

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ARALIK DEĞERLİ KÜRESEL BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ
PROSESİ YÖNTEMİ KULLANILARAK BİR YALIN OLGUNLUK
DEĞERLENDİRME MODELİ ÖNERİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Asiye YÜCEDAĞ GÜREL

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

OCAK 2024

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ARALIK DEĞERLİ KÜRESEL BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ
PROSESİ YÖNTEMİ KULLANILARAK BİR YALIN OLGUNLUK
DEĞERLENDİRME MODELİ ÖNERİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Asiye YÜCEDAĞ GÜREL

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Alper KİRAZ

OCAK 2024

Asiye Yücedağ Gürel tarafından hazırlanan “Aralık Değerli Küresel Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi Kullanılarak Bir Yalın Olgunluk Değerlendirme Modeli Önerisi” adlı tez çalışması 29.01.2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Jüri Başkanı : **Doç.Dr. Merve CENGİZ TOKLU**

 Sakarya Üniversitesi

Jüri Üyesi : **Doç. Dr. Alper KİRAZ (Danışman)**

 Sakarya Üniversitesi

Jüri Üyesi : **Doç. Dr. Caner ERDEN**

 Sakarya Üniversitesi

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğine ve Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesine uygun olarak hazırlamış olduğum “Aralık Değerli Küresel Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi Kullanılarak Bir Yalın Olgunluk Değerlendirme Modeli Önerisi” başlıklı tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın tüm aşamalarında yukarıda belirtilen yönetmelik ve yönergeye uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, bu tezi başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve 20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince Sakarya Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Enstitü tarafından belirlenmiş ölçütlere uygun rapor alındığımı, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun ortaya çıkması halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.

(04/02/2024).

Asiye Yücedağ Gürel

*Eşime, anne ve babama bu süreçte esirgemedikleri maddi ve manevi destekleri için
sonsuz teşekkürler..*

TEŞEKKÜR

Bu tasarım çalıőmasının her aşamasında bana desteğini esirgemeyen, değerli bilgilerinden ve engin tecrübelerinden yararlandığım, her konuda sabırla ve olumlu bir yaklaşım sunarak beni teşvik eden ve her aőamada yardımlarını esirgemeyerek bu çalışmanın oluőmasında buyk ölçüde katkı sağlayan çok değerli hocam Sayın Doç. Dr. Alper KİRRAZ 'a teőekkürlerimi sunarım.

Ayrıca canım anne ve babama, ve sevgili eşime, hayatın her alanında olduğu gibi eğitimimde ve bu tez çalışmasında da bana sağladıkları karőılıksız destek ve motivasyon için, ayrıca benim ailem oldukları için teşekkür ederim.

Asiye YÜCEDAĞ GÜREL

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	v
TEŞEKKÜR	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
SİMGELER	xv
TABLO LİSTESİ	xvii
ŞEKİL LİSTESİ	xix
ÖZET	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Konusu	2
1.2. Tezin Kapsamı	2
1.3. Tezin Amacı	3
2. LİTERATÜR TARAMASI	5
2.1. Yalın Üretim	5
2.1.1. Yalın tarihçesi ve tanımı	5
2.1.2. Yalın üretim araçları ve teknikleri	6
2.1.2.1. Yönetim ve liderlik	7
2.1.2.2. Kalite	8
2.1.2.3. Tam zamanında üretim (TZÜ)	8
2.1.2.4. Yalın teknikleri uygulamaları	9
2.1.2.5. Tesis yönetimi	10
2.1.2.6. Tedarikçi ilişkileri yönetimi	10
2.1.2.7. Üretim süreçleri	10
2.1.2.8. Çalışma koşulları	11
2.1.2.9. İnsanlar	11
2.1.3. Yalın uygulamanın faydaları	11
2.2. Performans Ölçümü ve Olgunluk Modelleri	12
2.2.1. Performans ölçümü	12
2.2.2. Olgunluk modelleri	13
2.2.2.1. Temel olgunluk modelleri	13
2.2.2.2. Yalın olgunluk modelleri	14
2.3. Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri	15
2.4. Faktör Analizi	20
2.4.1. Doğrulayıcı faktör analizi (DFA)	21
2.4.2. Model uyumu	23
2.4.3. İyi ölçüm karakteristikleri: Geçerlilik ve güvenilirlik	25
3. YÖNTEM	27
3.1. Modelin Tasarımı	27
3.1.1. Kriterlerinin belirlenmesi	29
3.1.2. Değerlendirme sorularının ve anket aracının oluşturulması	31

3.2. Modelin Ölçümü.....	32
3.2.1. Kriterlerin önem derecesinin tanımlanması : Uzman görüşleri	33
3.2.2. Kriterlerin ağırlıklandırılması	34
3.2.3. Kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması.....	34
3.2.3.1. IVSF-AHP yöntemi.....	34
3.2.3.2. IVSF-AHP yöntemi ile kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması	39
3.3. Modifikasyonlar ve İyileştirmeler	45
4. UYGULAMA VE ANALİZ.....	47
4.1. Verinin Elde Edilmesi	47
4.2. Validasyon.....	48
4.2.1. Doğrulayıcı faktör analizi.....	48
4.2.1.1. Yalın uygunluk seviyesi için ölçüm modeli.....	48
4.2.1.2. Doğrulayıcı faktör analizi uygulaması	49
4.2.1.3. Model uyumu	49
4.2.1.4. Geçerlilik ve güvenilirlik : Birleşim-ayrışım geçerliği	50
4.2.1.5. Eşzaman geçerliliği	51
4.2.2. Çıkarım.....	53
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	55
5.1. Bulgular ve Sonuçlar	55
5.2. Araştırma ve Uygulama İçin Öneriler	56
KAYNAKLAR.....	59
EKLER.....	67
ÖZGEÇMİŞ.....	71

KISALTMALAR

(S)RMR	: (Standartlaştırılmış) Kalıntı Kareleri Ortalamasının Karekökü (Standardized Root Mean Square Residual)
ADF	: Asimetrik Serbest Dağılım (Asymptotically Distribution Free)
AFA	: Keşfedici/Açımlayıcı Faktör Analizi
AGFI	: Düzeltilmiş Uyum İyiliği İndeksi (Adjustment Goodness Of Fit Index)
AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
ASV	: Ortalama Paylaşılan Varyansın Karesi
AVE	: Çıkarılan Ortalama Varyans
BAHP	: Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi
DFA	: Doğrulayıcı Faktör Analizi
CVM	: Kategorik Değişken Metodolojisi (Categorical Variable Methodology)
CFI	: Karşılaştırmalı Uyum İndeksi (Comparative Fit Index)
CI	: Tutarlılık İndeksi
CR	: Bileşik Güvenilirlik (Composite Reliability)
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
GFI	: Uyum İyiliği İndeksi (Goodness Of Fit Index)
GLS	: Genelleştirilmiş En Küçük Kareler (Generalized Least Squares)
İKY	: İnsan Kaynakları Yönetimi
IVIFS	: Aralık Değerli Sezgisel Bulanık Kümeleri (Interval-Valued Intuitive Fuzzy Sets)
IVSF-AHP	: Aralık Değerli Küresel Bulanık AHP (Interval-Valued Spherical Fuzzy AHP)
IVSWAM	: Aralık Değerlemeli Küresel Ağırlıklı Aritmetik Ortalama (Interval-Valued Spherical Weighted Average Mean)
ML	: Maksimum Olabilirlik (Maximum Likelihood)
MSV	: Maksimum Paylaşılan Varyansın Karesi
N/A	: Uygulanabilir değil (Not Applicable)
NFI	: Normlaştırılmış Uyum İndeksi (Normed Fit Index)
NS	: Neutrosophic Set
OEE	: Toplam Ekipman Verimliliği (Overall Equipment Efficiency)
PFS	: Pisagor Bulanık Kümesi (Pythagorean Fuzzy Set)

PÖS	: Performans Ölçüm Sistemi
RI	: Rastgele/Random İndeksi
RNI	: Göreli Merkezizlik İndeksi
RMSEA	: Yaklaşık hataların ortalama karekökü (Root Mean Square Error Of Approximation)
SFS	: Küresel Bulanık Kümeleri (Spherical Fuzzy Sets)
TLI	: Tucker-Lewis İndeksi
TO	: Tutarlılık Oranı
TPM	: Toplam Üretken Bakım
TKY	: Toplam Kalite Yönetimi
TZÜ	: Tam Zamanında Üretim
VSD	: Değer Akış Tasarlama (Value Stream Design)
VSM	: Değer Akış Haritalama (Value Stream Mapping)
YEM	: Yapısal Eşitlik Modelleme
YO	: Yalın Olgunluk
YODM	: Yalın Olgunluk Değerlendirme Modeli
YOS	: Yalın Olgunluk Seviyesi
YOM	: Yalın Olgunluk Modeli
YÜ	: Yalın Üretim
YÜS	: Yalın Üretim Sistemleri
TÜS	: Toyota Üretim Sistemi

SİMGELER

R^2	: R-kare değeri (korelasyon)
p	: P değeri
χ^2	: Ki-kare
λ	: Lambda
λ_{max}	: Lambda maksimum - Matrisin nispi ağırlığı

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1. Yalın olgunluk seviyelerinin belirlenmesine ilişkin literatür çalışması... 15	15
Tablo 2.2. BAHP yöntemlerinin karşılaştırılması. 17	17
Tablo 2.3. İndeksler ve eşik (cut-off) kriterleri seti..... 25	25
Tablo 2.4. DFA'da güvenilirlik ve geçerlilik ölçümleri için kesme kriterleri (Hair ve ark, 2019). 26	26
Tablo 3.1. Üretim hücrelerinde dört yalın olgunluk seviyesi (Maasouman ve Demirli, 2016). 29	29
Tablo 3.2. YODM için kullanılan yalın kriterleri, kodları ve literatür karşılıkları. .. 31	31
Tablo 3.3. YODM kriterlerinin Uzman 5'e göre önem derecesi sıralaması. 33	33
Tablo 3.4. İkili karşılaştırmalar için kullanılan dilbilimsel terimler (Gündoğdu and Kahraman, 2020)..... 36	36
Tablo 3.5. YODM kriterlerinin Uzman 5'e göre ikili karşılaştırması. 40	40
Tablo 3.6. Uzman 5 için ikili karşılaştırmasının normalizasyonu - 1. 41	41
Tablo 3.7. Uzman 5 için ikili karşılaştırmasının normalizasyonu - 2. 41	41
Tablo 3.8. Öncelik vektörünün hesaplanması. 42	42
Tablo 3.9. Tutarlılık oranı. 43	43
Tablo 3.10. Her bir kriter için hesaplanan bulanık ağırlıklar. 44	44
Tablo 3.11. Her bir kriter için hesaplanan bulanığı giderilmiş ağırlıklar..... 45	45
Tablo 4.1. Model uyum sonuçları. 50	50
Tablo 4.2. DFA sonuçları: Geçerlilik ve Güvenilirlik (Yakınsak ve Ayırıcı)..... 51	51
Tablo 4.3. 14 eksenin (kriterler) ve ML (olgunluk seviyesi) arasındaki regresyon analizinin sonucu (eşzamanlı geçerlilik)..... 52	52

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Yedi temel israf (Kaynak: Womack ve Jones (1996)).....	7
Şekil 2.2. Bulanık kümelerin genişlemeleri (Gündoğdu ve Kahraman, 2020).....	16
Şekil 3.1. Model Tasarımı.....	28
Şekil 3.2. Liderlik ve yönetim kriteri kapsamında örnek bir kontrol listesi.	32
Şekil 3.3. Anket çalışmasında kullanılan likert ölçeği ve açıklamaları.	32
Şekil 3.4. LMM değerlendirmesinin hiyerarşik yapısı.	39
Şekil 3.5. Karşılaştırma matrislerinin boyutuna göre rastgele indeks değerleri.	43
Şekil 4.1. LMM kriterlerinin IBM SPSS AMOS V26'da grafiksel bir gösterimi.....	49

ARALIK DEĞERLİ KÜRESEL BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ YÖNTEMİ KULLANILARAK BİR YALIN OLGUNLUK DEĞERLENDİRME MODELİ ÖNERİSİ

ÖZET

Yalın Yönetim, sürekli değişen koşullarda ve günümüz rekabet ortamında ayakta kalabilmek için en etkili ve güçlü metodolojilerden biri olarak kabul edilmektedir. Bir şirketin ürün ve hizmetlerine sürekli olarak değer katmak, her geçen gün gelişen ve ticari üstünlük kazanma çabasının bir o kadar zorlu olduğu küresel pazara uyum sağlamak için çok önemlidir. Bu nedenle Yalın Felsefe şirketler arasında giderek daha önemli ve popüler hale gelmekte ve şirketler Yalın uygulamalarına giderek daha fazla güvenmektedir. Yalın Felsefe, müşteriye hiçbir katkı sağlamayan süreçleri ortadan kaldırarak karlılığı ve kaliteyi artırmaya yardımcı olmakla kalmayıp, aynı zamanda üretimde ve verimlilikte esnekliği artırmayı da sağlamaktadır. Bu çalışmada Yalın Olgunluk Seviyesi'ne etki eden en önemli kriterler belirlenmiş ve şirketlerin Yalın Olgunluk ve Yalın Etkinlik seviyelerini tanımlamalarına ve anlamalarına yardımcı olacak bir Yalın Olgunluk Ölçüm Modeli geliştirilmiştir. Yakın zamanda tamamlanan ve Türkiye'nin birçok farklı sektöründen yalın metodolojisi ve teknikleri konusunda belli bir farkındalığa ve uygulamaya sahip firmaların katılımıyla, 187 orta ve üst düzey profesyonelle uygulanan 116 soruluk çevrimiçi anketten elde edilen verileri içeren bir vaka çalışması, önerilen yaklaşımın anlaşılmasına yardımcı olması için gerçekleştirilmiştir. Bu modelde yalın olgunluğu belirlemek için 9 ana 14 alt yalın kriter (yönetim ve liderlik, kalite, tam zamanında üretim, yalın yöntemler (gemba-kaizen, ergonomi ve 5S, değer akış haritalama, israf), toplam üretken bakım ve toplam ekipman verimliliği, tedarik zinciri yönetimi, üretim süreçleri, çalışma koşulları, insanlar) oluşturulmuş ve her bir kriter önce uzman değerlendirmelerine sonrasında ise bulanık çok kriterli karar verme metodu kullanılarak göre ağırlıklandırılmıştır. Yalın kriterlerinin önem derecesinin belirlenmesi ve geliştirilen değerlendirme modelinin ön testi için görüşlerine başvurulmuş uzman grubu, endüstri mühendisleri, akademisyenler ve üretim müdürleri olmak üzere beş kişiden oluşmaktadır. Bu çalışmada, ilk kez Aralık Değerli Küresel Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi, bir Yalın Olgunluk Değerlendirme Modeli kriterlerinin ağırlıklandırılmasında uygulanmıştır. Yalın Olgunluk Değerlendirme modeli için gerçekleştirilen modifikasyonlar ve hesaplamalar, yalın uzmanlarının değerlendirmeleri ve Aralık Değerli Küresel Ağırlıklı Aritmetik Ortalama yöntemi ile hesaplanan kriter ağırlıklarına dayanarak Excel aracılığıyla tamamlanmıştır. Anket çalışması aracılığıyla veri toplandıktan sonra, modelin uyumluluğunu, geçerliliğini ve güvenilirliğini test etmek için Doğrulayıcı Faktör Analizi, IBM SPSS AMOS V26 programı kullanılarak uygulanmıştır. Doğrulayıcı Faktör Analizi sonuçlarına göre, önerilen modelin geçerliliği ve standartlaştırılmış bir araç olarak yalın uygulayıcıları tarafından kullanılabilmesi başarıyla doğrulanmıştır. Yalın olgunluk seviyelerini belirlemek için Operasyonel Seviye Yalın Olgunluk Modelinde kullanılan seviyelendirme ölçeği (anlama, uygulama, iyileştirme ve sürdürülebilirlik) kullanılmıştır. Sonuçlar, endüstri yöneticilerinin piyasada rekabet edebilmek için endüstri performanslarını ve

etkinliklerini artıracak yalın araçlar üzerinde düşünmelerini ve çalışmalarını sağlayacaktır. Katılım sağlayan firmalardan elde edilen anket sonuçlarının analizi sonucunda, genel yalın olgunluk seviyesi 4 üzerinden 2.55 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, seviyelendirme ölçeğinde Seviye 3 - İyileştirme aralığına denk gelmektedir. Ankete katılan firmaların yalın olgunluk seviyesi yüzdesel olarak %64 olarak belirlenmiştir. Geliştirilen model, modelin iyiliğinin genel olarak iyi uyum sağlayıp sağlamadığını belirlemek amacıyla Doğrulayıcı Faktör Analizi ile istatistiksel açıdan test edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, Artımlı Model Uyumu kategorisinde yer alan Karşılaştırmalı Uyum İndeksi değeri 0,985 olarak hesaplanmış ve kabul edilebilir aralık değerlerine göre 'Mükemmel' olarak yorumlanmıştır. Mutlak Model Uyumu kategorisinde yer alan Ki-kare/df değeri 1,719 ile 'İyi', Yaklaşık hataların ortalama karekökü değeri 0,040 ile 'Mükemmel' ve Standart Ortalama Karekök Kalıntısı değeri 0,059 ile 'Mükemmel' aralıkta olması nedeniyle model uyumuna ilişkin güçlü kanıtlar göstermektedir. Kompozit Güvenilirlik değerleri, Yalın Olgunluk Değerlendirme Modeli'nin tüm eksenleri için 0.7 gerekliliğinin üzerinde olduklarını göstermektedir. Bu sonuçlar kriterlerin güçlü eşzaman geçerliliğini yansıtmaktadır. Ortalama Çıkarılan Varyans değerleri, gerekli değer olan 0,5'ten yüksektir ve yakınsak geçerliliğe dair güçlü kanıtlar sunmaktadır. Maksimum Paylaşılan Varyansın Karesi ve Ortalama Paylaşılan Varyansın Karesi gibi ayırıcı geçerlilik ölçütleri de ayırıcı geçerliliğe ilişkin güçlü kanıtlar sağlamak üzere gerekli kriterleri karşılamaktadır.

A LEAN MATURITY ASSESSMENT MODEL PROPOSAL USING INTERVAL-VALUED SPHERICAL FUZZY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS METHOD

SUMMARY

Lean Management is considered as one of the most effective and powerful methodology to survive in the constantly changing conditions and today's competition environment. Continuously adding value to a company's products and services is inevitable to adapting to this evolving and challenging global market. That is why Lean Philosophy is becoming increasingly important and popular among companies and they are relying more and more on it. It is not only assisting to increase profitability and quality by eliminating all processes that provide no value to the customer but also enabling to increase flexibility in production and in productivity. Lean Maturity Assessment Models are developed to easily define and track the Lean Journey of the enterprises. Lean maturity levels indicate the degree to which an organization is following lean practices. With an accurate and reliable implementation, based on the results, strengths and weaknesses in lean practices can be identified, the organization's lean progress can be observed and actions can be defined to achieve the objectives. Thus, companies have well-defined roadmaps to move to the next level of lean maturity. As the uncertainties are eliminated, positive improvements in outputs such as lower complexity level, higher profitability, shorter delivery time, or higher consumer satisfaction rate can be more easily observed. This study is based on a Maturity Model which consists of a self-assessment tool for defining Lean Maturity Level the production areas, and warehouses. With this study, the basic criteria affecting the lean maturity level were determined in a wide scope and then questions were formed under each criterion by feeding on the literature. Thereafter, methods of measuring the Lean Maturity Level were investigated. Based on the knowledge gap in this field, the purpose of this research is to help the following statements through the development of a dynamic, multi-dimensional lean maturity model (LMM) tailored for management and operational level. 1.A company can assess its overall leanness through using the Lean Maturity Assessment Model. 2.A company can define easily improvement points according to its Lean Maturity Level. 3.A company can set the target for the next level of lean maturity. 4.A company can have other outcome variables that are positively influenced by lean implementations. Such as complexity level, profitability (in %), delivery time, consumer satisfaction rate, organizational performance, agility and sustainability. Using this tool would be beneficial to managers, lean practitioners, and engineers in many ways, primarily in understanding current gaps in Lean adoption and in identifying further transformation opportunities. Since there is no one-best-way recipe for lean implementation, this study only intends to guide the firms with a detailed inspection opportunity of LML for mainly production and logistic areas. In this study, the criteria affecting the Lean Maturity level were determined and a Lean Maturity Measurement Model which helps companies to define and understand the level of Lean Maturity and Lean Effectiveness was developed. Recently completed a case study included data from an online survey with 116

questions which were conducted in the 187 middle to senior level professionals in Turkey from different industries, manufacturing and process organizations that have some degree of awareness and implementation of the axes of Lean Maturity Assessment Model, to help in understanding the proposed approach. In this model, 9 main 14 sub-lean criteria (management and leadership, quality, just in time, lean methods (gemba-kaizen, ergonomics and 5S, value stream mapping, waste), facility management (total productive maintenance and overall equipment effectiveness), supply chain management, production processes, working conditions, people) were generated to determine lean maturity level, and each criteria was weighted based on the assessments of experts. The group of experts whose assessments were consulted for the importance qualification of the lean criteria and pre-testing of the assessment model, consisted of five people, including industrial engineers, academics and production managers. In the paper, Interval-valued spherical fuzzy analytic hierarchy process method has been applied very first time to the weighting of the criteria of a Lean Maturity Assessment Model. Modifications and calculations of lean maturity model were completed via Excel by evaluating the reviews of lean experts and based on criteria weights which were calculated Interval-Valued Spherical Weighted Arithmetic Mean method. After collecting data through an online survey study, Confirmatory Factor Analysis in IBM SPSS AMOS V26 program has been applied to test the model fit, validity and reliability. The Confirmatory Factor Analysis approach successfully validated the proposed model, which can be used as standardized measurement instrument by lean practitioners. In order to determine the Lean Maturity Levels, the leveling scale (understanding, implementation, improvement, and sustainability) was used from the Operational Level Lean Maturity Model. The results will enable the industry managers, researchers and practitioners to think and work on lean tools to enhance their industry performance and effectiveness to compete in the market. As a result of the analysis of the survey results obtained from the participating companies, the overall lean maturity level was calculated as 2.55 out of 4. This result corresponds to the Level 3 - Improvement range on the leveling scale from the Operational Level Lean Maturity Model used in the study. The lean maturity level rate of surveyed companies was set 64%. The developed model was statistically tested with Confirmatory Factor Analysis to determine whether the goodness of fit of the model was generally good. According to the results obtained, the Comparative Fit Index value in the Incremental Model Fit category was calculated as 0.985 and interpreted as 'Excellent' according to the acceptable range values. The Chi-square/df value in the Absolute Model Fit category is 'Good' with 1.719, the Root Mean Square Error of Approximation value is 'Excellent' with 0.040 and the Standardized Root Mean Square Residual value is in the 'Excellent' range with 0.059, showing strong evidence of model fit. The Composite Reliability values show that they are above the 0.7 requirement for all axes of the Lean Maturity Assessment Model. These results reflect the strong concurrent validity of the criteria. The Average Variance Extracted values are higher than the required value of 0.5, providing strong evidence of convergent validity. Discriminant validity measures such as Maximum Shared Squared Variance and Average Shared Squared Variance also meet the required criteria to provide strong evidence of discriminant validity. Determining lean maturity levels allows businesses to improve efficiency by examining their processes. Compliance with lean principles can increase effectiveness and efficiency by reducing waste and optimizing business processes. Having a lean manufacturing approach can provide businesses with a competitive advantage. Being able to respond quickly to customer demands and reducing costs allows us to get ahead in the market. Determining lean maturity levels

is important to maintaining this competitive advantage. Lean principles can make business processes more flexible and adaptable. Businesses feel the need to determine their lean maturity level to quickly adapt to changing market conditions and increase their resilience. In a dynamic production environment, there is a need to adapt to constantly changing conditions. Lean models offer the opportunity to adapt and optimize business processes by focusing on continuous improvement principles. Lean models often take a modular approach, which helps businesses focus on priority areas and respond quickly to changes. Modularity makes the application more manageable in a dynamic environment. Nowadays, technological advances can make it easier to implement lean models. Automation, data analysis and other technological tools can support businesses in determining and improving their lean maturity levels. Implementing models based on lean principles can provide a return on investment in the long term. As businesses see advantages such as cost savings, increased customer satisfaction and operational efficiency, they can be rewarded for the time and resources they devote to these models. To adopt the lean philosophy and to properly implement and develop lean tools, it is useful to conduct a lean assessment using the lean checklist at regular intervals. As a recommendation, a soft assessment can be done twice a year with an internal auditor and a comprehensive check with an external auditor once a year. On the other hand, lean methods should be part of daily shop floor management. It is also recommended to develop a dynamic assessment system in line with changing needs over time by using the feedback of the previous assessments and by reviewing leanness results in comparison with performance.

