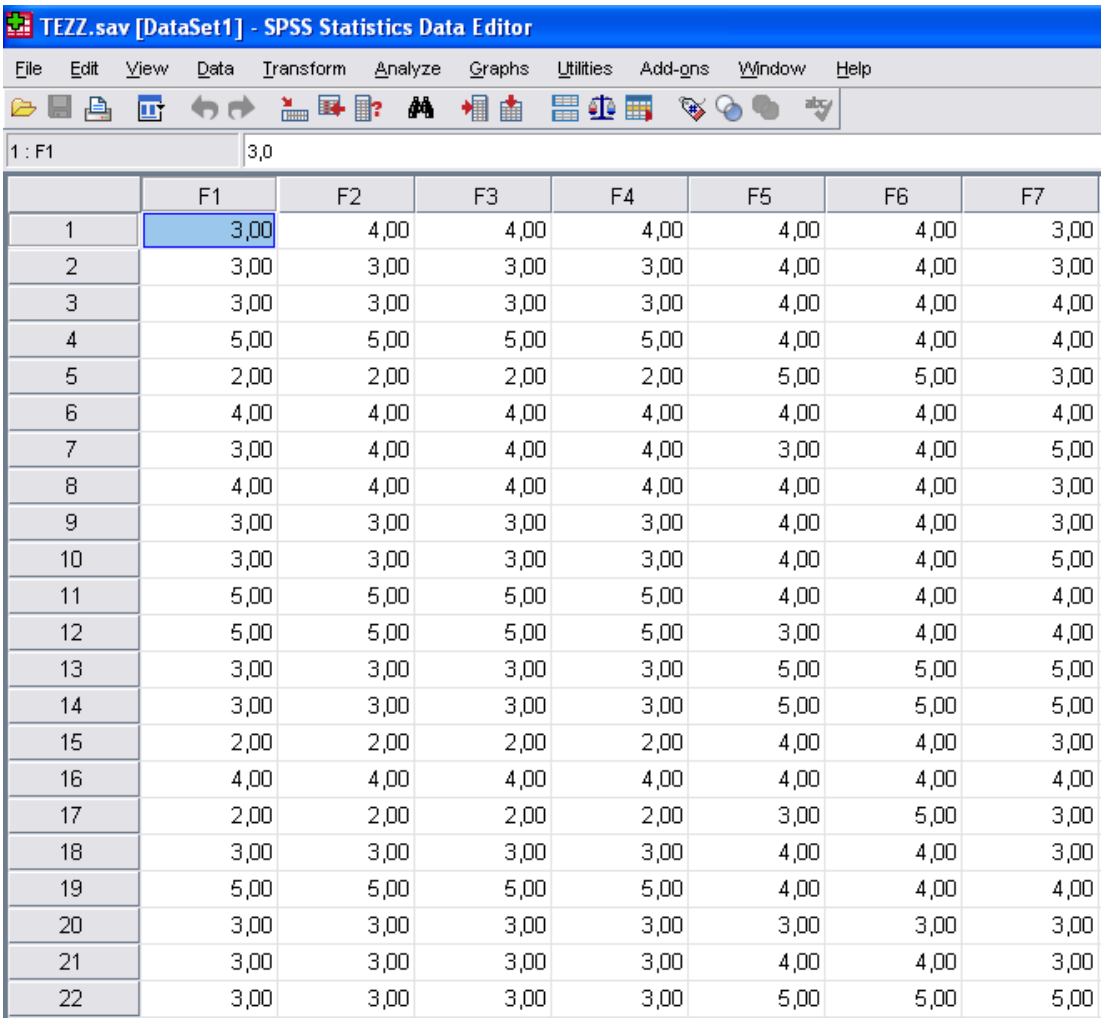
Endüstri Mühendisliği 3.Sınıf öğrencisiyim. ☐