1. GİRİŞ

Daha iyi performans sergilemek günümüz dünyasında hem hizmet hem imalat sektöründe faaliyet gösteren, kar amacı güden ve gütmeyen tüm işletmeler için sürekli bir hedef haline gelmiştir. Bu doğrultuda, kuruluşları iyileştirmek ve daha yüksek iş performansı elde etmek için tasarlanmış bir dizi araç, metodoloji ve model sunulmaktadır. Yalın Yönetim yaklaşımı, hızlı bir şekilde verimlilikte önemli bir artış sağlaması açısından, en etkili yaklaşım olarak görülmektedir (Urban, 2015).

Bilgi teknolojilerinin ön planda olduğu ve sürekli gelişen küresel pazarda, Yalın Düşünce ve Yalın Kavramlar büyük önem taşımaktadır. Yalın Düşünce'nin ana hedefi, israfı ortadan kaldırarak, kaynaklar ve süreçler için sürekli olarak daha fazla değer yaratmaktır.

Günümüz rekabet ortamında şirketlerin kendilerini ön plana çıkarmak ve yalın olgunluk seviyelerini artırarak sürekliliklerini sağlamak için yalın olgunluk kavramlarını detaylı bir şekilde ele almaları büyük önem taşımaktadır. Bu rekabet koşullarında, firmaların kalite standartlarını genişletebilmeleri ve yaşam döngülerini uzatabilmeleri ancak yalın olgunluk seviyelerinin belirli bir olgunluğa erişmesiyle mümkündür. Bu nedenle, Yalın araçlarının güvenilir aynı zamanda sürdürülebilir bir şekilde uygulanmasının önemi yadsınamaz. Fakat tam da bu noktada, Wan ve Chen (2009) tarafından da belirtildiği gibi, asıl soru 'Nasıl Yalın Olunacaktır?'(Wan ve Chen, 2009).

Bu çalışma, yalın olgunluk seviyesini tanımlamaya yönelik bir değerlendirme aracı oluşturmayı ve oluşturulan bu araç sayesinde, ağırlıklı olarak üretim ve depo alanları başta olmak üzere, farklı organizasyon biçimlerinin de yalın olgunluğunu ölçmeyi hedeflemektedir. Çalışma kapsamında, literatür araştırmalarıyla yalın olgunluk seviyesini etkileyen temel faktörler, biz onları kriterler ya da eksenler olarak adlandıracakız, belirlenmiş ve her bir kriteri tanımlayan soru setleri oluşturulmuştur.

Paralelde yalın olgunluk seviyesinin ölçülmesine ilişkin yöntemler ve bu zamana kadar kullanılan modeller incelenmiştir. Literatürde bu alandaki boşluktan yola çıkarak, bu araştırmanın amacı yönetimsel ve operasyonel seviyeye uygun, farklı

Üretim ve depolama tipleri için kullanılabilir, dinamik, çok boyutlu bir Yalın Olgunluk Değerlendirme Modeli (YODM) geliştirmektedir.

Bu aracın kullanılması sektördeki yöneticiler, mühendisler ve yalın uygulayıcıları için birçok açıdan faydalı olacaktır. Özellikle yalın uygulamalarla ilgili, literatürdeki mevcut boşlukların anlaşılması ve ileride daha kapsamlı dönüşüm olanaklarının belirlenmesi açısından yol gösterici bir çalışma niteliğindedir. Bu alışma sadece, yalın olgunluk seviyesinin detaylı incelenmesine olanak tanıyarak, firmalara rehberlik etmeyi amaçlamaktadır. Fakat Netland (2013)'ın da belirttiği belirtildiği üzere yalın uygulamalar için tek ve en iyi reçete olmadığından, her bir firmanın kendi özel durumlarını ve ihtiyaçlarını göz önünde bulundurarak, bunları karşılayacak şekilde yalın adaptasyonlarını gerçekleştirmeleri gerekebilir.

1.1. Tezin Konusu

Organizasyonlar yalın uygulamalarının implementasyon sürecinde farklı nedenlerden destek ihtiyacına gerek duymaktadır. Gerçek bir dönüşüm sürecinin gerçekleşebilmesi için, öncelikle mevcut durum analizinin doğru şekilde yapılması ve eksikliklerin iyi tanımlanması gerekmektedir. Yalın uygulayıcıları tarafından kimi durumlarda nasıl bir destek alınması gerektiği tam olarak bilinemezken, bazen de destek taleplerinin çözümü kompleks olmakta veya uzun sreler alabilmektedir. Bu durumlar organizasyonlara zaman ve mali açıdan bir yük getirmektedir. Organizasyon perspektifinden bu noktadaki ana sorun, yalın olgunluk seviyesinin doğru ve hızlı bir şekilde tespit edilememesidir. Yalın olgunluk seviyesi değerlendirme modeli, bu alandaki destek ihtiyacının karşılanması ve bu problemin çözümüne yardımcı olunması için sunulan pratik bir uygulama niteliğindedir.

1.2. Tezin Kapsamı

Organizasyonlarda yalın olgunluk seviyesini belirlemeye yönelik ortaya çıkan bu problemi çözmek için, bu tezin kapsamında bir YODM geliştirilmiştir. Model geliştirilirken, kapsamlı ve hassas bir literatür taraması gerçekleştirilerek, yalın araç ve tekniklerinden oluşan ve işletmelere maksimum fayda sağlayacağına inanılan üst başlıklar, bunlara etki eden ana ve alt faktörler, Aralık Değerli Küresel Bulanık AHP (IVSF-AHP) metodu kullanılarak ağırlıklandırılmıştır. Bu ağırlıklandırma çalışmasına yön vermesi ve modelin tasarımı aşamasına katkı sağlaması amacıyla uzman

görüşlerine başvurulmuştur. Modifikasyonlar ve iyileştirmeler kapsamında yapılan iterasyonlarla model finalize edilmiş ve çevrimiçi bir anket yardımıyla, sektördeki birçok farklı firmadan veri toplanmıştır. Toplanan veriler analiz edilerek, önerilen modelin validasyonu ve standardizasyonu, Doğrulayıcı Faktör Analizi (DFA) metodu kullanılarak sağlanmıştır.

1.3. Tezin Amacı

Bu araştırmanın amacı yönetimsel ve operasyonel seviyeye uygun, farklı üretim ve depolama tipleri için kullanılabilen, dinamik, çok boyutlu bir YODM geliştirerek aşağıdaki hedeflere katkı sağlamaktır:

- Firmalar, YODM'ini kullanarak, yalın olgunluk seviyeleri konusunda bilgi sahibi olabilir ve benzer kuruluşlarla kendi mevcut durumlarını karşılaştırabilir.
- Firmalar, belirlenen yalın olgunluk seviyesine göre, uygulama olmayan ya da eksik ve/veya yanlış uygulama yapılan alanlarda ya da potansiyel iyileştirmeler için aksiyon tanımlayabilir.
- Firmalar, bir üst seviye Yalın Olgunluğa(YO) ulaşmak için, belirlenen aksiyonlar doğrultusunda kısa, orta ve uzun vadeli hedefler belirleyebilir.
- Firmalar, yalın olgunluk seviyesini artırırken, yalın uygulamalarından olumlu etkilenen bazı başka çıktılar elde edebilirler. Örneğin; karmaşıklığın azalması, yüzdesel olarak karlılık artışı, teslimat sürelerinin kısalması, tüketici memnuniyet oranının artması, organizasyonel performans artışı, daha çevik ve daha sürdürülebilir bir iş modeline sahip olunması gibi.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Günümüzde çok sayıda işletme, ya çoktan Yalın Dönüşüm konusunda çalışmaya başlamış ya halen çalışmakta ya da bunu planlamaktadır. Abdulmalek ve Rajgopal (2007)'a göre, Yalın Dönüşüm Süreci'nin uygulanmasının temel amacı, giderek küreselleşen bir pazarda bir kuruluşun rekabet gücünü korumaktır. Pay (2008) tarafından bildirildiği üzere, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki endüstrilerin %70'i bu süreci uygulamakta, ancak bunların sadece %2'si hedeflerine tam olarak ulaşmakta ve %74'ü Yalın kültür ile ilgili ilerleme kaydedemediklerini itiraf etmektedir. Im ve Lee (1989)'ye göre, Yalın'ın üretkenliği ve rekabet gücünü artırdığı, araçların neler olduğu ve "ne" yapılması gerektiği iyi bir şekilde belgelenmiştir. Ancak uygulama basit bir süreç değildir, bu yazarların araştırmasına göre 90'lı yıllardan önce bile Yalın uygulamaların "nasıl" uygulanacağı konusunda bazı endişelerin olduğunu söylemek mümkündür. Dolayısıyla, Yalın uygulamaların etkili ve aynı zamanda verimli olmasını sağlamanın bir yolunu bulma ihtiyacı açıktır.

Bu bağlamda literatür incelendiğinde, son dönemdeki olgunluk modellerine olan ilginin arttığı görülmektedir (Becker ve ark, 2010). Nesensohn (2014)'un da vurguladığı gibi, yön belirlemek, iyileştirme fırsatlarını önceliklendirmek ve kültürel değişikliklere önderlik etmek amacıyla bir olgunluk modeli kullanmak, büyük dönüşüm değişikliklerini yönetmenin yararlı bir yoludur.

2.1. Yalın Üretim

2.1.1. Yalın tarihçesi ve tanımı

Yalın konsepti, ikinci dünya savaşından sonra Japon üreticilerin harap olmuş tesisleri yeniden inşa etmek için gereken büyük yatırımları karşılayamayacaklarını fark etmeleriyle Japonya'da ortaya çıkmıştır. Toyota, daha az envanter, daha az insan çabası, daha az yatırım ve daha az kusurla otomobil üretti ve daha büyük ve sürekli büyüyen bir ürün çeşitliliği sundu. Yalın üretim, maliyeti azaltarak, üretkenliği ve kaliteyi artırarak üreticilere rekabet avantajı sağlar (Bhamu ve Singh Sangwan, 2014). Ohno 1978 yılında Japonya'da "Toyota Üretim Sistemi (TÜS)"ni yayınlamış ve "Tam Zamanında Üretim (TZÜ)" düşüncesinin arkasında Ford Üretim Sistemlerini ve

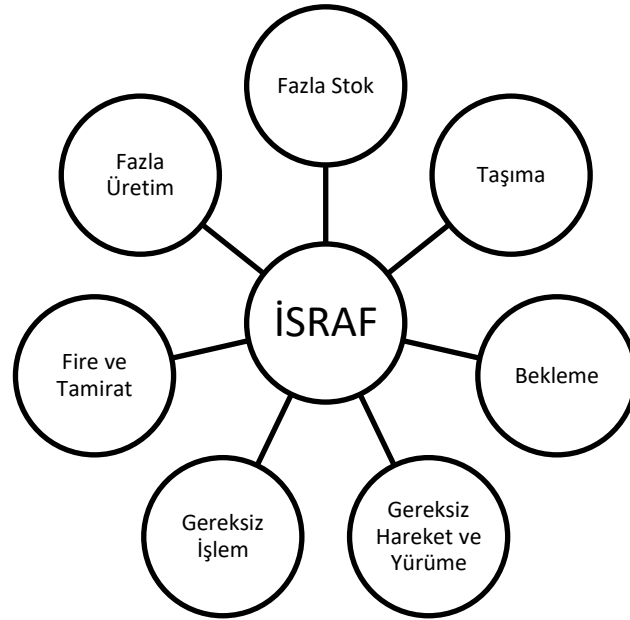
amerikan süpermarketlerini göstermiştir (Shah ve Ward, 2003). TÛS, üretim sistemlerindeki her türlü israfı ve tutarsızlığı ortadan kaldırmayı hedeflemiştir. TÛS, TZÛ ve Jidoka olmak üzere iki temel unsurdan oluşmaktadır (Liker ve Choi, 2004). Başlangıçta, stok azaltmaya yönelik konsepti ve ölçülebilir faydaları nedeniyle, bazı araştımacılar sadece TZÛ'e odaklanmıştır. TÛS'in başarısı, küresel olarak imalat endüstrileri tarafından geniş çapta kabul görmesiyle sonuçlanmış ve daha sonra, diğer geleneksel olmayan endüstrilere yayılmıştır. TÛS felsefesi, daha yaygın olarak bilinen "Yalın Üretim" (YÛ) teriminin oluşturulmasından önce kullanılmıştır (Jasti ve Kodali, 2015).

YÛ kavramı resmi olarak Krafcik (1988) tarafından "Triumph of the lean production system" adlı makalede tanıtılmıştır. Akabinde Womack ve Jones (1990) tarafından yayınlanan "The Machine That Changed the World (Dünyayı Değiştiren Makine)" kitap sayesinde YÛ terimi daha fazla popülerlik kazanmıştır. Ana hatlarıyla YÛ, israfın ortadan kaldırılmasını ve süreç akışının daha düzenli ve verimli hale getirilmesini amaçlamaktadır (Liker ve ark, 1996). Çeşitli yazarlar, yalın uygulamanın üretim teslim süresi, işlem süresi, döngü süresi, kurulum süresi, envanter, kusurlar ve hurdalar ve genel ekipman etkinliğinde iyileşme gibi nicel faydalarını belgelemiştir. Çeşitli niteliksel faydalar arasında gelişmiş çalışan morali, etkili iletişim, iş tatmini, standartlaştırılmış temizlik, ekip "kararı alma vb. yer almaktadır (Bhamu ve Singh Sangwan, 2014). Günümüzde, içinde bulunduğumuz küresel rekabet çağında, yalın ilkeler imalat, bankacılık, sağlık ve hatta kar amacı gütmeyen kuruluşlarda bile uygulanmaktadır (Maasouman ve Demirli, 2016).

2.1.2. Yalın üretim araçları ve teknikleri

şirketlerin faaliyetlerini geliştirmek için alınan aksiyonlar, yalın üretim tekniklerinin etkili bir şekilde uygulanması sayesinde başarıya ulaşabilir. Yalın araçlarını uygulamanın en etkin yolu ise, gerekli tüm öğeleri bir araya getirerek, uygulama adımlarını sırasıyla gerçekleştirmektir. Literatürde birçok yalın tekniği bulunmaktadır. Shah ve Ward (2003) tam zamanında üretim (TZÛ), toplam üretken bakım (TPM), toplam kalite yönetimi (TKY) ve insan kaynakları yönetimi (İKY) olmak üzere toplam dört kategoride sınıflandırılmış 22 farklı yalın uygulama tekniğinden bahsetmişlerdir. Papadopoulou ve Özbayrak (2005) çalışmasında yalın uygulamaları; üretim alanı yönetimi, ürün / süreç odaklı yönetim, üretim planlama-çizelgeleme kontrol, yalın bütünleşme, işgücü yönetimi ve tedarik zinciri yönetimi olarak altı kategoriye

ayırıştır. Moyano-Fuentes ve Sacristan-Diaz (2012) yalın üretim literatürünü içsel yönden (atölye yönetimi), değer zinciri, iş organizasyonu ve coğrafi bağlam olarak farklı şekilde incelenmiştir. Bu çalışmaların temelini ise yedi temel israf oluşturmaktadır. Şekil 2.1’de yedi temel israf gösterilmektedir. Anvari ve arkadaşlarına (2014) göre, doğru araçların seçimi, kuruluşlarda Yalın uygulamanın başarısını veya başarısızlığını belirleyen en önemli faktörlerden biridir. Ayrıca, kurumların Yalın Olgunluk Seviyesi’nin doğru şekilde tespiti ve belirlenen rasyonel hedeflere ulaşma başarısı, doğrudan iyi tanımlanmış kriterlere ve bunların uygulanma şekline bağlıdır. Yalın olgunluk kriterlerine ilişkin literatür taraması Ek A’ da gösterilmiştir. Bu çalışmada yer alan tüm kriterlere devam eden başlıklarda yer verilmiştir.



Şekil 2.1. Yedi temel israf (Womack ve Jones, 1996)

2.1.2.1. Yönetim ve liderlik

Yalın üretim uygulamasının kanıtlanmış faydalarına rağmen, yalın üretimi uygulamaya yönelik birçok girişim hedeflerin gerisinde kalmıştır (Gurumurthy ve Kodali, 2011; Turesky ve Connell, 2010; Womack ve ark, 1990). Yalın üretim uygulamasıyla ilgili başarısız liderlik çabaları, şirketlerin yüksek üretkenliğe sahip küresel rekabetten kaynaklanan artan risklerle karşı karşıya kalmasına yol açabilir (Sim ve Rogers, 2009). Bu nedenle, başarılı yalın dönüşüm girişimleriyle ilişkili liderlik tarzının daha iyi anlaşılması, kuruluşlardaki liderler yalın üretimi uygulamaya ve sürdürmeye çalışırken başarı olasılığını artırabilir (Pakdil ve Leonard, 2015;

Turesky ve Connell, 2010). Uygun bir liderlik tarzı olmadan, büyük ölçekli kurumsal dönüşüm girişimlerinin çoğu hedeflerine ulaşmada başarısız olmaktadır (Turesky ve Connell, 2010).

2.1.2.2. Kalite

Kalite üç alt prensip altında incelenmektedir.

i. Toplam Kalite Yönetimi (TKY)

TKY, sürekli iyileştirmeyi, müşteri gereksinimlerini karşılamayı, düzeltmeleri azaltmayı, uzun vadeli düşünmeyi, çalışanların katılımını ve ekip çalışmasını artırmayı, süreci yeniden tasarlamayı, rekabetçi kıyaslamayı, ekip temelli problem çözme, sonuçların sürekli ölçümünü ve tedarikçilerle daha yakın ilişkileri vurgulayan entegre bir yönetim felsefesi ve uygulamalar bütünüdür (Ross, 1993).

ii. Standartlaştırma ve Standart Çalışma

Standardizasyon, sürecin belli bir çerçevede şekillendirilmesi ve aynı şekilde uygulanmasıdır. Bu yapıyı kalıcı hale getirmek için belli bir prosedüre bağlı kalmak gerekir. Standart iş ile, her bir iş faaliyetinin kesin bir tanımı vardır ve tüm işler, israf olmadan verimli bir sekans oluşturmak için insan hareketi etrafında düzenlenir. Standart işi oluşturan üç unsur takt süresi, çalışma akışı ve standart süreç içi stoktur (Ohno, 1989). İstikrarlı, standartlaştırılmış süreçler gereklidir, aksi takdirde tam zamanında üretim üretimsizlik anlamına gelecektir (Liker ve Morgan, 2006).

iii. Jidoka

Jidoka daha az bilinen ve daha karmaşık bir kavramdır. İnsan zekasına sahip bir makineyi temsil eder. Zeka, basit bir görevi yerine getirmektir - bir standart sapmayı tespit etmek ve yardım beklerken kendini durdurmak gibi. Bu kavram, operatörlerin bir ipi ya da halatı çekerek herhangi bir sorun olduğunda üretimi durdurduğu manuel süreçlere kadar genişletilmiştir (Liker ve Morgan, 2006). Jidoka kaynakta kalite ya da yerleşik kalite ile ilgilidir. Jidoka işçiyi bir düşünür olarak güçlendirir ve tüm işçilere üzerinde çalıştıkları hattı durdurma hakkı tanır (Monden, 1994).

2.1.2.3. Tam zamanında üretim (TZÜ)

Tam Zamanında Üretim, stokları ve maliyetleri azaltmak amacıyla her şeyin doğru zamanda üretilmesi, taşınması veya satın alınması gereken bir üretim yönetim

sistemidir (Lubben, 1988). Süreçler boyunca malzeme akışını çok hızlı hale getirmek, doğru parçayı doğru zamanda doğru yere ulaştırmakla ilgilidir (Liker ve Morgan, 2006).

2.1.2.4. Yalın teknikleri uygulamaları

Bu çalışmada, Yalın teknikler dört alt prensip altında incelenmektedir.

i. Gemba (Git ve Gör) & Kaizen (Sürekli İyileştirme)

Üretim endüstrilerinde; 'operasyonel yalınlık' ve 'yeni değer yaratıcılığı' yoluyla sürekli iyileştirme, operasyonel mükemmelliğe ulaşmak için anahtar başarı faktörleridir (Leung ve Lee, 2004). Gemba, Japoncada değer yaratıldığı gerçek yer olarak bilinir. Özetle git ve gör anlamına gelir. Kaizen pratikte evrensel bir kelime haline gelmiştir ve sürekli iyileştirme anlamına gelir. Ancak çoğu kuruluşta kuruluşun tamamına yayılan gerçek bir sürekli iyileştirme olarak nadiren uygulanmaktadır. Kaizen yalın bir sistemde isteğe bağlı değildir. Envanterin düşürülmesi, sorunların operasyonu gerçekten durdurması ve sonraki süreçleri parçalar için aç bırakması anlamına gelir. Jidoka, bir sorun olduğunda makinelerin ve insanların sistemi kapatması anlamına gelir. Bu, sorunları su yüzüne çıkarır ve insanlar sorunları çok hızlı bir şekilde çözebilecek kadar yetenekli ve motive ise harikadır. Aksi takdirde sonuç basitçe üretim verimliliğinin ve rekabet gücünün erozyona uğramasıdır (Liker and Morgan, 2006). Araştırmacılar hem tek vaka çalışması hem de anket araştırma tasarımlarında kaizen, sürekli akış, 5S, görsel fabrika ve tek tip iş yüküne neredeyse eşit önem vermişlerdir (Jasti ve Kodali, 2014).

ii. Ergonomi ve 5S

5S ve yaygın görsel yönetim, tipik bir üretim ve ofis ortamındaki dağınıklığı ve verimsizliği azaltmak için gereklidir (Bhasin e Burcher, 2006). 5S yaklaşımı işyerini düzenler, düzenli ve temiz tutar, standartlaştırılmış koşullar oluşturur ve gösterilen eforun sürdürülebilmesi için disiplini sağlar. 5S görsel kontrol ve yalın üretim için uygun bir işyeri yaratır ve görsel yönetim ile standart çalışma yöntemlerini teşvik eder. 5S için kullanılan beş Japonca terim şunlardır: Seiri, gerekli aletleri, parçaları ve talimatları gereksiz malzemelerden ayırmak ve gereksiz olanları kaldırmak; Seiton, basitleştirmek, düzene koymak ve yapılandırmak, parçaların ve aletlerin kolayca tanımlanmasını ve kullanılmasını sağlamak; Seiso, bir temizlik kampanyası yürütmek; Seiketsu, bir işyerini mükemmel durumda tutmak için günlük olarak standartlaştırmak,

stabilize etmek ve uygunluğu sağlamak ve Shitsuke, her zaman ilk dört S'yi takip etme alışkanlığı oluşturmak anlamına gelir (Peterson ve Smith, 1998).

iii. Değer Akışı Haritalama (VSM)

Birçok araştırmacı değer akışı haritalamayı, bekleme israfını ve gereksiz hareketleri belirlemek için bir araç olarak kullanmıştır (Jasti ve Kodali, 2014). VSM, ilk olarak, bir ürünün üretim yolunu baştan sona takip etmek ve malzeme ve bilgi akışlarındaki her sürecin görsel bir temsilini çizmek için kullanılan bir yöntemdir. İkinci olarak, israfı azaltmak ve yalın üretime ulaşmak için değer akışının nasıl olması gerektiğine dair istenen gelecek durum haritası çizilir (Jones, 1995). Yalınlık, zaman da dahil olmak üzere tüm israfı ortadan kaldırmak ve dengeli bir planlama sağlamak için bir değer akışı geliştirmek anlamına gelir (Naylor ve ark, 1999).

iv. Atık ve Kayıp Yönetimi

İsraf, zamana, paraya ve kaynaklara mal olan ancak müşterinin bakış açısından değer katmayan şeylerdir. Müşterilere değer katmaya odaklanmak için israfı ortadan kaldırmak, süreci iyileştirmek için çalışan mühendisler için ortak bir referans noktası sağlar (Liker ve Morgan, 2006).