Endüstri Mühendisliği 4.Sınıf öğrencisiyim. ☐

Endüstri Mühendisi olarak çalışmaktayım. ☐

Sorular	Çok az	Az	Orta	Fazla	Çok fazla
1. Radyasyon etkileri toplam iş yükünü ne ölçüde etkiler?	☐	☐	☐	☐	☐
2. Eşik değer üzerindeki gürültü düzeyi toplam iş yükünü ne ölçüde etkiler?	☐	☐	☐	☐	☐
3. Titreşim düzeyi toplam iş yükünü ne ölçüde etkiler?	☐	☐	☐	☐	☐
4. Ortam ısısı ve rutubet toplam iş yükünü ne ölçüde etkiler?	☐	☐	☐	☐	☐
5. Taşınacak yükün ağırlığı toplam iş yükünü ne ölçüde etkiler?	☐	☐	☐	☐	☐
6. Taşınacak yükün frekansı toplam iş yükünü ne ölçüde etkiler?	☐	☐	☐	☐	☐
7. Taşıma mesafesi toplam iş yükünü ne ölçüde etkiler?	☐	☐	☐	☐	☐
8. Taşıma süresi toplam iş yükünü ne ölçüde etkiler?	☐	☐	☐	☐	☐
9. Uygun olmayan tesis yerleşim düzeni (oluşabilecek gereksiz taşıma mesafeleri vb.) toplam iş yükünü ne ölçüde etkiler?	☐	☐	☐	☐	☐
10. Ergonomik olmayan çalışma ortamı (iş istasyonu) düzeni toplam iş yükünü ne ölçüde etkiler?	☐	☐	☐	☐	☐
11. Gerek ekipmanda gerekse çalışma ortamındaki boyutsal sorunlar toplam iş yükünü ne ölçüde etkiler? (Örneğin çok alçak ya da çok yüksek bir makine tezgahında çalışma)	☐	☐	☐	☐	☐
12. Ev ya da iş yaşamındaki stres toplam iş yükünü ne ölçüde etkiler?	☐	☐	☐	☐	☐
13. Bedensel rahatsızlıklar, engeller toplam iş yükünü ne ölçüde etkiler?	☐	☐	☐	☐	☐
14. Yetersiz ya da işe uygun olmayan aydınlatma düzeyi toplam iş yükünü ne ölçüde etkiler?	☐	☐	☐	☐	☐
15. Ortamdaki toz, duman ve toksik etmenler toplam iş yükünü ne ölçüde etkiler?	☐	☐	☐	☐	☐
16. Yapılan iş ile ilgili tecrübe/deneyim eksikliği toplam iş yükünü ne ölçüde etkiler?	☐	☐	☐	☐	☐
17. Sürekli hesaplama, arama, karar verme gibi süreçlere maruz kalma toplam iş yükünü ne ölçüde etkiler?	☐	☐	☐	☐	☐
18. İşe odaklanamama, konsantrasyon eksikliği toplam iş yükünü ne ölçüde etkiler?	☐	☐	☐	☐	☐
19. Kısıtlı tesis kaynaklarından (yetersiz dinlenme alanı, yetersiz çalışma alanı vb.) doğabilecek durumlar toplam iş yükünü ne ölçüde etkiler?	☐	☐	☐	☐	☐
20. Düzensiz çalışma saatleri toplam iş yükünü ne ölçüde etkiler?	☐	☐	☐	☐	☐
21. İşletmedeki çalışan yetersizliği toplam iş yükünü ne ölçüde etkiler?	☐	☐	☐	☐	☐
22. Amirlerin iş dışındaki talepleri (kendi işi için kullanması) toplam iş yükünü ne ölçüde etkiler?	☐	☐	☐	☐	☐
23. Bakım onarım planlarının yapılmamasından kaynaklanan sürekli makine arızalarının meydana gelmesi toplam iş yükünü ne ölçüde etkiler?	☐	☐	☐	☐	☐

EK-2. Verilerin SPPS 17 programına aktarılması



	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
1	3,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	3,00
2	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	3,00
3	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	4,00
4	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	4,00	4,00
5	2,00	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	3,00
6	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
7	3,00	4,00	4,00	4,00	3,00	4,00	5,00
8	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	3,00
9	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	3,00
10	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	5,00
11	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	4,00	4,00
12	5,00	5,00	5,00	5,00	3,00	4,00	4,00
13	3,00	3,00	3,00	3,00	5,00	5,00	5,00
14	3,00	3,00	3,00	3,00	5,00	5,00	5,00
15	2,00	2,00	2,00	2,00	4,00	4,00	3,00
16	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
17	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	5,00	3,00
18	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	3,00
19	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	4,00	4,00
20	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
21	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	3,00
22	3,00	3,00	3,00	3,00	5,00	5,00	5,00