2.1.2.5. Tesis yönetimi

Tesis Yönetimi aşağıdaki adımları gerektirir (Maasouman ve Demirli, 2016):

- Günlük bakım faaliyetlerinin standartlaştırılması
- Otonom bakım
- OEE hesaplama ve iyileştirme
- Önleyici, kestirimci ve proaktif bakım
- Ekipman anormalliklerinin giderilmesi

2.1.2.6. Tedarikçi ilişkileri yönetimi

Kuruluşun tedarikçilerle aktif bir şekilde bağlantılar geliştirmesi ve karşılıklı fayda için onlarla yakın bir şekilde çalışması gerekmektedir (Bicheno, 1999; Henderson ve ark, 1999).

2.1.2.7. Üretim süreçleri

Üretim Süreçleri aşağıdaki adımları gerektirir (Maasouman ve Demirli, 2016):

- Üretim süreçlerinin standartlaştırılması

- Süreç yeterlilik analizi ve iyileştirme

2.1.2.8. Çalışma koşulları

Çalışma koşulları, yalın olgunluk seviyesini tanımlarken oldukça önemli bir olgudur. Güvenlik, ergonomi ve çevresel koşullarla doğrudan ilişkilidir (Maasouman ve Demirli, 2016).

2.1.2.9. İnsanlar

Bir kurumu yalın ve öğrenen bir işletmeye dönüştürmek için uzun vadeli düşünce, süreçler, insanlar ve sorun çözmenin doğru bir kombinasyonuna ihtiyaç vardır (Liker, 2004).

2.1.3. Yalın uygulamanın faydaları

Yalın uygulamasının birçok faydası vardır. Bu faydalar bilinenin aksine, sadece operasyonel iyileştirmeler değildir. Yalın uygulamaları, operasyonel iyileşmelerinin yanı sıra, idari ve stratejik kategorilerde de iyileştirmeler sağlar. Yalın'ın faydalarından bazıları aşağıda özetlenmiştir (Kilpatrick, 2003):

Operasyonel İyileştirmeler

- Teslimat süresinde (çevrim süresi) azalma
- Verimlilikte artış
- Süreçteki iş envanterinde azalma
- Kalitede artış
- Alan kullanımında azalma

İdari İyileştirmeler

- Sipariş işleme hatalarında azalma
- Müşterileri hizmetlerini iyileştirilmesi
- Ofis alanlarında evrak işlerinin azaltılması
- Aynı sayıda ofis personelinin daha fazla sayıda siparişi ele almasını sağlayarak personel sayısının azaltılması
- Yalınlaşmayla azalan ve kolaylaştırılan iş adımları, şirketin müşteri ihtiyaçlarına odaklanabilmesini sağlar
- İşgücü değişim oranının ve buna bağlı yıpranma maliyetlerinin azaltılması

- İş standartlarının uygulanması ve işe alım kriterlerinin belirlenmesi sayesinde, qualificationları daha yüksek kişilerin işe alınmasını sağlar

Stratejik İyileştirmeler

- Pazarlama tekniklerinde iyileşmeler
- Daha büyük pazar payı elde etmede avantajların oluşması

2.2. Performans Ölçümü ve Olgunluk Modelleri

2.2.1. Performans ölçümü

Schmitz ve Platz (2003)'e göre, performans ölçümü bir firmanın stratejisine dayanmakta ve böylece stratejik girişimlerin uygulanması ve izlenmesi desteklenmektedir. Performans kriterlerinin belirlenmesi ve bu kriterler için hedeflerin tanımlanması, firmanın stratejik tercihlerinin somut bir ifadesini oluşturur. Strateji, operasyonel faaliyetlerde yönetime rehberlik eden belirli hedeflere dönüştürülmelidir. Hedeflere ulaşma olasılığını artırmak için, "planlanan" ile "gerçekleşen" arasındaki farklılıkların gözden geçirilmesi, düzeltici faaliyetlerin gerçekleştirilmesine olanak tanır. Ancak, elde edilen sonuçlar, bu hedefleri ve stratejik seçimleri revize etme ve iyileştirme ihtiyacını da ortaya koyabilir. Bir performans ölçüm sistemi (PÖS)'nin gelişimi kavramsal olarak; tasarım, uygulama ve kullanım aşamalarına ayrılabilir. Tasarım aşaması, kilit hedeflerin belirlenmesi ve ölçütlerin tasarlanması ile ilgilidir. Uygulama aşamasında sistem ve prosedürler, ölçümlerin düzenli yapılmasını mümkün kılan verinin toplanması ve işlenmesi için kullanılır. Kullanım aşamasında operasyonların verimli ve etkin olup olmadığını ve stratejinin başarılı olarak uygulanıp uygulanmadığını değerlendirmek için yöneticiler ölçüm sonuçlarını gözden geçirirler (Konur, 2011). Lohman ve ark. (2003) göre, performans ölçüm geliştirmenin 9 Adımı aşağıda belirtildiği gibidir:

1. Firmanın misyon ifadesinin açıkça tanımlanması
2. Misyon ifadesini kullanarak firmanın stratejik hedeflerinin belirlenmesi (karlılık, pazar payı, kalite, maliyet, esneklik, bağımlılık ve yenilik)
3. Çeşitli stratejik hedeflere ulaşmada her bir fonksiyonel alan rolünün anlaşılmasının geliştirilmesi
4. Her bir fonksiyonel alan için, firmanın genel rekabet pozisyonunu tepe yönetime tanımlayabilecek global performans ölçütlerinin geliştirilmesi

5.Stratejik hedef ve performans amaçlarının organizasyondaki en alt kademelere iletilmesi. Her bir kademedede daha spesifik performans kriterlerinin kurulması.

6.Her bir kademedede kullanılan performans kriterleri ile stratejik hedeflerde tutarlılık sağlanması

7.Tüm fonksiyonel alanlarda kullanılan performans ölçütlerinin uyumunun sağlanması

8.PÖS'nin kullanılması

9.Mevcut rekabet ortamına göre kurulan PÖS uygunluğunun periyodik olarak değerlendirilmesi.

2.2.2. Olgunluk modelleri

Tahmin edilebilir evrim ve değişim paternleri varsayımına dayanan olgunluk modelleri genellikle başlangıç durumundan olgunluğa doğru, öngörülen, istenen veya mantıksal bir yol oluşturan bir dizi seviye yahut aşama içerir (Pöppelbuß ve Röglinger, 2011; Jasti ve Kodali, 2015; Krafcik, 1988; Womack ve ark, 1990). Bu bağlamda, olgunluk seviyeleri bir kuruluşun belirli bir varlık türüne ilişkin mevcut ya da hedeflenen yeteneklerini gösterir (Liker ve ark, 1996). Olgunluk modelleri genellikle mevcut durumu değerlendirmek, iyileştirme faaliyetlerini belirlemek ve önceliklendirmek, ve ilerlemeyi takip etmek için kullanılır (Maasouman ve Demirli, 2016). Pratikteki uygulamalara gelince, olgunluk modellerinin mevcut ve hedeflenen olgunluk seviyelerini açıklaması ve ilgili iyileştirme faaliyetlerini içermesi beklenmektedir (Pöppelbuß ve Röglinger, 2011). Burada amaç, eksik olan yetkinliklerin tespit edilmesi ve ortadan kaldırılmasıdır. Olgunluk modelleri, sistemleri sürekli iyileştirmek için çalışan motorlar, kuruluşlara rehberlik etmek için çizilen yol haritaları ya da yeni yapılar tasarlamak için çizilen taslaklar gibidir (Pöppelbuß ve Röglinger, 2011). Öte yandan, dünya standartlarında herhangi bir üretim ilkesinin geliştirilmesinde, başarılı bir uygulama süreci için değerlendirme yapılmasında kritik öneme sahiptir (Becker ve ark, 2009).

2.2.2.1. Temel olgunluk modelleri

Crosby (1979) belirttiği üzere, olgunluk modelleri ile seviyeleme metodları ilk olarak kalite yönetimi araştırmaları sırasında ortaya çıkmıştır. Bu seviyelerin belirlenmesinin temel amacı firmanın faaliyet alanında veya hedefleri çerçevesinde seviyesinin ölçülmesi ve performans iyileştirmesi için temel yol haritasının çizilmesidir (Konur,

2011). En iyi bilinen olgunluk düzeyi modeli Entegre Kapasite Olgunluk Düzeyi Modeli (CMMI) olarak bilinmektedir (Dominique ve ark, 2010). Bu model Yazılım Mühendisliği Enstitüsü (SEI, 2004) tarafından 1990larda geliştirilmiştir. Bu model genellikle mühendislik faaliyetleri alanında kullanılmıştır. Modelin ana amacı sistemi en üst olgunluk seviyesine çıkarmaktır. Bu modelde 5 olgunluk düzeyi bulunmaktadır. Bunlar:

Seviye-1 Başlangıç: Süreçler net olarak tanımlanmamış ve standartlaştırılmamıştır. Performans düzenli olarak takip edilmemektedir.

Seviye-2 Yönetilebilir: Ölçülebilir süreçler planlanmış, yönetilebilir, denetlenen faaliyetler- den oluşmaktadır.

Seviye-3 Tanımlanmış: Süreçler standart hale getirilmiş ve hedefleri tanımlanmış organizasyonun tüm bölümleri tarafından sahiplenilmiştir.

Seviye-4 Kantitatif Yönetim: Tüm organizasyonun süreçler için performans hedefleri oluşturulmuştur. Performans hedefleri sadece organizasyonel değil, bunun yanında müşteri taleplerini de içermektedir. Tüm çıktılar kantitatif olarak ölçülmektedir.

Seviye-5 Optimizasyon: Süreç performansları kantitatif olarak analiz edilmekte ve sürekli geliştirilmektedir.

2.2.2.2. Yalın olgunluk modelleri

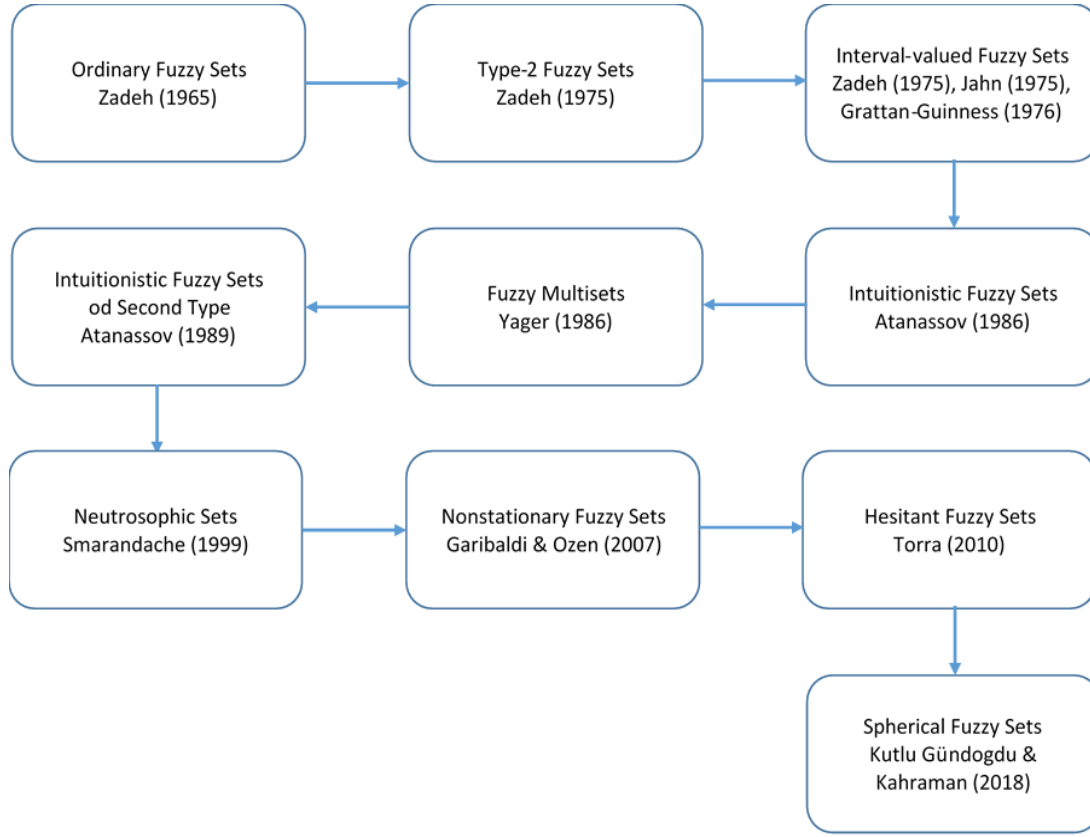
Kuruluşun zaman içinde yalın olgunluk seviyesi değişimlerini izlemek ve yalın yolculuk boyunca sürecin ilerleyişini değerlendirmek için birden fazla kontrol listesinden oluşan bir değerlendirme aracı ile birlikte iyi tanımlanmış bir olgunluk modeline ihtiyaç duyduğu ortadadır. Yalın uygulama aynı zamanda kurum kültürünü şekillendirmek için kademeli bir süreçtir. Bu nedenle, olgunluk değerlendirme modellerinin, bir üst yalın olgunluk seviyesine ulaşması için, yalın dönüşümünü takip ederek, kademeli ve adım adım ilerleme olacak şekilde uygulanması gerekir (Gottschalk, 2009). Cetnarski ve ark. 2019 tarafından yapılan, Yalın olgunluk seviyesi belirleme araçlarına ilişkin literatür taramasına göre, 1996 ve 2015 yılları arasında geliştirilmiş 51 model bulunmaktadır. Bu durum, yalın olgunluk modellerine yönelik akademik ilginin arttığının bir göstergesidir (Rosemann ve De Bruin, 2005). Tablo 2.1, 2007 ve 2022 yılları arasında ilgili makalelerde bahsedilen yalın olgunluk modellerini ve bu modellerde kullanılan yalın olgunluk seviyelerini göstermek amacıyla oluşturulmuştur.

Tablo 2.1. Yalın olgunluk seviyelerinin belirlenmesine ilişkin literatür çalışması.

Model	Yazar (Yıl)	Yalın Olgunluk Seviyeleri						
		0	1	2	3	4	5	6
JORGE NSEN	F.Jorgensen, ve ark. (2007) C.	-	Sporadik üretim optimizasyonu	Temel yalın anlayış ve uygulama	Stratejik yalın müdahaleler	Proaktif yalın kültür	Genişletilmiş üretim kuruluşunda yalın	-
LCMM	Nesensohn, ve ark. (2014)	Belirsiz	Uyanış	Sistemati k	Entegre	Zorlayıcı		
BPI	N. Curatolo, ve ark. (2014)	Yalın yaklaşım tanımlanmamış veya yetersiz tanımlanmıştır	Yalın yaklaşım tanımlanmış ancak bir uygulama modeli ile yapılandırılmıştır	Yalın yaklaşım bir uygulama modeli ile yapılandırılmıştır	Yalın yaklaşım bir uygulama modeli ile yapılandırılır ve uygulama modelindeki bazı ya da tüm faaliyetler için bir ya da daha fazla teknik tanımlanır	Yalın yaklaşım bir prosedür modeli ile yapılandırılır , teknikler ve bazı faaliyetlerin veya tüm faaliyetlerin sonuçları açıklanır	Yalın yaklaşım 4. seviyede olduğu gibi yapılandırılmıştır ancak her bir faaliyet için roller tanımlanmıştır	Yalın yaklaşım 5. seviyede olduğu gibi yapılandırılmıştır ancak bir bilgi modeli de sağlanmıştır
LESAT LAI	Cory R. A. Hallam & Jerome Keating (2014)		Biraz farkındalık	Genel farkındalık	Çoğu alanda çeşitli aşamalarda uygulanan sistematik bir yaklaşım/metodoloji	Kurum genelinde sürekli iyileştirme	Olağanüstü, iyi tanımlanmış, yenilikçi yaklaşım genişletilmiş kurum genelinde tam olarak uygulanmaktadır	
Üretim Hatların da Yalın Olgunluk Seviyesi Modeli	M. Maasoumian & K. Demirli (2016)		Anlama (eğitim ve standardizasyon)	Uygulama	İyileştirme	Süreklilik		
IDEAL	Mollasalehi ve ark. (2018)		Başlangıç	Tanımlanmış Departman düzeyinde yönetim, yerel verimlilik iyileştirmesi	Geliştirilmiş	İleri düzey entegre edilmiş	Uzun vadeli optimize edilmiş	
Yalın Üretim olgunluk modeli	M. Pienkowski (2019)		Tutarsız ve istikrarsız sonuçlar		Şirket genelinde iyi tanımlanmış süreçler, standardizasyon, en iyi uygulamalar	Sürekli iyileştirme	Optimize edilmiş	
Yalın olgunluk seviyesi için kavramsal model	J. Y. Chong & P. an A. Perumal (2022)		Anlama	Uygulama	Başarı			

2.3. Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Zadeh (1965) tarafından önerilen sıradan bulanık kümeler, belirsiz bir ortamda karar verme problemlerinin geliştirilmesinde önemli bir etkiye sahiptir. Son yıllarda, çeşitli araştırmacılar sıradan bulanık kümelerin birçok uzantısını tanıtmıştır. Şekil 2.2. bulanık kümelerin yıllar içindeki gelişimini göstermektedir.



Şekil 2.2. Bulanık kümelerin genişlemeleri (Gündoğdu ve Kahraman, 2020).

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve bulanık uzantıları, popüler ve yaygın olarak kullanılan çok kriterli karar verme (ÇKKV) metodolojileridir (Kutlu Gündoğdu, Fatma, 2020).

Her ne kadar AHP' nin amacı uzman bilgisini kullanmak olsa da, geleneksel AHP hala insan düşünme tarzını yansıtamamaktadır. Birçok karar verme ve sorun çözme görevi niceliksel olarak anlaşılacak kadar karmaşıktır, ancak insanlar kesin olmaktan ziyade kesin olmayan bilgileri kullanarak başarılı olurlar (Kahraman ve ark, 2003).

Öte yandan, AHP yöntemi, ikili karşılaştırma sürecinde, belirsizlik ve kararsızlık durumlarını ele almada yetersiz olmasından dolayı eleştirilmektedir (Deng, 1999). Saaty (1977) tarafından önerilen geleneksel AHP, bir noktaya kadar karmaşık problemleri çözmek adına kriterleri ve alternatifleri önceliklendiren pratik bir yaklaşım olmasına rağmen, AHP' nin problemleri hiyerarşik bir şekilde yapılandırma, derecelendirme, türetme, tutarlılık sorunu ve ikili karşılaştırma sayıları gibi bazı zayıf noktaları vardır (Abastante ve ark, 2019; Moslem ve ark, 2019).

Bu nedenle, farklı koşullar altındaki ÇKKV problemlerini çözmek için birçok farklı akademisyen tarafından AHP' nin bulanık bir uzantısı olan Bulanık AHP (BAHP) geliştirilmiştir.

Tablo 2.2. Büyüközkan (2004) tarafından oluşturulan BAHP yöntemlerinin karşılaştırılması tablosuna ilave olarak, Kutlu Gündoğdu (2020)' nun derlediği literatür çalışması birleştirilerek oluşturulmuştur.

Tablo 2.2. BAHP yöntemlerinin karşılaştırılması.

Kaynak	Yöntem
Van Laarhoven, 1983	Üçgen bulanık sayılarla AHP kullanımı
Buckley, 1985	Buckley'in bulanık AHP'si
Boender ve ark, 1989	Bulanık ikili karşılaştırmalar ile ÇKKV analizi
Chang, 1996	Bulanık AHP'de kapsam analizi yöntemi
Sadiq ve Tesfamariam, 2009	Sezgisel bulanık AHP
Kahraman ve ark, 2014	Aralık tip-2 bulanık kümelerle bulanık AHP
Zhu ve Xu, 2014	AHP-kararsız grup karar verme
Sahrom, 2014	Bütünleşik bir AHP'nin Z-sayısı uzantısı
Öztaysi ve ark, 2015	Kararsız bulanık analitik hiyerarşi süreci
Liao ve Xu, 2015a	Grup sezgisel bulanık AHP
Abdullah ve Najib, 2016	Aralık değerli sezgisel bulanık AHP
Minatour ve ark, 2016	Aralık değerli bulanık Delphi AHP
Mohd ve Abdullah, 2017	Pisagor bulanık analitik hiyerarşi süreci
Abdel-Basset ve ark., 2017	Nötrozofik analitik hiyerarşi süreci
Bolturk ve Kahraman, 2018	Aralık değerli nötrozofik AHP
Zheng ve ark., 2018	Tereddütlü bulanık linguistik AHP
K. Gündoğdu ve ark, 2019	Aralık değerli küresel bulanık AHP

BAHP'nin klasik AHP'ye göre üstünlükleri şu şekilde sıralanabilir (Güner, 2005):

- Bulanık sayılar, gerçek değerlere göre insanların değerlendirmelerini daha iyi yansıtabilmektedir.
- Bulanık sayılar, karar vericilere ana amaca ulaşmada değerlendirme yaparken kolaylık sağlamaktadır.

- **Aralık Değerli Küresel Bulanık AHP**

Aralık değerli küresel bulanık AHP metodu ile ilgili temel kavramlar ve uygulama adımları bu bölümde açıklanmıştır.

Tanım 1

$D \subseteq [0,1]$ ve X bir söylem evreni olsun. X üzerinde \tilde{A} aralık-değerli küresel bulanık bir küme denklemi aşağıda açıklanmıştır.

$$\tilde{A} = \{ \langle x, \mu_{\tilde{A}}(x), v_{\tilde{A}}(x) \rangle \mid x \in X \}, \quad (2.1)$$

$$\mu_{\tilde{A}}(x) \rightarrow D \subseteq [0,1], \quad v_{\tilde{A}}(x) \rightarrow D \subseteq [0,1],$$

$$0 \leq \sup \mu_{\tilde{A}}(x) + \sup v_{\tilde{A}}(x) \leq 1, \text{ Her } x \in X \text{ olması durumundadır.}$$

$\mu_{\tilde{A}}(x)$ A kümesine ait x elemanın üyelik fonksiyonlarını, $v_{\tilde{A}}(x)$, A kümesine ait x elemanın üyelik fonksiyonları olmamasını belirtir.

Her $x \in X$ için, $\mu_{\tilde{A}}(x)$ ve $v_{\tilde{A}}(x)$ kapalı aralıkta ve onların alt ve üst uç noktaları sırasıyla $\mu_{\tilde{A}}^-(x)$, $\mu_{\tilde{A}}^+(x)$, $v_{\tilde{A}}^-(x)$ ve $v_{\tilde{A}}^+(x)$ 'dir.

$$\tilde{A} = \{ \langle x, [\mu_{\tilde{A}}^-(x), \mu_{\tilde{A}}^+(x)], [v_{\tilde{A}}^-(x), v_{\tilde{A}}^+(x)] \rangle \mid x \in X \}, \quad (2.2)$$

$0 \leq \mu_{\tilde{A}}^+(x) + v_{\tilde{A}}^+(x) \leq 1$, $\mu_{\tilde{A}}^-(x) \geq 0$, $v_{\tilde{A}}^-(x) \geq 0$ olduğu yerde, her x elemanı için, $x \in X$ 'in aralık değerli küresel bulanık aralığın bilinmeyen derecesi (tereddüt derecesi) hesaplanır.

$$\pi_{\tilde{A}}(x) = 1 - \mu_{\tilde{A}}(x) - v_{\tilde{A}}(x) = [1 - \mu_{\tilde{A}}^+(x) - v_{\tilde{A}}^+(x)], [1 - \mu_{\tilde{A}}^-(x) - v_{\tilde{A}}^-(x)], \quad (2.3)$$

X 'deki tüm aralık değerli küresel bulanık kümeleri (IVIFS), IFIFS(X) olarak gösterilir. Kolaylık sağlanması açısından, $\mu_{\tilde{A}}(x) = [\mu^-, \mu^+]$, $v_{\tilde{A}}(x) = [v^-, v^+]$ dir, bu nedenle $A = ([\mu^-, \mu^+], [v^-, v^+])$.

Tanım 2

$\tilde{A}1=([\mu^-, \mu^+], [v^-, v^+])$ ve $\tilde{A}2=([\mu^-, \mu^+], [v^-, v^+])$ 2 aralık değerli küresel bulanık sayılar ve $\lambda \geq 0$ olmak üzere, ilgili işlemler denklem 2.4, 2.5, 2.6 ve 2.7' de verilmiştir.

$$\tilde{A}1 \oplus \tilde{A}2 = ([\mu_1^- + \mu_2^- - \mu_1^- \mu_2^-, \mu_1^+ + \mu_2^+ - \mu_1^+ \mu_2^+], [v_1^- v_2^-, v_1^+ v_2^+]), \quad (2.4)$$

$$\tilde{A}1 \otimes \tilde{A}2 = (\mu_1^- \mu_2^-, \mu_1^+ \mu_2^+), [v_1^- + v_2^- - v_1^- v_2^-, v_1^+ + v_2^+ - v_1^+ v_2^+]), \quad (2.5)$$

$$\lambda \tilde{A}1 = ([1 - (1 - \mu_1^-)^\lambda, 1 - (1 - \mu_1^+)^\lambda], [(v_1^-)^\lambda, (v_1^+)^\lambda]), \quad (2.6)$$

$$\tilde{A}1^\lambda = ([(\mu_1^-)^\lambda, (\mu_1^+)^\lambda], [1 - (1 - v_1^-)^\lambda, 1 - (1 - v_1^+)^\lambda]), \quad (2.7)$$

$\tilde{\alpha} = ([\mu^-, \mu^+], [v^-, v^+])$ aralık değerli küresel bulanık sayı olsun, bu sayının skorunu değerlendirmek için ilgili skor fonksiyonu denklem 2.8' de gösterilmiştir.

$$\tilde{S}(\tilde{\alpha}) = \mu_\alpha(x) - v_\alpha(x) = [\mu^- - v^+, \mu^+ - v^-], \quad (2.8)$$

Tanım 3

$\tilde{\alpha} = ([\mu^-, \mu^+], [v^-, v^+])$ aralık değerli küresel sayı olsun, bu sayının doğruluğunu değerlendirmek için ilgili doğruluk fonksiyonu denklem 2.9' da gösterilmiştir.

$$h(\tilde{\alpha}) = \mu_\alpha(x) + v_\alpha(x) = [\mu^- + v^-, \mu^+ + v^+], \quad (2.9)$$

Tanım 4

$\tilde{R} = (\tilde{r}_{ij})_{n \times n}$ aralık değerli küresel değerlendirme matrisi olsun. $\tilde{r}_{ij} = (\tilde{\mu}_{ij}, \tilde{\nu}_{ij})$, $\tilde{\mu}_{ij} = [\tilde{\mu}_{ij}^-, \tilde{\mu}_{ij}^+] \subseteq [0, 1]$ ve $\tilde{\nu}_{ij} = [\tilde{\nu}_{ij}^-, \tilde{\nu}_{ij}^+] \subseteq [0, 1]$. $\tilde{S} = (\tilde{s}_{ij})_{n \times n}$, \tilde{R} 'in değerlendirme skor matrisidir.

$$\tilde{s}_{ij} = \tilde{\mu}_{ij} - \tilde{\nu}_{ij} = [\tilde{\mu}_{ij}^- - \tilde{\nu}_{ij}^+, \tilde{\mu}_{ij}^+ - \tilde{\nu}_{ij}^-], \text{ (tüm } i, j = 1, 2, \dots, n \text{ için)}, \quad (2.10)$$

$\tilde{s}_{ij}, \tilde{r}_{ij}$ 'in skor fonksiyonudur.

Teorem 1

$\tilde{\alpha}_{ij} = 10^{\tilde{s}_{ij}}$ olduğu yerde $\tilde{A} = (\tilde{\alpha}_{ij})_{n \times n}$ aralıklı çarpımsal matristir.

Tanım 5

$$P(w_i \geq w_j) = p_{ij} = \frac{\min\{L_{w_i} + L_{w_j}, \max(w_i^+ - w_j^-, 0)\}}{L_{w_i} + L_{w_j}} \quad (2.11)$$

$L_{wi} = w_i^+ - w_i^-$ ve $L_{wj} = w_j^- - w_j^+$ olduğu yerde, $a \geq b$ 'in olasılık derecesidir.

Tanım 6

$\tilde{\alpha}_j = ([\mu_j^-, \mu_j^+], [v_j^-, v_j^+])$ ($j = 1, 2, \dots, n$) aralık değerli küresel bulanık sayıların toplamı olsun. Eğer, denklem 2.12 sağlanırsa, IIFWA: $Q_n \rightarrow Q$ 'dir.

$$\text{IIFWA}_w(\tilde{\alpha}_1, \tilde{\alpha}_2, \dots, \tilde{\alpha}_n) = w_1 \tilde{\alpha}_1 \oplus w_2 \tilde{\alpha}_2 \oplus \dots \oplus w_n \tilde{\alpha}_n, \quad (2.12)$$

IIFWA aralık değerli küresel bulanık ağırlıklı ortalamadır. Q tüm IVIFNs için bir küme seti, $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ IVIFNs $\tilde{\alpha}_j$ ($j = 1, 2, \dots, n$)'in ağırlıklı ortalamasıdır ve $w_j > 0$, $\sum w_j = 1$ $n_j=1$. IIFWA operatörü denklem 2.13' de gösterilmiştir.

$$\left[1 - \prod_{j=1}^n (1 - \mu_j^-)^{\frac{1}{n}}, 1 - \prod_{j=1}^n (1 - \mu_j^+)^{\frac{1}{n}} \right], \left[1 - \prod_{j=1}^n (v_j^-)^{\frac{1}{n}}, 1 - \prod_{j=1}^n (v_j^+)^{\frac{1}{n}} \right], \quad (2.13)$$

Tanım 7

$P=(p_{ij})_{n \times n}$ matrisi için w_i önceliklendirme ağırlığıdır.

$$w_i = \frac{1}{n} \left[\sum_{j=1}^n p_{ij} + \frac{n}{2} - 1 \right], \quad (2.14)$$

Tanım 8

w_i^t normalize edilmiş ağırlıktır.

$$w_i^t = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (2.15)$$

Tanım 9

Denklem kullanılarak her bir alternatif önceliklendirilir ve en yüksek değerli alternatif seçilir.

$$P_j = \sum_{i=1}^n w_i p_{ij}, \quad p=1, 2, \dots, m, \quad (2.16)$$

2.4. Faktör Analizi

Faktör analizleri sosyal bilimlerde ölçümün kalitesini ve geçerliliğini ortaya koymak için en önemli analizlerden biridir. Burada önemli iki nokta söz konusudur; bunlardan ilki hangi faktör analizinin kullanılacağı, ikincisi ise kullanılacak olan bu faktör analizinin hangi istatistiksel araçlarla yapılacağıdır. Uygulanacak yöntem araştırmanın sonuçlarını, dolayısıyla ölçmeye çalışılan “yapısal geçerliliği” etkileyecektir (Yaşlıoğlu, 2017).

Faktör analizi kapsamında temelde iki uygulamadan söz edilmektedir. Bunlardan birincisi, yeni oluşturulmuş veya bir dilden başka bir dile çevrilmiş bir ölçeğin değişkenlerini temsil eden ifadelerin altında yatan faktör yapısını ortaya koymayı ve keşfetmeyi amaçlayan “Keşfedici Faktör Analizi (AFA)” (Exploratory Factor Analysis) iken; bir diğeri ise daha önce kullanılmış olan bir ölçeğin, güncel olan araştırmada kullanıldığında orijinal faktör yapısına uyup uymadığını, uyuyor ise ne derece uygun olduğunu denetlemeye yarayan “Doğrulayıcı Faktör Analizidir (DFA)” (Confirmatory Factor Analysis) (Suhr, 2006).

Bir ölçek geliştirme çabası var ise, ilk uygulanması gereken keşfedici faktör analizi, daha sonra da keşfedilen bu yeni faktör yapısının onaylanmasını öngören doğrulayıcı faktör analizidir. Bu noktada dikkat edilmesi gereken en önemli husus bu iki ardıl analizin aynı örneklem ile yapılmamasının gerekliliğidir. Çünkü, AFA için toplanan veri ile keşfedilmiş bir yapının doğrulayıcı faktör analizini yapmak, malumu onaylamaktan öteye gidemez (Suhr, 2006). AFA sonucu çıkan yapının tekrar test edilmek üzere, yeni haliyle, veri toplama sürecine alınması ve bu yeni veriyle DFA yapılması şarttır (Yaşlıoğlu, 2017). AFA’dan farklı olarak, DFA ise güçlü bir model varsayımının olduğu durumlarda kullanılır. DFA ile varlığı daha önce kanıtlanmış olan yapının yeni bir veri setindeki uyumu araştırılır. Ölçek geliştirme çalışmalarında AFA’dan sonra elde edilen yapının geçerliliğini test etmek için DFA kullanılmalıdır (Worthington ve Whittaker, 2006). Fakat ölçek uyarlama çalışmalarında DFA kullanımı uygulamalarda farklılık göstermektedir. Bazı uyarlama çalışmalarında hem AFA hem de DFA’nın kullanıldığı, bazılarında ise sadece DFA’nın kullanıldığı görülmektedir (Orçan, 2018).

2.4.1. Doğrulayıcı faktör analizi (DFA)

Doğrulayıcı Faktör Analizi, ölçme modellerinin geliştirilmesinde yaygın olarak kullanılan ve önemli avantajlar sunan bir analiz yöntemidir. DFA’nın tam olarak geliştirilmesi 1960 yılında Karl Jöreskog tarafından sağlanmıştır (Öksüz ve Malhan, 2009). Bu analiz yöntemi, önceden tasarlanmış bir model kullanarak gözlemlenen değişkenler arasında gizli (latent) faktörleri belirlemeye odaklanır. Genellikle ölçek geliştirme ve geçerlilik analizlerinde tercih edilir, aynı zamanda önceden belirlenmiş bir yapının doğrulanmasını ya da metot etkilerini ölçmeyi amaçlamaktadır. DFA, belirlenen faktörler arasında yeterli düzeyde ilişkinin olup olmadığını, hangi değişkenlerin hangi faktörlerle ilişkili olduğunu, faktörlerin birbirlerinden bağımsız

olup olmadığını, faktörlerin modeli açıklamakta yeterli olup olmadığını sınamak için kullanılır (Özdamar, 2004).

Uygulamada yaygın olarak kullanılan programlar arasında LISREL ve SPSS AMOS uygulamaları yer almaktadır. AMOS varsayılan olarak “Maksimum Olabilirlik (ML)” istatistiğini kullanmaktadır. Bunun yanında ayrıca “Genelleştirilmiş En Küçük Kareler (GLS)”, “Kategorik Değişken Metodolojisi (CVM)”, “Asimetrik Serbest Dağılım (ADF)” yöntemleri de yer almaktadır. Yapılan uygulamalar göstermiştir ki kullanılan yöntemin sonuçlar üzerinde etkisi yoktur; ancak kullanımlarının, kullanıcıya farklı faydaları olabilir. ML yöntemi kullanım kolaylığı, yorumlanabilirlik ve verdiği uygunluk testleri sonuçlarının zenginliği açısından en çok kullanılan yöntem durumundadır (Schumacker ve Beyerlein, 2000). AMOS programı modeldeki hataları görmemize yarayacak üç temel bilgiyi sunmaktadır. Bunlardan birincisi “ölçünlü kalıntılar (standardized residuals)”, diğeri “düzeltme indisleri (modification indices)”dir. Bu iki düzeltme ve düzenleme yapmaya yarayan model hatalarına yönelik istatistiklerin yanında, bir de uygunluk testleri yer almaktadır. Uygunluk testleri modele genel bir bakış açısı ve modeli değerlendirme olanağı sunar (Yaşlıoğlu, 2017).

Kuram oluşturma süreci, araştırmacıların sağlam kanıtlara dayanan titiz bir araştırma metodolojisi ile güvenilir, geçerli ve gerçekçi teşhis araçları geliştirebilmesine dayanır (Setianto ve Haddud, 2016). Bu tür araçlar, profesyonellerin YOS'nin tanımlanması dahil olmak üzere herhangi bir teorinin geliştirilmesi ve ilerletilmesi için başarılı bir şekilde kullanılabilir. Anket çalışmaları, belirli bir konuda çeşitli uzman ve uygulayıcı gruplarının algılarını ölçmenin bir yöntemi olarak geniş çapta kabul görmektedir. DFA, özellikle ölçüm modelleri ile ilgilenen yapısal eşitlik modelleme (YEM) türlerinden biridir; yani, gözlemlenen ölçümler veya göstergeler (örneğin, test maddeleri, test puanları, davranışsal gözlem puanları) ile gizli değişkenler veya faktörler arasındaki ilişkileri ele alır. DFA'nın gereksinimi, mantık ve/veya teoriye dayanması gerektirir ve bu nedenle araştırmacının gözlemlenen değişkenlerdeki varyasyonu açıklayan gizli faktörler hakkında iyi bir bilgiye sahip olması gerekir (Cetnarski ve ark, 2019). DFA modelinin yeterliliği, ölçekler için model uygunluğu, güvenilirlik ve yapı geçerliği açısından kabul edilebilir ölçütler temelinde değerlendirilir (Becker ve ark, 2010). DFA yaklaşımının çok sayıda faydası olduğu gerçeğinden dolayı, bu çalışmada DFA, yalın olgunluk ölçüm modellerini ve ilişkili

gizli faktörleri ile gözlemlenen değişkenleri tanımlamak için faktör analizi yapmak amacıyla kullanılmıştır.

2.4.2. Model uyumu

Uyum, bir modelin veriyi yani varyans kovaryans matrisi yeniden üretebilme kabiliyeti olarak adlandırılır. YEM literatüründe çok sayıda uyum istatistiği vardır ve sürekli olarak yenileri geliştirilmektedir. Erkorkmaz ve ark. 2013 DFA'da model uyumunu ölçmek için çeşitli istatistiksel yöntemler bulunmaktadır. Örneğin χ^2 , Uyum İyiliği İndeksi, Artımlı Uyum İndeksleri, Mutlak Uyum İndeksleri, Düzeltilmiş Uyum İndeksi vb. Hepsi de model uyumunun farklı yönlerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Ki-Kare (χ^2) yapısal eşitlik modelinde, genel model uyumunu hesaplamak için hipotezi test eden ve "örneklem ile uygun kovaryans matrisleri arasındaki tutarsızlığın büyüklüğünü değerlendiren" geleneksel bir ölçümdür (Hu ve Bentler 1999). Artımlı uyum indeksleri, Miles ve Shevlin (2007)'e göre karşılaştırmalı veya McDonald ve Ho (2002)'nin tanımlamasıyla göreceli uyum indeksleri olarak da bilinir, Ki-Kare değerini ham haliyle kullanmayan ancak Ki-Kare değerini bir temel modelle karşılaştıran bir grup indekstir. Artımlı uyum indeksi, varsayılan ve temel modeller arasındaki uyumdaki gelişmeyi değerlendirmek için kullanılır. Hiçbir ögenin ortak olmadığı boş model, en sık kullanılan temel modeldir (Bentler ve Bonett, 1980). Yaygın olarak kullanılan artımlı uyum indeksleri arasında Normlaştırılmış Uyum İndeksi (NFI), Tucker-Lewis İndeksi (TLI), Görelî Merkezîsîzlik İndeksi (RNI) ve Karşılaştırmalı Uyum İndeksi (CFI) bulunmaktadır (Hu ve Bentler, 1999). Mutlak uyum indeksleri, öncül bir modelin örnek verilere ne kadar iyi uyduğunu belirler (McDonald ve Ho, 2002). Bu indekste kullanılan bir referans model yoktur, ancak mükemmel uyum gösteren bir modeli yansıtan doymuş bir modelle örtük veya açık bir karşılaştırma yapılır (Sureshchandar, 2021). Mutlak uyum indeksi kategorisi Ki-Kare testi, Yaklaşık hataların ortalama karekökü (Root mean square error of approximation) RMSEA, Uyum İyiliği İndeksi (GFI), Düzeltilmiş Uyum İyiliği İndeksi (AGFI), Kök Ortalama Karesi Artık Değeri (RMR) ve Standart Kök Ortalama Karesi Artık Değeri (SRMR)'yi içerir. RMR/SRMR (Standartlaştırılmış) Ortalama Karekök Artık Değeri (residüal), örnek kovaryans matrisinin kalıntıları ile hipotezlenen model arasındaki farkın karekökünü temsil eder. RMR'nin yorumlanması bazen zor olabileceğinden SRMR kullanmak daha iyidir (Byrne, 1994).

DFA modelinin uyumlu olup olmadığını kontrol etmek için kaç indeksin raporlanması gerektiği ve bu indekslerin hangi kombinasyonlarının uygun olduğuna ilişkin çok sayıda teori ve felsefe vardır. Bu istatistiklerden bazıları örneklem büyüklüklerinden veya faktör başına düşen gösterge oranından etkilenir ve model uyumunun yeterli bir temsilini sağlayabilir (Koufteros, 1999). Örneğin, Ki-Kare istatistiğinin teorik olarak iyi bir model uyumu için anlamlı olmaması ($p > 0,05$) beklenir. Bununla birlikte, çalışmalar Ki-Kare İstatistiğinin örneklem büyüklüğüne çok duyarlı olduğunu ve DFA ve YEM modelleri için tipik olarak gerekli olan büyük bir örneklem büyüklüğü için Ki-Kare istatistiğinin ve ilişkili olasılık değerinin her zaman anlamlı olacağını göstermiştir ($p < 0,05$).

Bu nedenle, kabul edilebilir uyum için 1 ile 3 arasında olması gereken Ki-Kare/df ölçüsünün kullanılması önerilmiştir. Benzer şekilde, mutlak uyumun bir ölçüsü olan GFI da büyük ölçüde örneklem büyüklüğünden etkilenmektedir. Bu indekslerden bazıları belirli senaryolarda daha iyi çalışırken, bazıları diğer senaryolarda daha iyi performans göstermektedir (Sureshchandar, 2021). Bu sorunları ele almak için araştırmacılar, örneklem büyüklüğü ve model karmaşıklığı ile ilgili sorunları ele alarak Uyum İyiliğinin daha bütünsel bir görünümünü sağlamak için birden fazla uyum indeksinin kullanılmasını önermişlerdir (Schermelleh-Engel ve ark, 2003; Butts ve ark, 2006; Gatignon, 2014).

Doğru indeks setinin kullanımına ilişkin bu çeşitli öneriler ışığında, uzmanlar araştırma bulgularında raporlanması gereken bazı temel indeksler tavsiye etmişlerdir (Hu ve Bentler, 1999; Koufteros, 1999; Schreiber ve ark, 2006; Kline ve Tamer, 2016). İndekslere ilişkin yukarıda belirtilen açıklamalar doğrultusunda, Tablo 2.3. bu çalışmada kullanılan gerekli indeks setini ve cut-off kriterlerini göstermektedir.

Tablo 2.3. İndeksler ve eşik (cut-off) kriterleri seti.

Model uyumu	Uyum iyiliği ölçümü	Kabul edilebilir aralık	İndeksler ve eşik (cut-off) kriterleri
Artımlı uyum	Normlaştırılmış Uyum İndeksi (NFI)	0 - 1	Hayır
	Tucker-Lewis İndeksi (TLI)	0 - 1	Hayır
	Görelî Merkezîsîzlik İndeksi (RNI)	0 - 1	Hayır
	Karşılaştırmalı Uyum İndeksi (CFI)	>0,95 – Mükemmel 0,90 – 0,95 - İyi	Evet
Mutlak uyum	Ki-kare/df	1 - 3	Evet
	Yaklaşık hataların ortalama karekökü (RMSEA)	<0,06 – Mükemmel 0,06 – 0,08 – İyi	Evet
	Standartlaştırılmış kök ortalama kare artık değeri (SRMR)	<0,08 – Mükemmel 0,08 – 0,10 - İyi	Evet
Klasik uyum iyiliği	χ^2 uyum iyiliği istatistiği	-	Hayır

2.4.3. İyi ölçüm karakteristikleri: Geçerlilik ve güvenilirlik

İyi bir ölçüm aracının özellikleri, aracın ölçmeyi amaçladığı şeyi yetkin bir şekilde ölçebilme yeteneğini ele almalıdır (Blumberg, 2014). Ölçek güvenilirliği ve geçerliliği, ölçüm aracının ölçüm yapmak için yeterince iyi olup olmadığından emin olmak için kullanılan iki ana kriterdir. Güvenilirlik ve geçerlilik sağlanmadan, ölçüm ölçekleri standartlaştırılmaz ve gerekli yapıyı gerçekten ölçemez (Sureshchandar, 2021). Bir ölçeğin güvenilirliği, ölçeğin tutarlı sonuçlar sağlama yeteneğidir (Nunnally, 1988). Güvenilirlik ve geçerlilik analitik olarak birbirinden ayırt edilebilir olsa da, güvenilirlik geçerliliğin sağlanması için bir ön koşul olduğundan birbirleriyle ilişkilidirler (Bryman ve Bell, 2015). DFA'daki birçok uygulamadan birkaçı olarak eşdeğer formlar, bölünmüş yarılar yöntemi, test-tekrar test yöntemi, Cronbach alfa ve bileşik (kompozit) güvenilirlik (CR) kullanılarak iç tutarlılık yöntemi örnek olarak verilebilir, araştırmacılar CR'nin iç tutarlılığı sağlamak için daha iyi bir ölçü olduğunu savunmuşlardır (Netemeyer ve ark, 2003). Ne yazık ki yöntem bilim yazınında ölçek geçerliliği konusunda bir fikir birliği bulunmamaktadır. Yaygın olarak kullanılan

geçerlilik türleri arasında içerik, yakınsak, ayırt edici ve kriterle ilgili geçerlilik yer almaktadır.