Şekil 2.1. SPSS programına verilerin girişini gösteren ara yüz

EK-3. Normal dağılıma uygunluk testi için değişkenlerin çarpıklık ve basıklık değerleri

Çizelge 3.1. Değişkenlerin ortalama, standart sapma, çarpıklık ve basıklık değerleri

Faktörler	Ortalama	Standart Sapma	Çarpıklık	Basıklık
F1	3,7795	0,99734	-0,365	-0,623
F2	3,8543	1,00121	-0,371	-0,796
F3	3,8189	1,03242	-0,347	-0,816
F4	3,8425	1,00925	-0,354	-0,742
F5	4,0315	0,92772	-1,021	1,305
F6	4,2165	0,79298	-0,982	1,306
F7	4,0945	0,86598	-0,773	0,515
F8	4,0984	0,87689	-0,902	0,947
F9	3,8701	0,79204	-0,197	-0,299
F10	4,0039	0,78271	-0,505	0,199
F11	3,8622	0,80064	0,068	-1,054
F12	3,9291	0,90393	-0,474	-0,436
F13	3,4094	1,35923	-0,631	-0,731
F14	3,8071	0,98516	-0,254	-0,833
F15	3,7913	1,0058	-0,252	-0,798
F16	3,9685	0,91916	-0,768	0,445
F17	4,0079	0,96579	-0,891	0,492
F18	4	0,9576	-0,844	0,333
F19	3,8268	0,85368	-0,39	0,137
F20	3,8858	0,80926	-0,555	0,722
F21	3,8661	0,8232	-0,39	0,104
F22	3,85827	0,82667	-0,492	0,478
F23	3,685	0,96337	-0,803	0,905

EK-4. Ölçüm modelinin AMOS 18 program çıktısı

Çizelge 4.1. Ölçüm modeli için regresyon ağırlıkları tahminleri

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
F15	<---	Genel_Çevre_ Faktörler	1,000				
F14	<---	Genel_Çevre_ Faktörler	,925	,039	23,774	***	
F4	<---	Genel_Çevre_ Faktörler	1,044	,031	33,920	***	
F3	<---	Genel_Çevre_ Faktörler	1,027	,036	28,793	***	
F2	<---	Genel_Çevre_ Faktörler	,932	,040	23,198	***	
F22	<---	Idari_Faktörler	1,000				
F21	<---	Idari_Faktörler	,990	,028	35,420	***	
F20	<---	Idari_Faktörler	,955	,030	32,066	***	
F19	<---	Idari_Faktörler	1,081	,021	50,939	***	
F18	<---	Zihinsel_Faktörler	1,000				
F17	<---	Zihinsel_Faktörler	,903	,051	17,564	***	
F16	<---	Zihinsel_Faktörler	,814	,051	15,871	***	
F12	<---	Zihinsel_Faktörler	,940	,044	21,595	***	
F8	<---	Fiziksel_Faktörler	1,000				
F7	<---	Fiziksel_Faktörler	,972	,086	11,283	***	
F6	<---	Fiziksel_Faktörler	1,178	,086	13,677	***	
F5	<---	Fiziksel_Faktörler	1,014	,092	10,976	***	
F11	<---	Konumsal_Faktörler	1,000				
F10	<---	Konumsal_Faktörler	1,027	,047	21,777	***	
F9	<---	Konumsal_Faktörler	,984	,049	19,945	***	