Ölçeğin standardizasyonu, DFA yaklaşımı kullanılarak tek boyutluluk, güvenilirlik ve yapı geçerliliği (içerik, yakınsak, ayırt edici ve kriterle ilgili geçerlilikler dahil) testleri ile gerçekleştirilebilir (Sureshchandar, 2021). Tablo 2.4' te, DFA için gerekli olan bir dizi güvenilirlik ve geçerlilik ölçütü ile bunların tanımı ve kesme (cut-off) kriterleri gösterilmektedir.

Tablo 2.4. DFA'da güvenilirlik ve geçerlilik ölçümleri için kesme kriterleri (Hair ve ark, 2019).

Amaç	Yöntem	Açıklama	Kabul Edilebilir Değerler
Güvenilirlik	Kompozit Güvenilirlik (CR)	Gizli (latent) bir yapının göstergesi olarak kullanılan gözlenen değişkenler arasındaki paylaşılan varyansın bir indikatörü	CR>0,7 CR>AVE
İçerik geçerliliği	Yargılayıcı	Bu maddelerin içeriğinin, anket kapsamındaki tüm ilgili maddelerin evrenini yeterince temsil etme derecesi	NA
Yakınsak geçerlilik	Çıkarılan Ortalama Varyans (AVE)	AVE, ölçüm hatasına kıyasla gizli bir faktör tarafından çıkarılan varyans miktarını ifade eder	>0,5
Ayrımsal geçerlilik	Maksimum Paylaşılan Varyansın Karesi (MSV)	Bir gizli faktörün diğer herhangi bir gizli faktörle paylaştığı maksimum karesel varyans miktarı	AVE>MSV
	Ortalama paylaşılan Varyansın Karesi (ASV)	Gizli faktörün tüm karesel varyanslarının ortalaması diğer gizli faktörler	AVE>ASV
Kriter geçerliliği	Eşzaman geçerliği	Tipik olarak, bir çıktı kriterinin gizli faktörlerle regresyon analizi, anlamlılığı kontrol etmek için kullanılır	$\rho < 0,01$ $R^2 (> 80\%)$

3. YÖNTEM

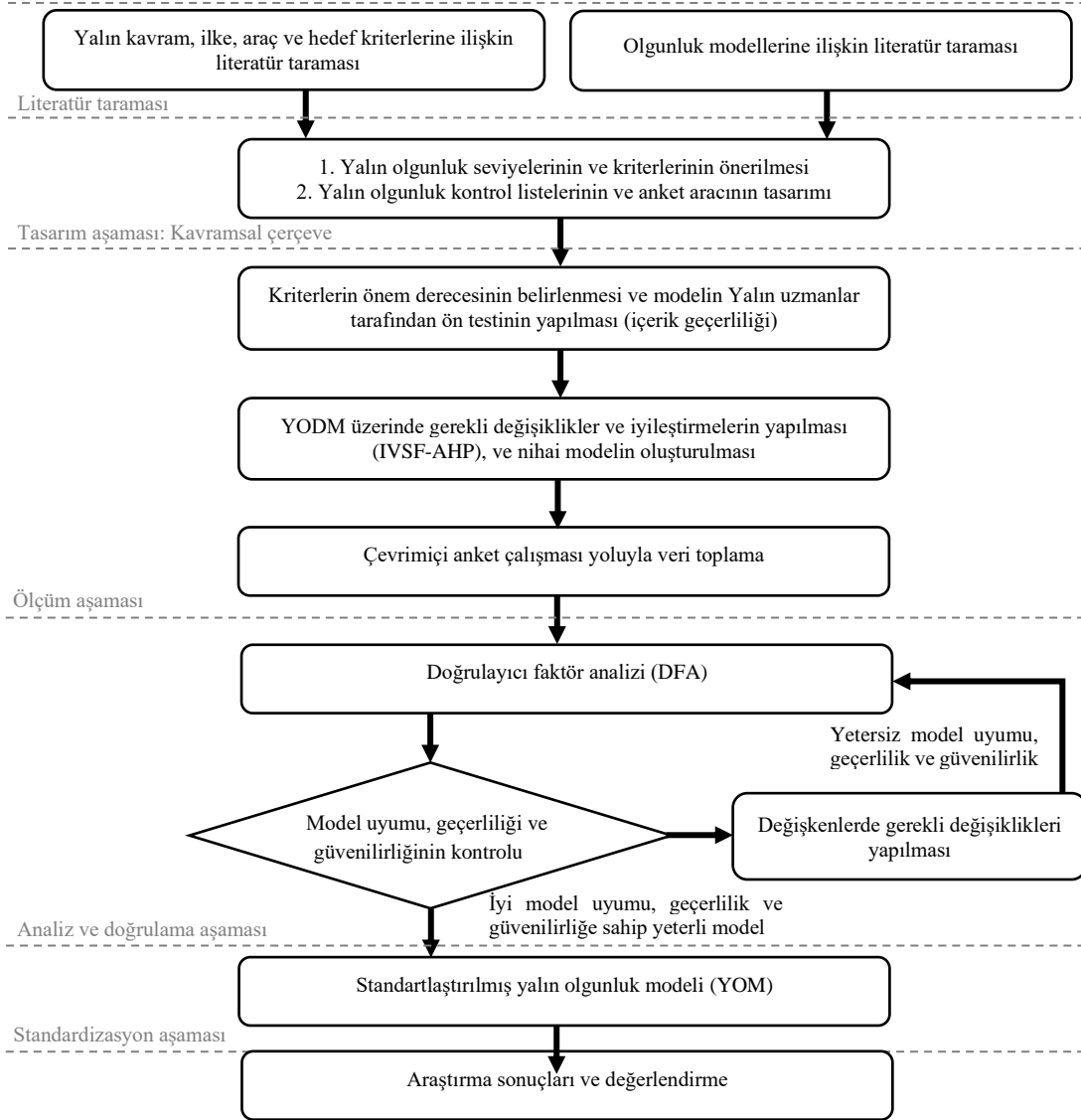
Bu çalışmanın amacı, karar verme yöntemi olarak ilk kez IVSF-AHP kullanılarak geliştirilen ve DFA kullanılarak doğrulanan standartlaştırılmış bir yalın olgunluk modeli sunmaktır. Ayrıca, üretim alanları ve depoların gereksinimlerini karşılayacak olan yalın olgunluk seviyesi belirleme modeli ile özellikle sektördeki yöneticilere, yalın uygulayıcılara ve mühendislere yardımcı olması amaçlanmaktadır. Bu nedenle, literatür taramasına dayalı olarak kavramsal bir model geliştirilmiştir.

3.1. Modelin Tasarımı

Öncelikle, sadece yalın kavramlar, ilkeler, araçlar ve hedefler alanında değil, aynı zamanda olgunluk modelleri konusunda da kapsamlı bir araştırma yapılmıştır. Tasarım aşamasında yalın olgunluk seviyeleri ve kriterleri tanımlanmıştır. Bu modelde 9 ana 14 alt yalın kriter (yönetim ve liderlik, kalite, TZÜ, yalın yöntemler (gemba-kaizen, ergonomi ve 5S, VSM, atıklar), tesis yönetimi (TPM ve OEE), tedarik zinciri yönetimi, üretim süreçleri, çalışma koşulları, insanlar) kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan tüm kriterler, kodları ve literatür referansları ile birlikte Tablo 3.2'de gösterilmektedir. Olgunluk seviyesinin doğru bir şekilde değerlendirilebilmesi için daha geniş bir bakış açısına ihtiyaç duyulduğu açıktır. Bu nedenle, yalın üretim kapsamındaki kriterler belirlenirken yönetim faktörleri, çalışma koşulları ve insan gibi insan odaklı kriterler yalın olgunluk seviyesini tanımlayan faktörler arasında yer almaktadır. Seviyelendirme ölçeği olarak, üretim hücrelerinde dört yalın olgunluk seviyesi olarak Maasouman ve Demirli (2016) tarafından geliştirilen seviyelendirme ölçeği kullanılmıştır.

Tasarım aşamasının ikinci faaliyeti olarak, yalın olgunluk kontrol listelerinin tasarımı ve anket aracının nihai hale getirilmesi tamamlanmıştır. Bu çalışmaya YÜ alanındaki bilgi birikimi ve deneyimleriyle destek veren beş kişilik uzman grubu, kriter ağırlıklandırmaları ve değerlendirme modelinin ön testi için veri sağlamıştır. Her bir kriter, uzmanların değerlendirmelerine ve EXCEL'deki IVSF-AHP hesaplamalarına göre ağırlıklandırılarak önem dereceleri belirlenmiştir. Daha sonra IVSF-AHP kullanılarak YODM' nin en iyi ve nihai versiyonunu elde etmek için çeşitli

değişiklikler ve düzeltmeler yapılmıştır. Online anket çalışmasıyla veri toplandıktan sonra, model uyumunu, geçerliliğini ve güvenilirliğini test etmek için IBM SPSS AMOS V26 programında DFA uygulanmıştır. İyi bir model uyumu, geçerliliği ve güvenilirliği sağlamak için birden fazla iterasyon gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.1. araştırma metodolojisinin genel hatlarını göstermektedir.



Şekil 3.1. Model Tasarımı

İki ayrı koldan gerçekleştirilen literatür taraması neticesinde elde edilen bulgular, tasarım aşamasında aşağıda belirtilen aşamalar için girdi sağlamıştır:

1. Yalın olgunluk seviyelerinin ve kriterlerinin önerilmesi
2. Yalın olgunluk kontrol listelerinin ve anket aracının tasarımı

Olgunluk modelleri altında, yalın olgunluk modellerine yönelik çalışmalar, detaylı bir şekilde incelendikten sonra, ilgili modellerde hangi yalın olgunluk seviyelerinin

kullanıldığına dair bir tablo oluşturulmuştur. Literatür kısmında yer alan, Tablo 3.1. son yıllarda oluşturulan modeller ve bu modellerde kullanılan yalın olgunluk seviyelerini göstermektedir. Bu tez çalışması kapsamında, kuruluşların yalın olgunluk seviyesini belirlemek için Maasouman ve Demirli (2016) tarafından üretim hatları için geliştirilen seviyelendirme ölçeği kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan ve 4 farklı düzeyden oluşan olgunluk seviyelendirme ölçeği Tablo 3.1' de verilmiştir.

Tablo 3.1. Üretim hücrelerinde dört yalın olgunluk seviyesi (Maasouman ve Demirli, 2016).

Seviyenin odağı	Beklenen algı düzeyi /uygulama	Beklenen sonuç seviyesi	Tanım
İnsanların kapasitesi	Anlayış (eğitim, standardizasyon, uygulanabilir değil/uygulama eksikliği)	Kantitatif ilerleme standardizasyon	Konuyla ilgili farkındalığı artırmak ilerleme.
		Niteliksel İlerleme standardizasyon	Konunun anlaşılmasını derinleştirmek için araçların/kavramların uygulanmasında niteliksel ilerleme.
Sonuçlar ve performans	Uygulama	Etkinlik	Araçların/kavramların beklenen sonuçların elde edilmesine yardımcı olacak şekilde dağıtılması.
	İyileştirme	Verimlilik	Araçların/kavramların beklenen sonuçlara ulaşacak ve aynı zamanda kaynakları verimli kullanacak şekilde dağıtılması.
Otonomi ve esneklik	Süreklilik	Günlük Mükemmeliyet	Araçları/kavramları dağıtmak ve sonuçları sürekli ve otonom olarak iyileştirmek

3.1.1. Kriterlerinin belirlenmesi

Yalın olgunluk kriterleri, yalın olgunluk seviyesini ölçmek için önemli bir araçtır. Yalın üretim olgunluğu yalın kültürün benimsenmesi ile ilgilidir, bu doğrultuda yalın kültürü ne kadar iyi benimsenir, öğrenilir, kavranır ve uygulanırsa yalın olgunluk seviyesi de aynı oranda artar. Başarılı bir organizasyon olma yolunda ilerlemek isteyen her işletme operasyonel değişim ve dönüşümlerden kaçınmamalıdır. Yalın anlayışın sisteme ne kadar iyi entegre edildiği ve her seviyede ne denli uygulandığıyla doğru orantılı olarak başarı da artacaktır. Yalın düşünce kuruluşun tüm organizasyonları ve bu organizasyonlar altındaki tüm çalışanlar tarafından benimsenmelidir çünkü yalın felsefe bütün süreçleri kapsayan bir anlayışa sahiptir. Yalın olgunluk seviyesinin ölçülebilmesi için öncelikle yalın araç ve ilkeleri kapsayan kriterlerin belirlenmesi gerekmektedir. Yalın üretim değerlendirmesinin önemli işlevlerinden biri de her bir

olgunluk seviyesindeki eksikliklere dikkat çekmektir. Sonuç olarak, eksiklikleri gidermek ve senkronize ve dengeli bir sürekli ilerleme yaratmak için eylem planları tanımlanmalı ve önceliklendirilmelidir (Maasouman ve Demirli, 2016). Yapılan literatür taraması ışığında, Yalın olgunluk seviyesi modelinde kullanılmak üzere yalın ilke ve uygulamalarını kapsayan 9 ana 14 alt kriter, hesaplamalarda kullanılan kısaltma karşılıkları (kodlar) ve literatürdeki karşılıkları Tablo 3.2' de verilmiştir. İlave olarak kontrol maddeleri içerisinde yer alan sorular baz alınarak modellerde hangi kriterlerin kullanıldığına yönelik oluşturulan tablo Ek D'de görülebilir.

Tablo 3.2. YODM için kullanılan yalın kriterleri, kodları ve literatür karşılıkları.

#	Kod	Kriter (Axis)	Yazar-Yıl	Model
1	C1	Liderlik Tarzı ve Yönetim Şekli	Thomas D. Langlois (2015)	MLQ ve LESAT
2	C2	Kalite		
2.1	C2.1	Toplam kalite yönetimi (TKY)	Elaine Madalena Cetnarski, Caio Cesar Ferreira, Maria Eduarda Letti Souza, Sergio Eduardo Gouvea da Costa ve Edson Pinheiro de Lima (2019)	Yalın Olgunluk Seviyesi Araçlarının Analizi
2.2	C2.2	Standardizasyon ve Standart İş	Elaine Madalena Cetnarski, Caio Cesar Ferreira, Maria Eduarda Letti Souza, Sergio Eduardo Gouvea da Costa ve Edson Pinheiro de Lima (2019)	Yalın Olgunluk Seviyesi Araçlarının Analizi
2.3	C2.2	Üretimde Kalite (JIDOKA)	Elaine Madalena Cetnarski, Caio Cesar Ferreira, Maria Eduarda Letti Souza, Sergio Eduardo Gouvea da Costa ve Edson Pinheiro de Lima (2019)	Yalın Olgunluk Seviyesi Araçlarının Analizi
3	C3	Tam Zamanında Üretim (TZÜ)	Mohammad Ali Maasouman ve Kudret Demirli (2016)	Yalın Olgunluk Modeli
4	C4	Yalın Teknikleri Uygulamaları		
4.1	C4.1	Gemba & Kaizen	Priyo Setianto ve Abubaker Haddud (2016)	Yalın Yönetim Araçlarının Olgunluk Değerlendirmesi

Tablo 3.2. (Devamı) YODM için kullanılan yalın kriterleri, kodları ve literatür karşılıkları.

#	Kod	Kriter (Axis)	Yazar-Yıl	Model
4.2	C4.2	İş İstasyonu Tasarım Ergonomi, 5S	Priyo Setianto ve Abubaker Haddud (2016)	Yalın Yönetim Araçlarının Olgunluk Değerlendirmesi
4.3	C4.3	Değer Akış Haritalama (VSM)	Elaine Madalena Cetnarski, Caio Cesar Ferreira, Maria Eduarda Letti Souza, Sergio Eduardo Gouvea da Costa ve Edson Pinheiro de Lima (2019)	Yalın Olgunluk Seviyesi Araçlarının Analizi
4.4	C4.4	İsraf ve Kayıp Yönetimi	Horacio Soriano-Meier, Paul L. Forrester (2003)	Yalın Olgunluk Modeli
5	C5	Tesis Yönetimi (TPM & OEE)	Mohammad Ali Maasouman ve Kudret Demirli (2016)	Yalın Olgunluk Modeli
6	C6	Tedarik Zinciri Yönetimi	Şule İtr Satoğlu & M. Bülent Durmuşoğlu (2003)	Yalın Olgunluk Seviyesinin Ölçülmesi
7	C7	Üretim Süreçleri	Graziela dos Santos Bento & Gerson Tontini (2019)	Yalın Üretim Olgunluk Seviyesi Ölçüm Aracı
8	C8	Çalışma Koşulları	Mohammad Ali Maasouman ve Kudret Demirli (2016)	Yalın Olgunluk Modeli
9	C9	İnsanlar	Mohammad Ali Maasouman ve Kudret Demirli (2016)	Yalın Olgunluk Modeli

3.1.2. Değerlendirme sorularının ve anket aracının oluşturulması

Yalın olgunluk seviyesini değerlendirmek için kriterlere dayalı, kapsayıcı ve kontrol edici çok kriterli sorular sormak gerekir. Bu değerlendirme anketi bir kontrol listesi olarak da tanımlanabilir. Kuruluşların uzun vadede kontrol ve izleme yapmalarını sağlayacak bu tür bir kontrol listesine ihtiyaçları vardır. Kuruluşların yalın olgunluk seviyelerini ölçebilmeleri için 9 ana kriter ve toplam 14 kriter (yönetim ve liderlik, kalite, TZÜ, yalın yöntemler (gemba-kaizen, ergonomi ve 5S, VSD, atıklar), tesis yönetimi (TPM ve OEE), tedarik zinciri yönetimi, üretim süreçleri, çalışma koşulları, insanlar) altında 116 nitel değerlendirme sorusundan oluşan kapsamlı bir anket hazırlanmıştır. Bu değerlendirme anketinde beşli Likert ölçeği kullanılmıştır. Bu kantitatif ölçek sıfır ile dört değerleri arasında sınırlandırılmış bir yapıya sahiptir. Sıfır değeri bizim için en olumsuz niceliksel değeri temsil ederken, dört değeri en olumlu

niceliksel değeri temsil etmektedir. Uygulamanın yapılması mümkün olmayan alanlar için N/A(not applicable) kolonu eklenmiştir. Daha etkin bir denetleme ve gelişim süreci için, uygulamalarla ilgili mevcut durumu kanıtlayan faaliyetler, alınan aksiyonlar, eksikler ya da iyileştirme potansiyelleri bulgular kısmına yazılabilir. Şekil 3.2'de liderlik ve yönetim kriteri kapsamında örnek bir kontrol listesi yer almaktadır. Detaylı açıklamalarla birlikte, kullanılan likert ölçeği Şekil 3.3'de yer almaktadır.

Kontrol maddesi: Standart çalışma prosedürü (SOP)							
Axis: 1 - Yönetim ve Liderlik							
Kontrol Listesi	Skor						Bulgular
	0	1	2	3	4	N/A	
1	Yalın üretim süreçlerini yönetmek ve yalın uygulamalara destek sağlamak üzere yalın üretim sistemleri koordinatörleri/ yalın üretim sistemleri dönüşüm liderleri belirlenmiştir.						
2	Yalın düşüncenin kuruluşta uygulanması için liderlerin desteği ile hedefler belirlenir, süreç planları yapılır ve bu planların uygulanması için çaba gösterilir. Liderler bu süreçte aktif rol alır.						
3	Yönetim, çalışanların yalın düşüncüyü benimsemeleri ve yalın yöntemleri uygulamaları için gerekli olanakları sağlar. Konuyla ilgili çalışmalar ve eğitimler düzenlenir.						
4	Yönetim bir yalın dönüşüm stratejisi geliştirmiştir ve bunun için planlama yapmaktadır. Yönetim, kaynakları verimli kullanmayı ve israfı ortadan kaldırmayı hedeflemektedir.						
5	Nihai hedef olarak, yalın üretim olgunluk seviyesini daha yukarıya taşıyabilmek için, uzun vadeli vizyon, misyon, hedef ve sorumluluklar belirlenmiştir.						
6	Liderler, yalın yol gösterici ilkelerden biri olan Gemba yürüyüşünü sahadaki mevcut durumu gözlemlemek, tespit etmek ve risk faktörlerini belirlemek için uygular.						
7	Denetimlerde yalın uzman bir dış denetçi gibi hareket eder.						
8	Yönetim, ürün, süreç ve operasyonlardaki yalın ihtiyaçlarını sistematik olarak belirler ve izler.						
9	Yalın üretim süreçlerini düzgün bir şekilde uygulamak ve yürütmek için yalın üretim sistemleri (YÜS) departmanı kurulmuştur.						

Şekil 3.2. Liderlik ve yönetim kriteri kapsamında örnek bir kontrol listesi.

Likert Ölçeği					
0	1	2	3	4	N/A
Hiçbir şekilde uygulanmamaktadır.	Yetersiz (Nadir/Çok az) uygulanmaktadır.	Kısmen uygulanmaktadır.	Uygulanmaktadır.	Sistematik bir şekilde uygulanmaktadır.	Uygulanamaz. (İlgili soru, bu alan için geçerli değildir).

Şekil 3.3. Anket çalışmasında kullanılan likert ölçeği ve açıklamaları.

3.2. Modelin Ölçümü

1.Kriterlerin önem derecesinin belirlenmesi ve modelin Yalın uzmanlar tarafından ön testinin yapılması (içerik geçerliliği)

2.Kriterlerin ağırlıklandırılması

3.YODM üzerinde gerekli değişiklikler ve iyileştirmelerin yapılması (IVSF-AHP), ve nihai modelin oluşturulması

4.Çevrimiçi anket çalışması yoluyla veri toplama

3.2.1. Kriterlerin önem derecesinin tanımlanması : Uzman görüşleri

Model tasarımından sonra, oluşturulan kontrol listeleri ve yalın olgunluk değerlendirme modelinin tamamı kendi alanlarında uzman, aralarında mühendisler ve akademisyenlerin de bulunduğu, 5 farklı yalın uygulayıcısıyla paylaşılmıştır. Gelen geribildirimler doğrultusunda, model yeniden şekillendirilmiştir.

İlave olarak, model ölçümünde kullanılmak üzere, uzmanlar tarafından, kriterlerin önem derecelerine göre sıralandırılması gerçekleştirilmiştir. Bu sıralama yapılırken, Yalın olgunluk seviyesini ölçmek için kriterlerinin belirlenmesi bölümünde yer alan, kriterler ve bu kriterlere karşılık gelen kodlar kullanılmıştır. Tablo 3.3’ te, örnek bir uzman değerlendirmesi yansıtılmaktadır.

Modelin ön testi kapsamında, uzman değerlendirmeleriyle elde edilen geri bildirimler doğrultusunda, 282 soru ve 14 ana kategoriden oluşan yalın olgunluk değerlendirme modeli yalınlaştırılarak 116 soru ve 9 ana kategori altında toplanmıştır.

Böylece, uzmanlar tarafından tek tek incelenen ve yanıtlanan model sorularının içerik geçerliliği sağlanmıştır.

Tablo 3.3. YODM kriterlerinin Uzman 5’e göre önem derecesi sıralaması.

Kriterler	Kod	Uzmanın Puanlarken Düşündüğü Önem Sırası	
Yönetim ve Liderlik	C1	Yönetim ve Liderlik	C1
Kalite	C2	İnsan	C9
Tam Zamanında Üretim(TZÜ)	C3	Üretim Süreçleri	C7
Yalın Teknikleri Uygulamaları	C4	Kalite	C2
Tesis Yönetimi	C5	Yalın Teknikleri Uygulamaları	C4
Tedarik Zinciri Yönetimi	C6	Tesis Yönetimi	C5
Üretim Süreçleri	C7	Çalışma Koşulları	C8
Çalışma Koşulları	C8	Tedarik Zinciri Yönetimi	C6
İnsan	C9	Tam Zamanında Üretim(TZÜ)	C3

3.2.2. Kriterlerin ağırlıklandırılması

Performans ölçüm problemlerinde, karar verme sürecinde etkili olan kriterler genellikle farklı özelliklere ve önem düzeylerine sahiptir. Bu kriterleri önem düzeylerine göre sıralayabilmek için çeşitli ağırlıklandırma yöntemleri geliştirilmiştir (Keskin ve Delice, 2022).