EK-4. (Devam) Ölçüm modelinin AMOS 18 program çıktısı

Çizelge 4.2. Ölçüm modeli için standardize regresyon ağırlıkları tahminleri

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

			Estimate
F15	<---	Genel_Çevre_ Faktörler	,934
F14	<---	Genel_Çevre_ Faktörler	,882
F4	<---	Genel_Çevre_ Faktörler	,972
F3	<---	Genel_Çevre_ Faktörler	,934
F2	<---	Genel_Çevre_ Faktörler	,875
F22	<---	Idari_Faktörler	,956
F21	<---	Idari_Faktörler	,950
F20	<---	Idari_Faktörler	,932
F19	<---	Idari_Faktörler	1,001
F18	<---	Zihinsel_Faktörler	,910
F17	<---	Zihinsel_Faktörler	,815
F16	<---	Zihinsel_Faktörler	,772
F12	<---	Zihinsel_Faktörler	,906
F8	<---	Fiziksel_Faktörler	,730
F7	<---	Fiziksel_Faktörler	,719
F6	<---	Fiziksel_Faktörler	,951
F5	<---	Fiziksel_Faktörler	,700
F11	<---	Konumsal_Faktörler	,887
F10	<---	Konumsal_Faktörler	,932
F9	<---	Konumsal_Faktörler	,882

Çizelge 4.3. Ölçüm modeli için kovaryans tahminleri

Covariances: (Group number 1 - Default model)

			Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
Genel_Çevre_ Faktörler	<-->	Idari_Faktörler	,141	,048	2,932	,003	
Genel_Çevre_ Faktörler	<-->	Zihinsel_Faktörler	,195	,056	3,495	***	
Genel_Çevre_ Faktörler	<-->	Fiziksel_Faktörler	,068	,040	1,691	,091	
Genel_Çevre_ Faktörler	<-->	Konumsal_Faktörler	,183	,046	3,983	***	
Idari_Faktörler	<-->	Zihinsel_Faktörler	,183	,047	3,930	***	
Idari_Faktörler	<-->	Fiziksel_Faktörler	,078	,034	2,327	,020	
Idari_Faktörler	<-->	Konumsal_Faktörler	,152	,038	3,995	***	
Zihinsel_Faktörler	<-->	Fiziksel_Faktörler	,115	,039	2,940	,003	
Zihinsel_Faktörler	<-->	Konumsal_Faktörler	,126	,043	2,945	,003	
Fiziksel_Faktörler	<-->	Konumsal_Faktörler	,107	,032	3,321	***	

EK-4. (Devam) Ölçüm modelinin AMOS 18 program çıktısı

Çizelge 4.4. Ölçüm modeli için korelasyon tahminleri

Correlations: (Group number 1 - Default model)

			Estimate
Genel_Çevre_ Faktörler	<-->	Idari_Faktörler	,191
Genel_Çevre_ Faktörler	<-->	Zihinsel_Faktörler	,239
Genel_Çevre_ Faktörler	<-->	Fiziksel_Faktörler	,113
Genel_Çevre_ Faktörler	<-->	Konumsal_Faktörler	,275
Idari_Faktörler	<-->	Zihinsel_Faktörler	,267
Idari_Faktörler	<-->	Fiziksel_Faktörler	,155
Idari_Faktörler	<-->	Konumsal_Faktörler	,272
Zihinsel_Faktörler	<-->	Fiziksel_Faktörler	,207
Zihinsel_Faktörler	<-->	Konumsal_Faktörler	,204
Fiziksel_Faktörler	<-->	Konumsal_Faktörler	,237

EK-4. (Devam) Ölçüm modelinin AMOS 18 program çıktısı

Çizelge 4.5. Ölçüm modeli için varyans tahminleri

Variances: (Group number 1 - Default model)

	Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
Genel_Çevre_ Faktörler	,879	,089	9,846	***	
Idari_Faktörler	,622	,060	10,303	***	
Zihinsel_Faktörler	,757	,082	9,206	***	
Fiziksel_Faktörler	,408	,063	6,487	***	
Konumsal_Faktörler	,503	,057	8,844	***	
e5	,129	,014	9,037	***	
e4	,215	,021	10,157	***	
e3	,057	,010	5,942	***	
e2	,136	,015	9,034	***	
e1	,235	,023	10,237	***	
e9	,059	,006	10,194	***	
e8	,065	,006	10,405	***	
e7	,086	,008	10,823	***	
e6	-,001	,003	-,363	,716	
e13	,157	,023	6,669	***	
e12	,312	,033	9,462	***	
e11	,340	,034	9,935	***	
e10	,146	,021	6,879	***	
e17	,358	,037	9,759	***	
e16	,361	,037	9,882	***	
e15	,060	,023	2,580	,010	
e14	,437	,043	10,057	***	
e20	,136	,017	7,841	***	
e19	,080	,015	5,387	***	
e18	,139	,017	8,049	***	