Kriterler ağırlıklandırılırken amaç, kriterleri bir değerle eşleştirmek ve kriterlerin karar problemlerindeki göreceli önemini belirlemektir. Bu çalışmada, Aralık Değerli Küresel Bulanık AHP metodu kullanılarak, kriter ağırlıkları elde edilmiştir.

3.2.3. Kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması

3.2.3.1. IVSF-AHP yöntemi

Bu tez çalışmasında Kutlu Gündoğdu ve Kahraman (2019a, b, c) tarafından ileri sürülen aralık değerli küresel bulanık AHP (IVSF-AHP) yöntemi ele alınmıştır. Kutlu Gündoğdu ve Kahraman (2019a, b, c) yakın zamanda küresel bulanık kümeleri (SFS) tanıtmıştır.

Bu kümeler, bir karar vericinin tereddütünün üyelik ve üyelik dışı derecelerden bağımsız olarak tanımlanabilmesi ve aşağıdaki koşulu sağlaması gerçeğine dayanmaktadır:

$$0 \leq \mu_A^2(u) + v_A^2(u) + \pi_A^2(u) \leq 1 \quad \forall u \in U \quad (3.1)$$

Burada μAu , $v Au$ ve πAu sırasıyla her bir u için u 'nun $\sim A$ 'ya üye olma, üye olmama ve tereddüt etme dereceleridir. Kürenin yüzeyinde Denklem 3.1 şu hale gelir:

$$\mu_A^2(u) + v_A^2(u) + \pi_A^2(u) \quad \forall u \in U \quad (3.2)$$

SFS'nin arkasındaki fikir, karar vericilerin küresel bir yüzey üzerinde bir üyelik fonksiyonu tanımlayarak ve bu üyelik fonksiyonunun parametrelerini daha geniş bir alanla bağımsız olarak atayarak bulanık kümelerin diğer uzantılarını genelleştirmelerine izin vermektir. SFS, Pisagoriyen fuzzy set (PFS) ve Nötrosofik setin (NS) bir sentezidir. Önerilen IVSF-AHP yöntemi, birkaç adımdan oluşmaktadır.

Bu yöntemde izlenen metodoloji şu şekilde açıklanabilir:

1. Adım: Dört seviyeye dayalı hiyerarşik yapı oluşturulur.

Bu adımda en az üç seviyeden oluşan bir hiyerarşik yapı geliştirilir. Seviye 1, puan endeksine dayalı olarak en iyi alternatifin seçilmesi anlamına gelen bir hedefi göstermektedir. Puan endeksi, sonlu bir kriter kümesi olan $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$, Seviye 2' de gösterilmektedir.

Bu hiyerarşik yapıda herhangi bir C kriteri için tanımlanmış Seviye 3'te yer alan birçok alt kriter bulunmaktadır. Böylece, Seviye 4'te m adet uygulanabilir alternatiften oluşan ayrık bir küme $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\} (m \geq 2)$ tanımlanır ve ayrıca her seviye için K adet uygulanabilir karar vericiden oluşan ayrık bir küme vardır (Gündoğdu ve Kahraman, 2020).

Adım 2: İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulur.

Aralık değerli küresel bulanık değerlendirme matrisleri kullanılarak yapılan ikili karşılaştırmalar, Tablo 3.4' te verilen dilsel önem terimlerine dayalı olarak oluşturulur. Her bir ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılık oranı hesaplanır. Bu amaçla, ikili karşılaştırma matrisindeki dilsel terimler

Tablo 3.4' te verilen karşılık gelen puan indekslerine dönüştürülür. Ardından, klasik tutarlılık kontrol oranı formülünü uygulanır (Zeshui ve Cuiping, 1999).

Tutarlılık oranı %10'dan az olduğunda ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlı olduğu söylenebilir. Aksi takdirde, karar vericilerin yargılarını bir kez daha gözden geçirmeleri gerekmektedir.

Adım 3: Bireysel değerlendirici gruplarının aralık değerli küresel bulanık ağırlıkları toplanır.

Gerçek hayat problemlerinde, birçok farklı türde değerlendirici olabilir. İlk olarak, bireysel değerlendirici gruplarının ağırlıklarını $(\tilde{\omega}_j^{S_k})$ elde etmek için, farklı değerlendirici türlerinden alınan her bir kriter ve alternatif ikili karşılaştırma matrisleri Denklem 3.3' te verilen Aralık Değerli Küresel Ağırlıklı Aritmetik Ortalama (IVSWAM), IVSWAM operatörü kullanılarak ayrı ayrı toplanır.

$w_j = (w_1, w_2, \dots, w_n); w_j \in [0, 1]$ ve $\sum_{j=1}^n w_j = 1$, $\tilde{s}_j = ([\mu_j^-, \mu_j^+], [v_j^-, v_j^+], [l_j^-, l_j^+])$ olmak üzere bir IVSWAM kümesi olarak gösterilir:

Tablo 3.4. İkili karşılaştırmalar için kullanılan dilbilimsel terimler (Gündoğdu and Kahraman, 2020).

Dilbilimsel terimler	$s^{\sim} = ([\mu^-(x), \mu^+(x)], [v^-(x), v^+(x)], [I^-(x), I^+(x)])$	Skor indeksi
Kesinlikle Daha Fazla Önemli (AMI)	$([0.85, 0.95], [0.10, 0.15], [0.05, 0.15])$	9
Çok Yüksek Önemli (VHI)	$([0.75, 0.85], [0.15, 0.20], [0.15, 0.20])$	7
Yüksek Önemli (HI)	$([0.65, 0.75], [0.20, 0.25], [0.20, 0.25])$	5
Biraz Daha Fazla Önemli (SMI)	$([0.55, 0.65], [0.25, 0.30], [0.25, 0.30])$	3
Eşit Önemli (EI)	$([0.50, 0.55], [0.45, 0.55], [0.30, 0.40])$	1
Biraz Düşük Önemli (SLI)	$([0.25, 0.30], [0.55, 0.65], [0.25, 0.30])$	1/3
Düşük Önemli (LI)	$([0.20, 0.25], [0.65, 0.75], [0.20, 0.25])$	1/5
Çok Düşük Önemli (VLI)	$([0.15, 0.20], [0.75, 0.85], [0.15, 0.20])$	1/7
Kesinlikle Düşük Önemli (ALI)	$([0.10, 0.15], [0.85, 0.95], [0.05, 0.15])$	1/9

$$\begin{aligned}
 IVSWAM_W(\tilde{s}_1, \tilde{s}_2, \dots, \tilde{s}_n) &= w_1 \cdot \tilde{s}_1 \oplus w_2 \cdot \tilde{s}_2 \oplus \dots \oplus w_n \cdot \tilde{s}_n \\
 &= \left\{ \begin{array}{l} \left[(1 - \prod_{j=1}^n (1 - (\mu_j^-)^2)^{w_j})^{1/2}, (1 - \prod_{j=1}^n (1 - (\mu_j^+)^2)^{w_j})^{1/2} \right], \\ \left[\prod_{j=1}^n (v_j^-)^{w_j}, \prod_{j=1}^n (v_j^+)^{w_j} \right], \\ \left[\prod_{j=1}^n (1 - (\mu_j^-)^2)^{w_j} - \prod_{j=1}^n (1 - (\mu_j^-)^2 - (I_j^-)^2)^{w_j})^{1/2}, \right. \\ \left. \prod_{j=1}^n (1 - (\mu_j^+)^2)^{w_j} - \prod_{j=1}^n (1 - (\mu_j^+)^2 - (I_j^+)^2)^{w_j})^{1/2} \right] \end{array} \right\} \quad (3.3)
 \end{aligned}$$

Adım 4: Her bir kriterin aralık değerli küresel bulanık yerel ağırlıkları oluşturulur.

Daha sonra, aralık değerli küresel bulanık yerel ağırlıkları ($\tilde{\omega}_j^S$) elde etmek için, farklı değerlendirici türlerinin değerlendirmelerine göre oluşturulan $\tilde{\omega}_j^{S_k}$ değerleri Denklem 3.4' te göre aralık değerli küresel ağırlıklı geometrik ortalama yardımıyla toplanır. Aralık Değerli Küresel Geometrik Ortalama (IVSWGGM) Denklem 3.4' te gösterilmektedir.

$$IVSWGGM_W(\tilde{s}_1, \tilde{s}_2, \dots, \tilde{s}_n) = \tilde{s}_1^{w_1} \otimes \tilde{s}_2^{w_2} \otimes \dots \otimes \tilde{s}_n^{w_n} \quad (3.4)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} [\prod_{j=1}^n (\mu_{\bar{j}})^{w_j}, \prod_{j=1}^n (\mu_{j+})^{w_j}], \\ [(1 - \prod_{j=1}^n (1 - (v_{\bar{j}})^2)^{w_j})^{1/2}, (1 - \prod_{j=1}^n (1 - (v_{j+})^2)^{w_j})^{1/2}], \\ [\prod_{j=1}^n (1 - (v_{\bar{j}})^2)^{w_j} - \prod_{j=1}^n (1 - (v_{\bar{j}})^2 - (I_{\bar{j}})^2)^{w_j})^{1/2}, \\ \prod_{j=1}^n (1 - (v_{j+})^2)^{w_j} - \prod_{j=1}^n (1 - (v_{j+})^2 - (I_{j+})^2)^{w_j})^{1/2}] \end{array} \right\}$$

Adım 5: Global ağırlıkları elde etmek için hiyerarşik yapıyı oluşturulur.

Denklem 3.5 değiştirilmiş bir puan fonksiyonu kullanarak kriter ağırlıklarını bulanıklaştırmıştır. Pozitif bir skor değeri küresel hesaplamalar için daha kullanışlı olabileceğinden, skor fonksiyonunun önceki tanımına 1.0 eklenmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Defuzz}(\tilde{\omega}_j^S) &= \tilde{\omega}_j^{\text{lokal}} \\ &= \frac{(\mu^-)2 + (\mu^+)2 - (v^-)2 - (v^+)2 - (I^-/2)2 - (I^+/2)2}{2} + 1. \end{aligned} \quad (3.5)$$

Adım 6: Her bir seviyedeki yerel ağırlıklar, her bir kriter ve alt kriter için nihai küresel ağırlıkları ($\bar{\omega}_j^{\text{global}}$) hesaplamak üzere ilgili her bir alt kriter yerel ağırlığı ile çarpılır. Gerekli çarpma işleminden sonra, Denklem 3.6 global kriter ağırlıklarını normalleştirmek için kullanılabilir:

$$\bar{\omega}_j^{\text{final}} = \frac{\bar{\omega}_j^{\text{global}}}{\sum_{j=1}^n \bar{\omega}_j^{\text{global}}}. \quad (3.6)$$

Bu hesaplamadan sonra her bir kriterin ve alt kriterin normalize edilmiş global ağırlıkları elde edilir. Eğer problemde alternatifler mevcutsa, algoritma Adım 7 ile devam etmelidir.

Adım 7: Ağırlıklı karar matrisini hesaplayın ve alternatifler açısından global tercih ağırlıkları ($\tilde{s}_{S_{ij}}$) bulunur.

Normalize edilmiş global kriter ağırlıkları ($\bar{\omega}_j^{\text{final}}$) Denklem 3.7 kullanılarak karar matrisi ile çarpılır.

$$\tilde{s}_{S_{ij}} = \bar{\omega}_j^S \cdot \tilde{s}_{S_i}$$

$$= \left\{ \begin{array}{l} \left[\left(1 - \left(1 - (\mu_{S_i}^-)^2 \right)^{\bar{\omega}_j^{final}} \right)^{\frac{1}{2}}, \left(1 - \left(1 - (\mu_{S_i}^+)^2 \right)^{\bar{\omega}_j^{final}} \right)^{\frac{1}{2}} \right], \\ \left[(v_{S_i}^-)^{\bar{\omega}_j^{final}}, (v_{S_i}^+)^{\bar{\omega}_j^{final}} \right], \\ \left[\left(\left(1 - (\mu_{S_i}^-)^2 \right)^{\bar{\omega}_j^{final}} - \left(1 - (\mu_{S_i}^-)^2 - (I_{S_i}^-)^2 \right)^{\bar{\omega}_j^{final}} \right)^{\frac{1}{2}}, \right. \\ \left. \left(\left(1 - (\mu_{S_i}^+)^2 \right)^{\bar{\omega}_j^{final}} - \left(1 - (\mu_{S_i}^+)^2 - (I_{S_i}^+)^2 \right)^{\bar{\omega}_j^{final}} \right)^{1/2} \right] \end{array} \right\} \quad (3.7)$$

Her bir alternatif için nihai küresel bulanık AHP puanı (\tilde{A}), Denklem 3.8' de verildiği gibi her bir küresel tercih ağırlıkları üzerinde aralık değerli küresel bulanık toplama operatörünün gerçekleştirilmesiyle elde edilir:

$$\tilde{A} = \sum_{j=1}^n \tilde{s}_{S_{ij}} = \tilde{s}_{S_{i1}} \oplus \tilde{s}_{S_{i2}} \dots \oplus \tilde{s}_{S_{in}} \quad \forall i$$

$$i.e. \quad \tilde{s}_{S_{11}} \oplus \tilde{s}_{S_{12}} = \left\{ \begin{array}{l} \left[\left((\mu_{\tilde{s}_{S_{11}}}^-)^2 + (\mu_{\tilde{s}_{S_{12}}}^-)^2 - (\mu_{\tilde{s}_{S_{11}}}^-)^2 (\mu_{\tilde{s}_{S_{12}}}^-)^2 \right)^{\frac{1}{2}}, \right. \\ \left. \left((\mu_{\tilde{s}_{S_{11}}}^+)^2 + (\mu_{\tilde{s}_{S_{12}}}^+)^2 - (\mu_{\tilde{s}_{S_{11}}}^+)^2 (\mu_{\tilde{s}_{S_{12}}}^+)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right], \\ \left[v_{\tilde{s}_{S_{11}}}^-, v_{\tilde{s}_{S_{12}}}^-, v_{\tilde{s}_{S_{11}}}^+, v_{\tilde{s}_{S_{12}}}^+ \right], \\ \left[\left(\left(1 - (\mu_{\tilde{s}_{S_{12}}}^-) \right)^2 (I_{\tilde{s}_{S_{11}}}^-)^2 + \left(1 - (\mu_{\tilde{s}_{S_{11}}}^-) \right)^2 (I_{\tilde{s}_{S_{12}}}^-)^2 \right)^{1/2}, \right. \\ \left. - (I_{\tilde{s}_{S_{11}}}^-)^2 (I_{\tilde{s}_{S_{12}}}^-)^2 \right)^{1/2}, \\ \left[\left(\left(1 - (\mu_{\tilde{s}_{S_{12}}}^+) \right)^2 (I_{\tilde{s}_{S_{11}}}^+)^2 + \left(1 - (\mu_{\tilde{s}_{S_{11}}}^+) \right)^2 (I_{\tilde{s}_{S_{12}}}^+)^2 \right)^{1/2}, \right. \\ \left. - (I_{\tilde{s}_{S_{11}}}^+)^2 (I_{\tilde{s}_{S_{12}}}^+)^2 \right)^{1/2} \right] \end{array} \right\} \quad (3.8)$$

Adım 8: Her bir alternatifin nihai puanını bulanıklaştırın ve sırasıyla Denklem 3.5 ve Denklem 3.6' yı kullanarak bulanıklaştırılmış değerleri normalleştirin.

Adım 9: Normalleştirilmiş ve bulanıklaştırılmış nihai puanlara göre alternatifler arasındaki sıralamayı belirleyin. En iyi alternatif en büyük nihai puan değerine sahiptir.

3.2.3.2. IVSF-AHP yöntemi ile kriterlerin ağırlıklıklarının hesaplanması

Adım 1: Problem tanımlanır.

Karar için gerekli karar verme kriterleri (gemba-kaizen, ergonomi, 5S), VSD (Değer Akışı Tasarımı), atık yönetimi, tesis yönetimi (TPM ve OEE), tedarik zinciri yönetimi, üretim süreçleri, çalışma koşulları, insan) belirlenir ve kriter öncelikleri tespit edilir. Uzman görüşlerine dayalı olarak hazırlanan bir önem sıralaması oluşturulur. Daha önce belirtildiği gibi, Uzman 5'in görüşleri doğrultusunda hazırlanan önem sıralaması Tablo 3.3'te gösterilmiştir.

Adım 2: Hiyerarşik bir yapı oluşturulur.

Şekil 3.4'te YODM' nin hiyerarşik yapısı gösterilmiştir. En üstte ulaşılması gereken ana hedef yer almaktadır. Onun altında ana kriterler ve alt kriterler yer alır. Hiyerarşik yapının en altında ise alternatifler yer alır. Hiyerarşi sayısının kademelendirilmesi problemin karmaşıklığına ve detay derecesine bağlıdır. Hiyerarşi oluşturulurken düzlemde yer alan aynı seçeneklerin birbirinden tamamen bağımsız olduğu kabul edilir.



Şekil 3.4. YODM değerlendirilmesinin hiyerarşik yapısı.

Adım 3: İkili karşılaştırmalar matrisi oluşturulur.

1'den 9'a kadar olan bir ölçekte, karar seçenekleri, önce ana kriterlere, ardından alt kriterlere, varsa, ve son olarak tüm kriterlere göre karşılaştırılmak üzere matrisler oluşturulur. Denklem 3.9' da açıklandığı gibi, karşılaştırma matrisleri, köşegen elemanlarının 1 olduğu kare matrislerdir.

$$= \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & a_{1n} \\ a_{21} = 1/a_{12} & 1 & \cdot & \cdot & \cdot & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} = 1/a_{1n} & a_{n2} = 1/a_{2n} & \cdot & \cdot & \cdot & 1 \end{bmatrix}. \quad (3.9)$$

α_{ij} , i kriteri ile j kriterinin ikili karşılaştırma değeridir ve α_{ji} değeri $1/\alpha_{ij}$ 'den elde edilir. Bu, uygunluk fonksiyonu olarak bilinir. α_{ij} değeri, "i kriteri j kriterine göre hangi oranda tercih edilmelidir?" sorusunun cevabıdır. Karar alternatifleri her bir kriterle göre ayrı ayrı karşılaştırılır. Karar matrisleri 1/9-9 karşılaştırma ölçeği kullanılarak oluşturulur. Kısaltma kodu ve puan indeksleri ile karşılaştırma ölçeği yukarıda Tablo 3.4' te gösterilmiştir. Tablo 3.5'te önem derecesine göre sıralanan kriterlerin ağırlıklarını hesaplamak için uzmanların görüşleri ve bilgileri ışığında kriterler arasında ikili karşılaştırmalar yapılmıştır.

Tablo 3.5. YODM kriterlerinin Uzman 5'e göre ikili karşılaştırması.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	EI	EI	HI	SMI	SMI	HI	SMI	SMI	EI
C2		EI	HI	EI	SMI	HI	EI	HI	SLI
C3			EI	LI	LI	EI	LI	SLI	LI
C4				EI	EI	HI	SLI	SMI	LI
C5					EI	SMI	LI	EI	LI
C6						EI	LI	EI	LI
C7							EI	VHI	EI
C8								EI	LI
C9									EI

Adım 4: İkili karşılaştırma matrislerini normalize etme.

Matristeki her eleman, sütunlarının toplamına bölünerek normalize edilir. Normalize edilmiş matrisin her sütununun toplamı 1'e eşittir. YODM kriterlerinin Uzman 5 için ikili karşılaştırmasının normalizasyonunun hesaplama aşamaları, iki adımda Tablo 3.6. ve Tablo 3.7'de gösterilmiştir.

Tablo 3.6. Uzman 5 için ikili karşılaştırmasının normalizasyonu - 1.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	1,00	5,00	3,00	3,00	5,00	3,00	3,00	1,00
C2	1,00	1,00	5,00	1,00	3,00	5,00	1,00	5,00	0,33
C3	0,20	0,20	1,00	0,20	0,20	1,00	0,20	0,33	0,20
C4	0,33	1,00	5,00	1,00	1,00	5,00	0,33	3,00	0,20
C5	0,33	0,33	5,00	1,00	1,00	3,00	0,20	1,00	0,20
C6	0,20	0,20	1,00	0,20	0,33	1,00	0,20	1,00	0,20
C7	0,33	1,00	5,00	3,00	5,00	5,00	1,00	7,00	1,00
C8	0,33	0,20	3,00	0,33	1,00	1,00	0,14	1,00	0,20
C9	1,00	3,00	5,00	5,00	5,00	5,00	1,00	5,00	1,00
Toplam	4,73	7,93	35,00	14,73	19,53	31,00	7,08	26,33	4,33

Tablo 3.7. Uzman 5 için ikili karşılaştırmasının normalizasyonu - 2.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	0,211	0,126	0,143	0,204	0,154	0,161	0,424	0,114	0,231
C2	0,211	0,126	0,143	0,068	0,154	0,161	0,141	0,190	0,077
C3	0,042	0,025	0,029	0,014	0,010	0,032	0,028	0,013	0,046
C4	0,070	0,126	0,143	0,068	0,051	0,161	0,047	0,114	0,046
C5	0,070	0,042	0,143	0,068	0,051	0,097	0,028	0,038	0,046
C6	0,042	0,025	0,029	0,014	0,017	0,032	0,028	0,038	0,046
C7	0,070	0,126	0,143	0,204	0,256	0,161	0,141	0,266	0,231
C8	0,070	0,025	0,086	0,023	0,051	0,032	0,020	0,038	0,046
C9	0,211	0,378	0,143	0,339	0,256	0,161	0,141	0,190	0,231

Adım 5. Öncelik vektörü hesaplanır.

Normalize edilmiş matrisin her satırının toplamı, matrisin boyutuna bölünüp ortalaması alınır. Bu değerler, her kriter için hesaplanan önem ağırlıklarını temsil eder. Bu ağırlıklar, öncelik vektörünü oluşturur.

$$w_i = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{j=1}^n a'_{ij} \quad , i, j= 1,2,\dots,n. \quad (3.10)$$

Denklem 3.10. kullanılarak, bu şekilde, birbirlerine göre kriterlerin önem değerlerini gösteren yüzde önem dağılımları elde edilir. Tablo 3.8'te hesaplamalar görülmektedir.

Tablo 3.8. Öncelik vektörünün hesaplanması.

Kriter % Ağırlıkları (w)	D=A*w	ei=(A*w)/w
0,20	1,98	10,10
0,14	1,38	9,76
0,03	0,25	9,45
0,09	0,88	9,60
0,06	0,62	9,52
0,03	0,29	9,58
0,18	1,80	10,14
0,04	0,41	9,50
0,23	2,31	10,14
	Toplam	87,79

Adım 6: Tutarlılık Oranı (TO) hesaplanır.

İkili karşılaştırmalar ve önceliklendirme işleminden sonra, karşılaştırma matrislerinin tutarlılığı hesaplanır. İkili karşılaştırmadan elde edilen bir matrisin tutarlı olup olmadığını belirlemek için birçok yöntemden biri olan "Tutarlılık İndeksi (CI)" hesaplanması gereklidir. CI, Denklem 3.11 ile hesaplanır:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3.11)$$

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} w_j}{w_i} \right) \quad (3.12)$$

Tutarlılığı değerlendirmek için, "Rastgele/Random İndeks (RI)" değerinin bilinmesi gerekmektedir. n-boyutlu karşılaştırma matrisleri için tanımlanan RI değerleri Şekil 3.5' te verilmiştir. CI ve RI değerleri belirlendikten sonra, "Tutarlılık Oranı (TO)" hesaplanır. Bu hesaplama Tablo 3.9' da gösterilmiştir.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,53	1,56	1,57	1,59

Şekil 3.5. Karşılaştırma matrislerinin boyutuna göre rastgele indeks değerleri.