EK-4. (Devam) Ölçüm modelinin AMOS 18 program çıktısı

Çizelge 4.6. Ölçüm modeli için kareli çoklu regresyon tahminleri

Squared Multiple Correlations: (Group number 1 - Default model)

	Estimate
F9	,778
F10	,869
F11	,787
F5	,490
F6	,904
F7	,516
F8	,533
F12	,821
F16	,596
F17	,665
F18	,829
F19	1,001
F20	,868
F21	,903
F22	,913
F2	,765
F3	,872
F4	,944
F14	,778
F15	,872

EK-4. (Devam) Ölçüm modelinin AMOS 18 program çıktısı

Çizelge 4.7. Ölçüm modeli için uyum değerleri

Model Fit Summary

CMIN

Model	NPAR	CMIN	DF	P	CMIN/DF
Default model	50	151,716	160	,668	,948
Saturated model	210	,000	0		
Independence model	20	5374,404	190	,000	28,286

RMR, GFI

Model	RMR	GFI	AGFI	PGFI
Default model	,026	,944	,926	,719
Saturated model	,000	1,000		
Independence model	,286	,289	,214	,261

Baseline Comparisons

Model	NFI Delta1	RFI rho1	IFI Delta2	TLI rho2	CFI
Default model	,972	,966	1,002	1,002	1,000
Saturated model	1,000		1,000		1,000
Independence model	,000	,000	,000	,000	,000

Parsimony-Adjusted Measures

Model	PRATIO	PNFI	PCFI
Default model	,842	,818	,842
Saturated model	,000	,000	,000
Independence model	1,000	,000	,000

NCP

Model	NCP	LO 90	HI 90
Default model	,000	,000	23,940
Saturated model	,000	,000	,000
Independence model	5184,404	4948,564	5426,597

EK-4. (Devam) Ölçüm modelinin AMOS 18 program çıktısı

Çizelge 4.7. (Devam) Ölçüm modeli için uyum değerleri

FMIN

Model	FMIN	F0	LO 90	HI 90
Default model	,600	,000	,000	,095
Saturated model	,000	,000	,000	,000
Independence model	21,243	20,492	19,560	21,449

RMSEA

Model	RMSEA	LO 90	HI 90	PCLOSE
Default model	,000	,000	,024	1,000
Independence model	,328	,321	,336	,000

AIC

Model	AIC	BCC	BIC	CAIC
Default model	251,716	260,768	428,583	478,583
Saturated model	420,000	458,017	1162,840	1372,840
Independence model	5414,404	5418,024	5485,150	5505,150

ECVI

Model	ECVI	LO 90	HI 90	MECVI
Default model	,995	1,028	1,122	1,031
Saturated model	1,660	1,660	1,660	1,810
Independence model	21,401	20,469	22,358	21,415

HOELTER

Model	HOELTER .05	HOELTER .01
Default model	318	342
Independence model	11	12

EK-5. Yapısal modelin AMOS 18 program çıktısı

Çizelge 5.1. Yapısal model için regresyon ağırlıkları tahminleri

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
Konumsal_Faktörler	<---	Idari_Faktörler	,244	,057	4,280	***	
Genel_Çevre_ Faktörler	<---	Idari_Faktörler	,227	,075	3,036	,002	
Fiziksel_Faktörler	<---	Idari_Faktörler	,080	,054	1,481	,139	
Fiziksel_Faktörler	<---	Konumsal_Faktörler	,189	,063	2,997	,003	
Zihinsel_Faktörler	<---	Idari_Faktörler	,213	,072	2,953	,003	
Zihinsel_Faktörler	<---	Genel_Çevre_ Faktörler	,155	,059	2,641	,008	
Zihinsel_Faktörler	<---	Fiziksel_Faktörler	,192	,091	2,122	,034	
Zihinsel_Faktörler	<---	Konumsal_Faktörler	,090	,083	1,085	,278	
F15	<---	Genel_Çevre_ Faktörler	1,000				
F14	<---	Genel_Çevre_ Faktörler	,925	,039	23,798	***	
F4	<---	Genel_Çevre_ Faktörler	1,044	,031	33,886	***	
F3	<---	Genel_Çevre_ Faktörler	1,026	,036	28,782	***	
F2	<---	Genel_Çevre_ Faktörler	,933	,040	23,227	***	
F22	<---	Idari_Faktörler	1,000				
F21	<---	Idari_Faktörler	,990	,028	35,419	***	
F20	<---	Idari_Faktörler	,955	,030	32,066	***	
F19	<---	Idari_Faktörler	1,081	,021	50,942	***	
F18	<---	Zihinsel_Faktörler	1,000				
F17	<---	Zihinsel_Faktörler	,903	,052	17,476	***	
F16	<---	Zihinsel_Faktörler	,814	,052	15,792	***	
F12	<---	Zihinsel_Faktörler	,940	,044	21,476	***	
F8	<---	Fiziksel_Faktörler	1,000				
F7	<---	Fiziksel_Faktörler	,972	,086	11,273	***	
F6	<---	Fiziksel_Faktörler	1,179	,086	13,668	***	
F5	<---	Fiziksel_Faktörler	1,015	,092	10,975	***	
F11	<---	Konumsal_Faktörler	1,000				
F10	<---	Konumsal_Faktörler	1,031	,047	21,785	***	
F9	<---	Konumsal_Faktörler	,982	,050	19,819	***	

EK-5. (Devam) Yapısal modelin AMOS 18 program çıktısı

Çizelge 5.2. Yapısal model için standardize regresyon ağırlıkları tahminleri

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

			Estimate
Konumsal_Faktörler	<---	Idari_Faktörler	,272
Genel_Çevre_ Faktörler	<---	Idari_Faktörler	,191
Fiziksel_Faktörler	<---	Idari_Faktörler	,098
Fiziksel_Faktörler	<---	Konumsal_Faktörler	,210
Zihinsel_Faktörler	<---	Idari_Faktörler	,194
Zihinsel_Faktörler	<---	Genel_Çevre_ Faktörler	,168
Zihinsel_Faktörler	<---	Fiziksel_Faktörler	,142
Zihinsel_Faktörler	<---	Konumsal_Faktörler	,074
F15	<---	Genel_Çevre_ Faktörler	,934
F14	<---	Genel_Çevre_ Faktörler	,882
F4	<---	Genel_Çevre_ Faktörler	,971
F3	<---	Genel_Çevre_ Faktörler	,934
F2	<---	Genel_Çevre_ Faktörler	,875
F22	<---	Idari_Faktörler	,956
F21	<---	Idari_Faktörler	,950
F20	<---	Idari_Faktörler	,932
F19	<---	Idari_Faktörler	1,001
F18	<---	Zihinsel_Faktörler	,910
F17	<---	Zihinsel_Faktörler	,814
F16	<---	Zihinsel_Faktörler	,770
F12	<---	Zihinsel_Faktörler	,905
F8	<---	Fiziksel_Faktörler	,729
F7	<---	Fiziksel_Faktörler	,718
F6	<---	Fiziksel_Faktörler	,951
F5	<---	Fiziksel_Faktörler	,700
F11	<---	Konumsal_Faktörler	,886
F10	<---	Konumsal_Faktörler	,935
F9	<---	Konumsal_Faktörler	,880

EK-5. (Devam) Yapısal modelin AMOS 18 program çıktısı

Çizelge 5.3. Yapısal model için varyans tahminleri

Variances: (Group number 1 - Default model)

	Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
Idari_Faktörler	,622	,060	10,303	***	
z3	,465	,053	8,798	***	
z1	,847	,086	9,839	***	
z2	,381	,059	6,472	***	
z4	,654	,072	9,090	***	
e5	,129	,014	9,026	***	
e4	,214	,021	10,148	***	
e3	,057	,010	5,957	***	
e2	,136	,015	9,028	***	
e1	,234	,023	10,229	***	
e9	,059	,006	10,196	***	
e8	,065	,006	10,407	***	
e7	,086	,008	10,825	***	
e6	-,001	,003	-,365	,715	
e13	,157	,023	6,665	***	
e12	,312	,033	9,460	***	
e11	,340	,034	9,934	***	
e10	,146	,021	6,875	***	
e17	,358	,037	9,766	***	
e16	,362	,037	9,889	***	
e15	,060	,023	2,550	,011	
e14	,437	,043	10,059	***	
e20	,137	,017	7,850	***	
e19	,077	,015	5,173	***	
e18	,141	,017	8,118	***	