Tablo 3.9. Tutarlılık oranı.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	1,32	1,57	1,44	1,40	1,44	1,34	1,53	1,47
C2	0,76	1,00	1,27	1,04	1,09	1,01	0,73	1,15	1,12
C3	0,64	0,79	1,00	0,78	0,92	0,91	0,77	0,78	0,96
C4	0,69	0,96	1,29	1,00	0,97	1,15	0,78	1,19	1,14
C5	0,71	0,92	1,09	1,03	1,00	0,95	0,61	1,02	0,98
C6	0,69	0,99	1,10	0,87	1,05	1,00	0,76	1,20	1,12
C7	0,75	1,37	1,30	1,28	1,65	1,32	1,00	1,57	1,42
C8	0,65	0,87	1,29	0,84	0,98	0,83	0,64	1,00	0,96
C9	0,68	0,89	1,04	0,87	1,02	0,89	0,71	1,03	1,00
Toplam	6,6	9,1	10,9	9,1	10,1	9,5	7,3	10,5	10,2

$$CR = CI/RI^* \quad (3.13)$$

Eğer TO, 0,10'dan küçükse, karşılaştırma matrisi tutarlı kabul edilir. Adım 3, 4, 5 ve 6, çalışmaya katılan her bir uzman için tekrarlanır.

Adım 7: Kriterler için ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur ve karar seçeneklerinin öncelik vektörü hesaplanır. Bu öncelik vektörü, aynı zamanda kriterler için bir ağırlık vektörü olarak tanımlanabilir. Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisindeki karşılaştırmalar, 9 kategoriden oluşan IVSF-AHP yöntemi ile yapılmıştır. Bu

karşılaştırmalar, kriterlerin cazibesindeki fark ve kriterlerin yalın olgunluk üzerindeki etki derecesine dayanmaktadır.

Adım 8: Karar alternatifleri sıralanır.

Kriterler için elde edilen öncelik vektörleri, tam öncelik matrisini oluşturmak için birleştirilir. Sonuç vektörü, tam öncelik matrisi ile karar alternatiflerinin öncelik vektörlerini çarparak ve toplayarak elde edilir. Bu vektördeki en yüksek ağırlığa sahip karar alternatifi, problemin çözümü için tercih edilmesi gereken karar alternatifi olarak belirlenir.

Tablo 3.10. bulanık ağırlıkları gösterirken, Tablo 3.11. bulanıklığı giderilmiş olan ağırlıkları göstermektedir. IVSF-AHP yöntemine göre Yönetim ve Liderlik, 0,151 önceliklendirme endeksi puanıyla, yalın olgunluk seviyesi belirlemede en yüksek önem derecesine sahip kriter olurken, Tam Zamanında Üretim (TZÜ) 0,091 önceliklendirme endeksi puanıyla en az öneme sahip kriter olarak belirlenmiştir. Fakat kriterlerin sahip oldukları PI'ler birbirine ve 1'e çok yakın oldukları için, aslında eşit ağırlıklandırmaya sahip olma eğilimindedirler.

Tablo 3.10. Her bir kriter için hesaplanan bulanık ağırlıklar.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	1,32	1,57	1,44	1,40	1,44	1,34	1,53	1,47
C2	0,76	1,00	1,27	1,04	1,09	1,01	0,73	1,15	1,12
C3	0,64	0,79	1,00	0,78	0,92	0,91	0,77	0,78	0,96
C4	0,69	0,96	1,29	1,00	0,97	1,15	0,78	1,19	1,14
C5	0,71	0,92	1,09	1,03	1,00	0,95	0,61	1,02	0,98
C6	0,69	0,99	1,10	0,87	1,05	1,00	0,76	1,20	1,12
C7	0,75	1,37	1,30	1,28	1,65	1,32	1,00	1,57	1,42
C8	0,65	0,87	1,29	0,84	0,98	0,83	0,64	1,00	0,96
C9	0,68	0,89	1,04	0,87	1,02	0,89	0,71	1,03	1,00
Total	6,60	9,10	10,90	9,10	10,10	9,50	7,30	10,50	10,20

Tablo 3.11. Her bir kriter için hesaplanan bulanığı giderilmiş ağırlıklar.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	Öncelik İndeksi	Sıra
C1	0,15	0,14	0,14	0,16	0,14	0,15	0,18	0,15	0,14	0,151	1
C2	0,12	0,11	0,12	0,11	0,11	0,11	0,10	0,11	0,11	0,110	3
C3	0,10	0,09	0,09	0,08	0,09	0,10	0,10	0,07	0,09	0,091	9
C4	0,11	0,11	0,12	0,11	0,10	0,12	0,11	0,11	0,11	0,110	4
C5	0,11	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10	0,08	0,10	0,10	0,100	6
C6	0,11	0,11	0,10	0,09	0,10	0,11	0,10	0,11	0,11	0,105	5
C7	0,11	0,15	0,12	0,14	0,16	0,14	0,14	0,15	0,14	0,139	2
C8	0,10	0,10	0,12	0,09	0,10	0,09	0,09	0,10	0,09	0,096	8
C9	0,10	0,10	0,09	0,10	0,10	0,09	0,10	0,10	0,10	0,098	7
Toplam	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,000	

3.3. Modifikasyonlar ve İyileştirmeler

Modifikasyonlar ve iyileştirmeler kapsamında, uzman değerlendirmelerinden elde edilen geri bildirimler aksiyona dönüştürülerek, 282 soru ve 14 kategoriden oluşan yalın olgunluk değerlendirme modeli yalınlaştırılmış, nihai halinde 116 soru ve 9 ana kategori altında toplanmıştır. Böylece, uzmanlar tarafından tek tek incelenen ve yanıtlanan model sorularının içerik geçerliliği sağlanmıştır. Yönetim ve Liderlik kategorisine ait kontrol listesinin iyileştirmelerden önceki versiyonu Ek B' de görülmektedir.

4. UYGULAMA VE ANALİZ

Bu bölümde geliştirilen model aracılığıyla, Türkiye'nin birçok farklı sektöründen yalnız metodolojisi ve teknikleri konusunda belli bir farkındalığa ve uygulamaya sahip firmaların katılımı sayesinde, 187 orta ve üst düzey profesyonele uygulanan 116 soruluk çevrimiçi anketten elde edilen verileri içeren bir vaka çalışması, önerilen yaklaşımın anlaşılmasına yardımcı olması için gerçekleştirilmiştir.

4.1. Verinin Elde Edilmesi

– Çevrimiçi Anket Çalışması

Çevrimiçi anket veya internet anketi, en popüler anket çeşitlerinden biridir. Veri toplamak amacıyla, bir dizi anket sorusu bir hedef örnekleme gönderilir. Katılımcılar çevrimiçi anketleri e-posta, web sitesi üzerine gömülü, sosyal medya gibi çeşitli ortamlar aracılığıyla alabilir ve yanıtlayabilirler. Gelecek ürünler veya hizmetler, pazarlama stratejilerindeki değişiklikler, mevcut özelliklerin iyileştirilmesi, akademik çalışmalar, sosyolojik değerlendirmeler gibi birçok konu ve alan hakkında bilgi ve geri bildirim almak için interneti kullanarak çevrimiçi anketler gerçekleştirmek günümüzde oldukça fazla fayda sağlamaktadır.

– Çevrimiçi Anketlerin Özellikleri

Çevrimiçi anketleri ideal olarak tanımlaması gereken altı farklı özellik vardır.

1. Anketin amacı
2. Doğru araştırma tasarımı
3. Doğru yapılandırılmış anket soruları
4. Açıkça tanımlanmış hedef örneklem
5. Katılımcı geribildirimlerinin toplanması ve veri analizi
6. Anket sonuçlarının raporlanması

Bu çalışmada gerçekleştirilen anket çalışması, e-posta yoluyla gönderilen sorular üzerinden yapılmıştır. Katılımcılar geridönüşlerini yine e-posta yoluyla yapmışlardır.

4.2. Validasyon

4.2.1. Doğrulayıcı faktör analizi

4.2.1.1. Yalın olgunluk seviyesi için ölçüm modeli

YODM'nin 9 ana 14 alt ekseninin deneysel doğrulaması için toplam 116 anket maddesi oluşturulmuştur. Anket yanıtları, 0'ın kesinlikle katılmıyorum veya uygulama eksikliği ve 4'ün kesinlikle katılıyorum anlamlarına geldiği 5'li Likert ölçeğine dayandırılarak toplanmıştır. Geliştirilen araç, kapsamlı bir yalın literatür araştırmasına (teorik, kavramsal, deneysel ve pratik) dayanarak geliştirilmiştir. Anket aracının içerik geçerliliğini sağlamak ve doğru kriter ağırlıklarını belirlemek ve bu ağırlıkları hesaplamak için 5 uzmandan oluşan bir grupta (akademisyenler, araştırmacılar, yalın mühendisler, yöneticiler ve uygulayıcılar) bir pilot çalışma yürütülmüştür. Uzmanların yorum ve önerilerine ve IVSF-AHP yönteminin hesaplamalarına dayanarak aracın bir dizi iterasyonu yapılmış ve model optimize edilerek nihai versiyon, 9 ana 14 alt eksenle ilişkilendirilerek kurulan model, yalın olgunluğunu tanımlamada kullanılan unsurları en üst düzeye çıkartmak üzere tasarlanmıştır. Sonuçlar, farklı sektörlerden 26 orta ve büyük ölçekli şirketin katıldığı geniş bir çevrimiçi anket aracılığıyla toplanmış ve çoğunlukla yalın mühendisler, yalın yöneticiler ve uygulayıcılardan oluşan 187 katılımcıdan yanıt alınmıştır. Katılımcı şirketlerden elde edilen anket sonuçlarının analizi sonucunda, genel YOS 4 üzerinden 2,55 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, çalışmada kullanılan YODM'nin seviyelendirme ölçeğinde Seviye 3 - İyileştirme aralığına karşılık gelmektedir.

Geliştirilen modelin yalın üretimin olgunluğunu değerlendirmek için pratik kullanımına bir örnek olarak, Ek C'de Firma 1'in her bir kriter altındaki sorulara verdiği cevapların ortalaması ve bu ortalamaların kriter ağırlıkları ile çarpılmasıyla elde edilen puan gösterilmektedir.

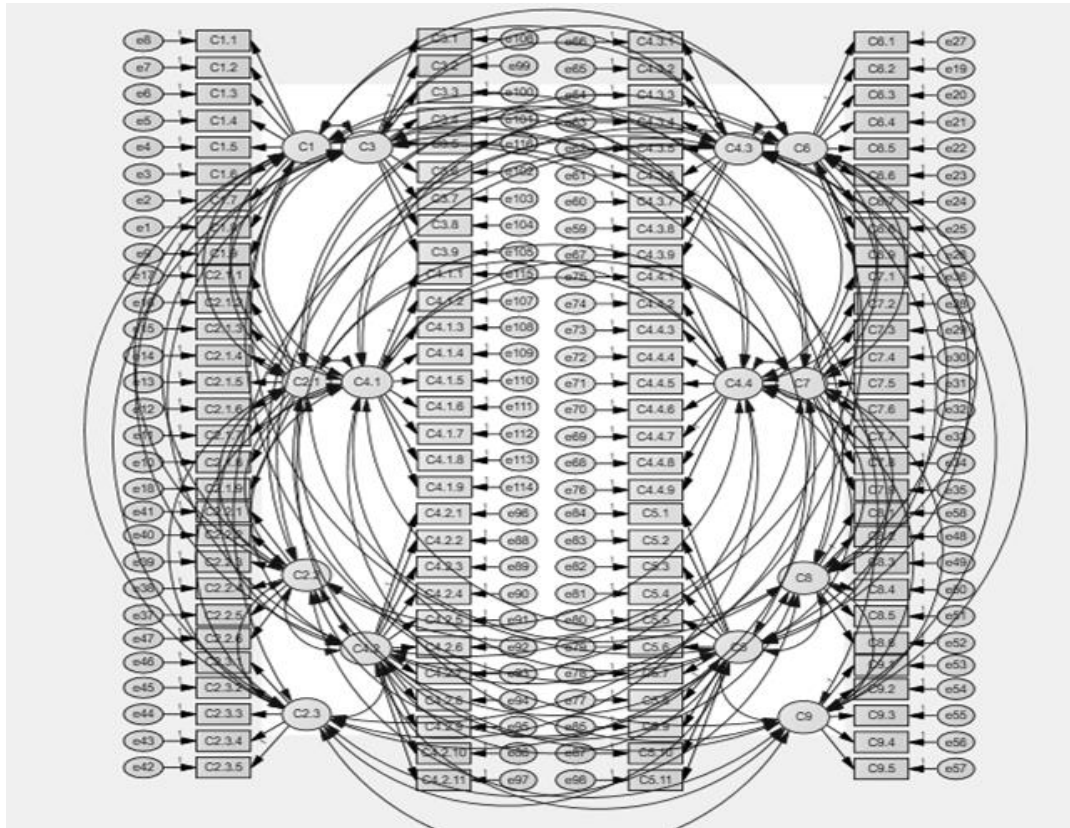
Ankete katılan şirketlerin yalın olgunluk seviyesi oranı %64 olarak belirlenmiştir. Beklenen sonuç düzeyi verimliliklidir. Bu seviyenin belirleyicisi, araçların ve kavramların beklenen sonuçlara ulaşması ve aynı zamanda kaynakları verimli kullanacak şekilde dağıtılmasıdır. Ayrıca, anket araçlarındaki tüm maddeler önyargıyı önlemek için rastgele seçilmiştir. Yalınlık göstergelerinin yalın olgunluk ölçümü için kullanılan kontrol listesinin bir örneği Tablo 3.3'te sunulmuştur.

4.2.1.2. Doğrulayıcı faktör analizi uygulaması

YODM, belirlenen 9 ana 14 Alt Kriter üzerine inşa edilmiştir. Modelin iyiliğinin genel olarak iyi uyum sağlayıp sağlamadığını belirlemek için aşağıdaki hipotez önerilmiştir:

H0. Yalın olgunluk ölçüm modeli, daha önce belirtilen 9 ana 14 Alt eksenden oluşan çok boyutlu bir yapıdır.

DFA analizi IBM SPSS AMOS V26 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.1' de YOM eksenleri için grafiksel bir gösterim sunulmuştur. DFA analizinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.1. ve Tablo 4.2' de yer almaktadır. Gerekli model uyum indeksleri ve sınır kriterleri, tüm indekslerin kabul edilebilir aralıkta kaldığını belirtmektedir.



Şekil 4.1. YOM kriterlerinin IBM SPSS AMOS V26'da grafiksel bir gösterimi.

4.2.1.3. Model uyumu

Uyum, bir modelin veriyi yani varyans kovaryans matrisi yeniden üretebilme kabiliyeti olarak adlandırılır. YEM literatüründe çok sayıda uyum istatistiği vardır ve sürekli olarak yenileri geliştirilmektedir. Erkorkmaz ve ark. 2013 DFA'da model uyumunu ölçmek için çeşitli istatistiksel yöntemler bulunmaktadır. Örneğin χ^2 , Uyum İyiliği İndeksi, Artımlı Uyum İndeksleri, Mutlak Uyum İndeksleri, Düzeltilmiş Uyum

İndeksi vb. Tablo 4.1., CFI, RMSEA ve SRMR gibi tüm zorunlu endekslerin değer aralıklarının "mükemmel" grup sonuçlarına ait olması ve ayrıca Ki-kare/df'nin kabul edilebilir aralıkta olması nedeniyle model uyumuna ilişkin güçlü kanıtlar göstermektedir. Tablo 4.2' de gösterilen CR değerleri, YODM'nin tüm eksenleri için 0.7 gerekliliğinin üzerinde olduklarını göstermektedir. Bu sonuçlar kriterlerin güçlü bileşik güvenilirliğini (CR) yansıtmaktadır.

Tablo 4.1. Model uyum sonuçları.

Model uyumu	Uyum iyiliği ölçütü	Kabul edilebilir aralık	Değer	Sonuçlar
Artımlı Uyum	Karşılaştırmalı Uyum İndeksi (CFI)	>0,95 – Mükemmel 0,9 - 0,95 - İyi	0,985	Mükemmel
Mutlak Uyum	Ki-kare/df	1 to 3	1,719	İyi
	Yaklaşık hataların ortalama karekökü (RMSEA)	<0.06 – Mükemmel 0,06 - 0,08 - İyi	0,040	Mükemmel
	(Standartlaştırılmış) Kalıntı Kareleri Ortalamasının Karekökü (SRMR)	<0,08 – Mükemmel 0,08 - 0,10 - İyi	0,059	Mükemmel

4.2.1.4. Geçerlilik ve güvenilirlik : Birleşim-ayrışım geçerliği

Tablo 4.2' de gösterilen Ortalama Çıkarılan Varyans (AVE) değerleri, gerekli değer olan 0,5'ten yüksektir ve yakınsak geçerliliğe dair güçlü kanıtlar sunmaktadır.

Maksimum Paylaşılan Varyansın Karesi (MSV) ve Ortalama Paylaşılan Varyansın Karesi (ASV) gibi ayırıcı geçerlilik ölçütleri de ayırıcı geçerliliğe ilişkin güçlü kanıtlar sağlamak üzere gerekli kriterleri karşılamaktadır.

4.2.1.5. Eşzaman geçerliliği

Katılımcılardan kuruluşlarının Olgunluk Seviyesini (ML) yüzde cinsinden derecelendirmeleri istenmiş ve bu sonuç eşzamanlı geçerliliği test etmek için kullanılmıştır. Tablo 4.3., 14 alt eksen ile ML arasındaki regresyon analizinin analizinin sonuçlarını göstermektedir. Sonuçlar, MM ve 14 eksenin ayrı ayrı istatistiksel önemini teyit eden %86.79' luk yüksek bir R^2 ile güçlü bir eşzaman geçerliliğinin varlığını göstermektedir.

Tablo 4.2. DFA sonuçları: Geçerlilik ve Güvenilirlik (Yakınsak ve Ayırıcı).

#	Kod	Kriterler(Axis)	AVE	CR	ASV	MSV	Aralık
1	C1	Liderlik ve Yönetim	0,568	0,896	0,024	0,051	
2	C2	Kalite	0,594	0,828	0,015	0,114	
2.1	C2.1	Toplam kalite yönetimi (TKY)	0,635	0,811	0,033	0,064	
2.2	C2.2	Standardizasyon ve Standart İş	0,587	0,836	0,019	0,098	
2.3	C2.3	Üretimde Kalite (JIDOKA)	0,688	0,874	0,025	0,099	
3	C3	Tam Zamanında Üretim (TZÜ)	0,576	0,792	0,043	0,105	Güvenilirlik CR > 0,7
4	C4	Yalın Teknikleri Uygulamaları	0,659	0,839	0,027	0,102	CR > AVE
4.1	C4.1	Gemba & Kaizen	0,607	0,901	0,038	0,078	Birleşim geçerliliği AVE > 0,5
4.2	C4.2	İş İstasyonu Tasarım Ergonomi, 5S	0,572	0,873	0,046	0,057	Ayrışım Geçerliliği AVE > MSV
4.3	C4.3	Değer Akış Haritalama (VSM)	0,678	0,914	0,032	0,124	AVE > ASV
4.4	C4.4	İsraf ve Kayıp Yönetimi	0,602	0,875	0,030	0,120	
5	C5	Tesis Yönetimi (TPM & OEE)	0,553	0,905	0,026	0,081	
6	C6	Tedarik Zinciri Yönetimi	0,579	0,797	0,031	0,471	
7	C7	Üretim Süreçleri	0,551	0,858	0,044	0,063	
8	C8	Çalışma Koşulları	0,624	0,926	0,041	0,117	
9	C9	İnsanlar	0,545	0,867	0,034	0,089	

Eşzaman geçerliliğini test etmek için 'Olgunluk Seviyesi' (ML) olarak adlandırılan bir sonuç ölçütü kullanılmış ve katılımcılardan anket sonunda Yalın Performans düzeyini 100 üzerinde derecelendirmeleri istenmiştir. Regresyon denklemi elde edilen katsayılara (coefficients) bağlı olarak $ML=0.00624- 0.0888 C1+0.01598$

C2.1+0.02374 C2.2+0.02487 C2.+ 0.02115 C3+0.02639 C4.1+0.02275 C4.2
+0.02168 C4.3+0.02119 C4.4+0.01968 C5+0.01830 C6 +0.02184 C7+0.02565
C8+0.02561 C9 şeklinde kurulmuştur.

Tablo 4.3. 14 eksenin (kriterler) ve ML (olgunluk seviyesi) arasındaki regresyon analizinin sonucu (eşzamanlı geçerlilik).

Kaynak	DF	Adj SS	Adj MS	F-Değeri	P- Değeri
Regresyon analizi	14	2,33538	0,166813	370,05	0,000
Liderlik Tarzı ve Yönetim Şekli	1	0,03259	0,032589	72,29	0,000
Kalite					
Toplam Kalite Yönetimi (TKY)	1	0,01048	0,010480	23,25	0,000
Standardizasyon ve Standart İş	1	0,01766	0,017657	39,17	0,000
Üretimde Kalite (JIDOKA)	1	0,02018	0,020181	44,77	0,000
Tam Zamanında Üretim (TZÜ)	1	0,01454	0,014535	32,24	0,000
Yalın Teknikleri Uygulamaları					
Gemba & Kaizen	1	0,02175	0,021748	48,24	0,000
İş İstasyonu Tasarım Ergonomi, 5S	1	0,01783	0,017833	39,56	0,000
Değer Akış Haritalama (VSM)	1	0,01561	0,015612	34,63	0,000
İsraf ve Kayıp Yönetimi	1	0,01472	0,014718	32,65	0,000
Tesis Yönetimi (TPM & OEE)	1	0,01328	0,013282	29,46	0,000
Tedarik Zinciri Yönetimi	1	0,01164	0,011637	25,82	0,000
Üretim Süreçleri	1	0,01535	0,015353	34,06	0,000
Çalışma Koşulları	1	0,02021	0,020209	44,83	0,000
İnsanlar	1	0,02049	0,020494	45,46	0,000
Hata	172	0,07753	0,000451	-	-
Toplam	186	2,41292	-	-	-
Model Özeti	S	R-Kare	R-Sq(adj)	R- Sq(pred)	
	0,0212317	86,79%	96,53%	96,24%	

4.2.2. Çıkarım

Model uyumuna ilişkin güçlü kanıtlar ile güvenilirlik ve geçerlilik ölçümleri göz önüne alındığında, "H0: Yalın olgunluk ölçüm modeli daha önce belirtilen 9 ana 14 alt eksenden oluşan çok boyutlu bir yapıdır." hipotezinin kabul edilebilir olduğu sonucuna varılabilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Bulgular ve Sonuçlar

Bu araştırmanın ve önerilen olgunluk modelinin amacı, endüstri yöneticilerine, mühendislere, araştırmacılara ve uygulayıcılara şirketlerin yalınlığını değerlendirmede yardımcı olmaktır. Model ve önerilen metodoloji, yalın felsefeyi anlamak ve özellikle üretim alanlarında yalın uygulamalarını aşamalı olarak geliştirmek için bir altyapı oluşturmaktadır. Sunulan bilgiler ışığında model, yalın uygulayıcılar tarafından detaylı bir şekilde geliştirilebilir. IVSF-AHP yöntemi ilk kez yalın olgunluk seviyesinin değerlendirildiği bir çalışmada kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması sırasında kullanılmıştır. Modelin uyumunu, geçerliliğini ve güvenilirliğini test etmek için IBM SPSS AMOS V26 programında Doğrulayıcı Faktör Analizi (DFA) uygulanmıştır. DFA yaklaşımı, önerilen modelin yalın uygulayıcılar tarafından standartlaştırılmış bir ölçüm aracı olarak kullanılabilir olduğunu başarıyla doğrulamıştır.