EK-5. (Devam) Yapısal modelin AMOS 18 program çıktısı

Çizelge 5.4. Yapısal model için kareli çoklu regresyon tahminleri

Squared Multiple Correlations: (Group number 1 - Default model)

	Estimate
Konumsal_Faktörler	,074
Fiziksel_Faktörler	,065
Genel_Çevre_ Faktörler	,036
Zihinsel_Faktörler	,128
F9	,774
F10	,874
F11	,786
F5	,490
F6	,905
F7	,516
F8	,532
F12	,820
F16	,594
F17	,663
F18	,827
F19	1,001
F20	,868
F21	,903
F22	,913
F2	,765
F3	,872
F4	,944
F14	,778
F15	,872

EK-5. (Devam) Yapısal modelin AMOS 18 program çıktısı

Çizelge 5.5. Yapısal model için uyum değerleri

Model Fit Summary

CMIN

Model	NPAR	CMIN	DF	P	CMIN/DF
Default model	48	165,146	162	,417	1,019
Saturated model	210	,000	0		
Independence model	20	5374,404	190	,000	28,286

RMR, GFI

Model	RMR	GFI	AGFI	PGFI
Default model	,051	,939	,921	,724
Saturated model	,000	1,000		
Independence model	,286	,289	,214	,261

Baseline Comparisons

Model	NFI Delta1	RFI rho1	IFI Delta2	TLI rho2	CFI
Default model	,969	,964	,999	,999	,999
Saturated model	1,000		1,000		1,000
Independence model	,000	,000	,000	,000	,000

Parsimony-Adjusted Measures

Model	PRATIO	PNFI	PCFI
Default model	,853	,826	,852
Saturated model	,000	,000	,000
Independence model	1,000	,000	,000

NCP

Model	NCP	LO 90	HI 90
Default model	3,146	,000	37,608
Saturated model	,000	,000	,000
Independence model	5184,404	4948,564	5426,597

EK-5. (Devam) Yapısal modelin AMOS 18 program çıktısı

Çizelge 5.5. (Devam) Yapısal model için uyum değerleri

FMIN

Model	FMIN	F0	LO 90	HI 90
Default model	,653	,012	,000	,149
Saturated model	,000	,000	,000	,000
Independence model	21,243	20,492	19,560	21,449

RMSEA

Model	RMSEA	LO 90	HI 90	PCLOSE
Default model	,009	,000	,030	1,000
Independence model	,328	,321	,336	,000

AIC

Model	AIC	BCC	BIC	CAIC
Default model	261,146	269,835	430,938	478,938
Saturated model	420,000	458,017	1162,840	1372,840
Independence model	5414,404	5418,024	5485,150	5505,150

ECVI

Model	ECVI	LO 90	HI 90	MECVI
Default model	1,032	1,020	1,168	1,067
Saturated model	1,660	1,660	1,660	1,810
Independence model	21,401	20,469	22,358	21,415

HOELTER

Model	HOELTER .05	HOELTER .01
Default model	296	317
Independence model	11	12

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÖZÇELİK, Gökhan

Uyruğu : T.C.

Doğum tarihi ve yeri : 26.12.1987 Karabük

Medeni Hali : Bekar

Telefon : 0462 377 43 34

Fax :

e-mail : gozcelik78@hotmail.com

Eğitim

Decere	**Eğitim Birimi**	**Mezuniyet tarihi**
Lisans	Gazi Üniversitesi / Endüstri Mühendisliği Bölümü	2009
Lise	Mustafa Yazıcı Süper Lisesi	2005

İş Deneyimi Yıl	**Yer**	**Görev**
2010-2011	Karadeniz Teknik Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Resim, müzik, spor, tiyatro, sinema, teknoloji