Bu çalışma, Yalın olgunluk ölçüm modelinin daha önce bahsedildiği üzere 9 ana 14 alt kriterden oluşan, çoklu bir yapı olduğunu göstermektedir. Ayrıca belirlenen kriterleri doğrularak yeni bir düşünce biçimi oluşturmaya ve Yalın olgunluk ölçüm modelinin boyutlarını daha iyi anlamaya teorik olarak katkıda bulunmaktadır. Yalın olgunluk ölçümü yapılırken bütüncül bir yaklaşıma ihtiyaç olduğu gösterilmiştir.

Katılımcı şirketlerden elde edilen anket sonuçlarının analizi sonucunda, genel YOS 4 üzerinden 2,55 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, çalışmada kullanılan YODM'nin seviyelendirme ölçeğinde Seviye 3 - İyileştirme aralığına karşılık gelmektedir.

Yalın olgunluk ölçüm modeli için tanımlanan kriterlere ilişkin önemli bulgulardan biri de insan faktörüdür. Yönetim ve Liderlik, Çalışma Koşulları ve İnsanlar gibi doğrudan insan faktörü ile ilgili tüm kriterler, yalın uygulamaların başarısının çalışanların motivasyonu, yalın yöntemlerin benimsenmesi ve yönetim ekibinin katılımı ile doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, Yönetim ve Liderlik değerlendirmesi yüksek puan almış firmalarda belirlenen Yalın Olgunluk Seviyesi, diğer firmalara göre daha yüksektir.

Şirketlerin yalın olgunluk seviyesini ölçmek için bir model tasarlanmış ve model uyumu, güvenilirliği ve geçerliliği incelenerek DFA yaklaşımı ile doğrulanmıştır. Bu araştırma, şirketler için üst düzey bir yalın olgunluk modelinin ana hatlarını çizmektedir. Kurumlarda yalın olgunluğun başarılı bir şekilde uygulanması ve en üst seviyeye (sürdürülebilirlik seviyesine) ulaştırılması için en temel faktör, kurumun detaylı bir dönüşüm planını temsil eden bir yol haritası çizmektir. Yalın felsefenin benimsenmesi ve yalın araçların doğru bir şekilde uygulanması ve geliştirilmesi için düzenli aralıklarla yalın kontrol listesi kullanılarak bir yalın değerlendirme yapılması faydalı olacaktır.

5.2. Araştırma ve Uygulama İçin Öneriler

Yalın olgunluk seviyelerinin belirlenmesi, işletmelerin süreçlerini inceleyerek verimliliği artırmalarına olanak tanımaktadır. Yalın ilkelere uyum, israfı azaltarak ve iş süreçlerini optimize ederek etkinliği ve verimliliği artırabilir. Yalın üretim yaklaşımına sahip olmak işletmelere rekabet avantajı sağlayabilmektedir. Müşteri taleplerine hızlı yanıt verebilmek ve maliyetleri düşürmek pazarda öne geçmeye olanak tanımaktadır. Yalın olgunluk seviyelerinin belirlenmesi bu rekabet avantajının sürdürülmesi için önemlidir. Yalın ilkeler iş süreçlerini daha esnek ve uyarlanabilir hale getirebilir. İşletmeler, değişen pazar koşullarına hızla uyum sağlamak ve dayanıklılıklarını artırmak için yalın olgunluk düzeylerini belirleme ihtiyacı hissetmektedir.

Dinamik bir üretim ortamında, sürekli değişen koşullara uyum sağlama ihtiyacı vardır. Yalın modeller, sürekli iyileştirme ilkelerine odaklanarak iş süreçlerini uyarlama ve optimize etme fırsatı sunmaktadır. Yalın modeller genellikle modüler bir yaklaşım benimser, bu da işletmelerin öncelikli alanlara odaklanmasına ve değişikliklere hızla yanıt vermesine yardımcı olmaktadır. Modülerlik, uygulamayı dinamik bir ortamda daha yönetilebilir hale getirir. Günümüzde teknolojik gelişmeler yalın modellerin uygulanmasını kolaylaştırabilmektedir. Otomasyon, veri analizi ve diğer teknolojik araçlar, işletmelere yalın olgunluk seviyelerini belirleme ve iyileştirme konusunda destek olabilmektedir. Yalın ilkelere dayalı modellerin uygulanması uzun vadede yatırımın geri dönüşünü sağlamaktadır. İşletmeler maliyet tasarrufu, artan müşteri memnuniyeti ve operasyonel verimlilik gibi avantajları gördükçe, bu modellere ayırdıkları zaman ve kaynaklar için ödüllendirilebilirler.

Sonuç olarak, dinamik bir üretim ortamında yalın modellerin uygulanması zor olabilir, ancak bu modellerin esnekliği ve sürekli iyileştirme odaklı yapısı işletmelere rekabet avantajı sağlama potansiyeli sunmaktadır. Uygulama önerileri aşağıdaki gibidir:

1. Bu araştırma ve önerilen olgunluk modeli, endüstri yöneticilerine, mühendislere, araştırmacılara ve uygulayıcılara şirketlerin yalınlığını değerlendirmede yardımcı olacaktır. Sunulan bilgiler ışığında model, yalın uygulayıcılar tarafından detaylı bir şekilde geliştirilebilir. Model ve önerilen metodoloji, yalın felsefeyi anlamak ve özellikle üretim alanlarında yalın uygulamalarını aşamalı olarak geliştirmek için bir altyapı oluşturmaktadır.
2. Yapılan çalışma, yalın olgunluk seviyesinin ölçülmesi ile ilgili yeni bir alanda teoriler geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır. Yalın olgunluk değerlendirme modelinin farklı yönlerinin daha iyi anlaşılmasını amaçlamaktadır.
3. Gelecekte yapılacak olan potansiyel çalışmalar ve araştırmalar, Yalın olgunluk modellerine ilişkin literatürün daha geniş bir analizini sunarak bu alandaki araştırma uygulamalarına ilişkin kapsamlı bir açıklama sağlayabilir.
4. Yalın uygulayıcılar, 9 ana 14 alt kriterden oluşan Yalın olgunluk değerlendirme aracını kullanabilirler. Bu, uygulayıcıların Yalın olgunluk değerlendirme modelini uygulamaya yönelik bütünsel bir yaklaşım geliştirmelerine olanak tanıyarak etkili bir uygulama ile sonuçlanır.
5. Çalışmada önerilen ölçüm modeli, diğer araştırmacıların Yalın olgunluk değerlendirmesinin eksenleri arasındaki nedensel ilişkileri keşfetmek için Yapısal Eşitlik Modellemesini (YEM) kullanmalarına yardımcı olabilir.
6. Kuruluşların özel gereksinimlerine göre, bu çalışmada açıklanan Yalın olgunluk modelinin eksenleri (kriterleri), farklı çok kriterli karar verme teknikleri kullanılarak kurumsal performansı etkilemedeki önem derecelerine göre önceliklendirilebilir.
7. Her kuruluş kendine özgü ve benzersiz olduğundan, sektör, şirket ölçeği, ürün türü, ürün hacmi, üretim türü ve şirketin diğer özel gereksinimleri ve stratejileri dikkate alınarak, özel koşullarına ve kısıtlamalarına göre uyarlanmış bir yalın olgunluk ölçüm modelinin kişiselleştirilmesi şiddetle tavsiye edilir.

8. Bu çalışma, geliştirilen araçla birlikte araştırmacılar ve uygulayıcılar tarafından karmaşıklık düzeyi, karlılık (% olarak), teslimat süresi, tüketici memnuniyet oranı, kurumsal performans, çeviklik ve sürdürülebilirlik gibi sonuç değişkenlerini etkilemede Yalın olgunluk eksenlerinin etkisini incelemek için kullanılabilir.
9. Yalın uygulamalar günlük atölye yönetiminin bir parçası olmalıdır. Ayrıca, önceki değerlendirmelerin geri bildirimlerini kullanarak ve yalınlık sonuçlarını performansla karşılaştırmalı olarak gözden geçirerek zaman içinde değişen ihtiyaçlar doğrultusunda dinamik bir değerlendirme sistemi geliştirilmesi tavsiye edilir.
10. Kurumlarda yalın olgunluğun başarılı bir şekilde uygulanması ve en üst seviyeye (sürdürülebilirlik seviyesine) ulaştırılması için en temel faktör, kurumun detaylı bir dönüşüm planını temsil eden bir yol haritası çizmektir. Yalın felsefenin benimsenmesi ve yalın araçların doğru bir şekilde uygulanması ve geliştirilmesi için düzenli aralıklarla yalın kontrol listesi kullanılarak bir yalın değerlendirme yapılması faydalı olacaktır. Bir öneri olarak, yılda bir kez bir iç denetçi ile iç değerlendirme (soft assessment) ve iki yılda bir kez de bir dış denetçi ile kapsamlı bir kontrol yapılabilir.
11. Geliştirilen modelin, yapılan değişikliklerden etkilenip etkilendiğini test edebilmek adına duyarlılık analizi yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of production economics*, 107(1), 223-236. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.09.009>
- Abastante, F., Corrente, S., Greco, S., Ishizaka, A., & Lami, I. M. (2019). A new parsimonious AHP methodology: Assigning priorities to many objects by comparing pairwise few reference objects. *Expert Systems with Applications*, 127, 109-120. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.02.036>
- Abdel-Basset, M., Mohamed, M., Zhou, Y., & Hezam, I. (2017). Multi-criteria group decision making based on neutrosophic analytic hierarchy process. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 33(6), 4055-4066.
- Anvari, R., Irum, S., Ashfaq, M., & Atiyaye, D. M. (2014). The impact of leader's cultural intelligence on organizational commitment. *Asian Social Science*, 10(17), 45. <https://doi.org/10.5539/ass.v10n17p45>
- Becker, J., Knackstedt, R., & Pöppelbuß, J. (2009). Developing maturity models for IT management: A procedure model and its application. *Business & Information Systems Engineering*, 1, 213-222. <https://doi.org/10.1007/s12599-009-0044-5>
- Becker, J., Niehaves, B., Pöppelbuß, J., & Simons, A. (2010, June, 7-9). Maturity models in IS research. *18th European Conference on Information Systems, ECIS 2010, Pretoria, South Africa*. ISBN 978-0-620-47172-5
- Bentler, P. M., & Bonett, D. G. (1980). Significance tests and goodness of fit in the analysis of covariance structures. *Psychological bulletin*, 88(3), 588. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.88.3.588>
- Bento, G. D. S., & Tontini, G. (2019). Maturity of lean practices in Brazilian manufacturing companies. *Total Quality Management & Business Excellence*, 30(sup1), S114-S128.
- Bhamu, J., & Singh Sangwan, K. (2014). Lean manufacturing: literature review and research issues. *International Journal of Operations & Production Management*, 34(7), 876-940. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2012-0315>
- Bhasin, S., & Burcher, P. (2006). Lean viewed as a philosophy. *Journal of manufacturing technology management*, 17(1), 56-72. <https://doi.org/10.1108/17410380610639506>
- Bhat, A. (2023, 12 Aralık) Çevrimiçi Anketler: Nedir, avantajları ve örnekleri <https://www.questionpro.com/blog/tr/cevrimici-anketler-nedir-avantajlari-ve-ornekleri/>
- Blumberg, B., Cooper, D., & Schindler, P. (2014). *Business research methods*, (4th ed.). McGraw Hill.

- Boender, C. G. E., De Graan, J. G., & Lootsma, F. (1989). Multi-criteria decision analysis with fuzzy pairwise comparisons. *Fuzzy sets and Systems*, 29(2), 133-143.
- Bolturk, E., & Kahraman, C. (2018). A novel interval-valued neutrosophic AHP with cosine similarity measure. *Soft Computing*, 22, 4941-4958.
- Bourne, M., Mills, J., Neely, A., Platts, K., Wilcox, M., Hamblin, D., & Bicheno, J. (1999). Performance measurement system design: testing a process approach in manufacturing companies. *International Journal of Business Performance Management*, 1(2), 154-170. <https://doi.org/10.1108/01443570010343708>
- Byrne, B. M. (1994). *Structural equation modeling with EQS and EQS/Windows: Basic concepts, applications, and programming*. Sage.
- Brown, T. A., & Moore, M. T. (2013). *Confirmatory factor analysis*. In R. H. Hoyle (Ed.), *Handbook of Structural Equation Modeling* (pp. 361-379). New York, NY: Guilford Publications.
- Bryman, A. and Bell, E. (2015) *Business Research Methods*. Oxford University Press, Oxford.
- Buckley, J. J. (1985). Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy sets and systems*, 17(3), 233-247.
- Butts, M. M., Vandenberg, R. J., & Williams, L. J. (2006). Investigating the susceptibility of measurement invariance tests: the effects of common method variance. *In Academy of Management Proceedings* (Vol. 2006, No. 1, pp. D1-D6). Briarcliff Manor, NY 10510: Academy of Management. <https://doi.org/10.5465/ambpp.2006.27182126>
- Büyüközkan, G., & Feyzioğlu, O. (2004). A fuzzy-logic-based decision-making approach for new product development. *International journal of production economics*, 90(1), 27-45. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(02\)00330-4](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(02)00330-4)
- Cetnarski, E. M., Ferreira, C. C., Eduarda, M., Souza, L., & Eduardo, S. (2019). A literature review on lean maturity level tools.
- Chang, D. Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European journal of operational research*, 95(3), 649-655.
- Crosby, P.B. (1979). *Quality is Free: the Art of Making Quality Certain*. Penguin Books, U.S.A.
- Deng, H. (1999). Multicriteria analysis with fuzzy pairwise comparison. *International journal of approximate reasoning*, 21(3), 215-231. [https://doi.org/10.1016/S0888-613X\(99\)00025-0](https://doi.org/10.1016/S0888-613X(99)00025-0)
- Dominique E., Samir L., Jean L, Sakina B.D. (2010). A Framework for Analysing Supply Chain Performance Evaluation Models, *International Journal Production Economics*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.11.024>
- Erkorkmaz, Ü., Etikan, İ., Demir, O., Özdamar, K., & Sanisoğlu, S. Y. (2013). Doğrulayıcı faktör analizi ve uyum indeksleri. *Turkiye Klinikleri Journal of Medical Sciences*, 33(1), 210-223. <http://dx.doi.org/10.5336/medsci.2011-26747>

- Gatignon, H. (2014). *Confirmatory factor analysis*. In Statistical analysis of management data, 77-154, New York, NY: Springer. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4614-8594-0>
- Gottschalk, P. (2009). Maturity levels for interoperability in digital government. *Government information quarterly*, 26(1), 75-81. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2008.03.003>
- Gurumurthy, A., & Kodali, R. (2011). Design of lean manufacturing systems using value stream mapping with simulation: a case study. *Journal of manufacturing technology management*, 22(4), 444-473. <http://dx.doi.org/10.1108/17410381111126409>
- Güner, H. (2005). Bulanık AHP ve bir işletme için tedarikçi seçimi problemine uygulanması [Yüksek lisans tezi]. Pamukkale Üniversitesi.
- Henderson, J. C., & Venkatraman, H. (1999). Strategic alignment: Leveraging information technology for transforming organizations. *IBM systems journal*, 38(2.3), 472-484. <https://doi.org/10.1147/SJ.1999.5387096>
- Hu, L. T., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural equation modeling: a multidisciplinary journal*, 6(1), 1-55. <http://dx.doi.org/10.1080/10705519909540118>
- Im, J. H., & Lee, S. M. (1989). Implementation of Just-in-time Systems in US Manufacturing Firms. *International Journal of Operations & Production Management*, 9(1), 5-14. <https://doi.org/10.1108/EUM0000000001213>
- Iversen, J., Nielsen, P. A. and Norbjerg, J. (1999). Situated assessment of problems in software development. *Database for Advances in Information Systems*, 30 (2), pp. 66-81. <http://dx.doi.org/10.1145/383371.383376>
- Jasti, N. V. K., & Kodali, R. (2015). Lean production: literature review and trends. *International Journal of Production Research*, 53(3), 867-885. <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2014.937508> (Jones, 1995).
- Jiang, W., Wei, B., Liu, X., Li, X., & Zheng, H. (2018). Intuitionistic fuzzy power aggregation operator based on entropy and its application in decision making. *International Journal of Intelligent Systems*, 33(1), 49-67.
- Kahraman, C., Öztayşi, B., Sarı, İ. U., & Turanoğlu, E. (2014). Fuzzy analytic hierarchy process with interval type-2 fuzzy sets. *Knowledge-Based Systems*, 59, 48-57.
- Kahraman, C., Deveci, M., Boltürk, E., & Türk, S. (2020). Fuzzy controlled humanoid robots: A literature review. *Robotics and Autonomous Systems*, 134, 103643.
- Kazanjian, R. K., & Drazin, R. (1989). An empirical test of a stage of growth progression model. *Management science*, 35(12), 1489-1503. <https://doi.org/10.1287/mnsc.35.12.1489>
- Keskin, Z. B., & Delice, E. K. (2022). Nesnel, Öznel ve Bütünleşik Kriter Ağırlıklandırma Yöntemlerinin Karşılaştırılması: COVID-19 Uygulaması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (34), 579-584. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1083549>

- Kilpatrick, J. (2003). Lean principles. Utah Manufacturing Extension Partnership, 68(1), 1-5.
- Kline, B., & Tamer, E. (2016). Bayesian inference in a class of partially identified models. *Quantitative Economics*, 7(2), 329-366. <http://dx.doi.org/10.3982/QE399>
- Konur, M.C. (2011). Lojistik Söktöründe Ağırlıklandırılmış Yalın Olgunluk Düzeyi Ölçüm Modeli Ve Uygulanması [Yüksek lisans tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi
- Koufteros, X. A. (1999). Testing a model of pull production: a paradigm for manufacturing research using structural equation modeling. *Journal of operations Management*, 17(4), 467-488. [http://dx.doi.org/10.1016/S0272-6963\(99\)00002-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0272-6963(99)00002-9)
- Krafcik, J. F., Triumph of the lean production system. *Sloan management review*, 30(1), 41-52 (1988).
- Kutlu Gündoğdu, F., & Kahraman, C. (2019). A novel VIKOR method using spherical fuzzy sets and its application to warehouse site selection. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 37(1), 1197-1211. <http://dx.doi.org/10.3233/JIFS-182651>
- Kutlu Gündoğdu, F., & Kahraman, C. (2020). A novel spherical fuzzy analytic hierarchy process and its renewable energy application. *Soft Computing*, 24, 4607-4621. <https://doi.org/10.1007/s00500-019-04222-w>
- Langlois, T. D. (2015). Examining the Association Between Leadership Styles and an Organization's Lean Manufacturing Maturity Level. Northcentral University.
- Leung, S., & Lee, W. B. (2004). Strategic manufacturing capability pursuance: a conceptual framework. *Benchmarking: An International Journal*, 11(2), 156-174. <http://dx.doi.org/10.1108/14635770410532598>
- Liker, J. K., Kamath, R. R., Wasti, S. N., & Nagamachi, M. (1996). Supplier involvement in automotive component design: are there really large US Japan differences, *Research policy*, 25(1), 59-89. [http://dx.doi.org/10.1016/0048-7333\(95\)00826-8](http://dx.doi.org/10.1016/0048-7333(95)00826-8)
- Liker, J. K., & Choi, T. Y. (2004). Building deep supplier relationships. *Harvard business review*, 82(12), 104-113.
- Liker, J.K. (2004) *The Toyota Way, 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill, New York.
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The Toyota way in services: the case of lean product development. *Academy of management perspectives*, 20(2), 5-20. <http://dx.doi.org/10.5465/AMP.2006.20591002>
- Lohman, C., Fortuin, L., & Wouters, M. (2004). Designing a performance measurement system: A case study. *European journal of operational research*, 156(2), 267-286. [http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00918-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00918-9)
- Lubben, R. T. (1988). Just-in-time manufacturing: An aggressive manufacturing strategy.

- Maasouman M.A., Demirli K. (2016). Development of a lean maturity model for operational level planning. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 83:1171-88. <http://dx.doi.org/10.1007/s00170-015-7513-4>
- Malmbrandt M., Åhlström P. (2013). An instrument for assessing lean service adoption. *International Journal of Operations & Production Management*, 16;33(9):1131-65. <http://dx.doi.org/10.1108/IJOPM-05-2011-0175>
- McDonald, R.P. and Ho, M.-H.R. (2002). Principles and Practice in Reporting Statistical Equation Analyses, *Psychological Methods*, 7 (1), 64-82. <http://dx.doi.org/10.1037/1082-989X.7.1.64>
- Miles, J. and Shevlin, M. (2007). A time and a place for incremental fit indices, *Personality and Individual Differences* 42 (5), 869-74. <http://dx.doi.org/10.1016/j.paid.2006.09.022>
- Minatour, Y., Bonakdari, H., & Aliakbarkhani, Z. S. (2016). Extension of fuzzy Delphi AHP based on interval-valued fuzzy sets and its application in water resource rating problems. *Water Resources Management*, 30, 3123-3141.
- Mohd, W. R. W., & Abdullah, L. (2017, November). Pythagorean fuzzy analytic hierarchy process to multi-criteria decision making. In AIP conference proceedings (Vol. 1905, No. 1). AIP Publishing.
- Monden, Y. 1994. Target Costing and Kaizen Costing for Price Competitiveness, ToyoKeizai Shinposha. http://dx.doi.org/10.1142/9781848160385_0005
- Moslem, S., Ghorbanzadeh, O., Blaschke, T., & Duleba, S. (2019). Analysing stakeholder consensus for a sustainable transport development decision by the fuzzy AHP and interval AHP. *Sustainability*, 11(12), 3271. <http://dx.doi.org/10.3390/su11123271>
- Moyano-Fuentes, J., & Sacristán-Díaz, M. (2012). Learning on lean: a review of thinking and research. *International Journal of Operations & Production Management*, 32(5), 551-582. <http://dx.doi.org/10.1108/01443571211226498>
- Naylor, J. B., Naim, M. M., & Berry, D. (1999). Leagility: Integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain. *International Journal of production economics*, 62(1-2), 107-118. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00223-0](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00223-0)
- Nesensohn, C., Bryde, D., Ochieng, E., & Fearon, D. (2014). Maturity and maturity models in lean construction. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, The, 14(1), 45-59. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2622152>
- Netemeyer, R. G., Bearden, W. O., & Sharma, S. (2003). Scaling procedures: Issues and applications. sage publications. <http://dx.doi.org/10.4135/9781412985772>
- Netland, T. (2013). Exploring the phenomenon of company-specific production systems: one-best-way or own-best-way, *International Journal of Production Research* 51.4: 1084-1097. <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2012.676686>
- Nunnally, J.C., *Psychometric Theory*, McGraw-Hill Book company, Englewood-Cliffs, NJ, (1988).
- Ohno, T. 1978. *Toyota Production System*, Diamond.

- Orçan, F., (2018). Exploratory and confirmatory factor analysis: which one to use first?. *Journal of Measurement and Evaluation in Education and Psychology*, 9(4), 413-421. DOI: 10.21031/epod.394323
- Öksüz E, Malhan S. [Reliability and validity of the Turkish version of the Florida Sexual History Questionnaire]. *Turkiye Klinikleri J Med Sci* 2005;25(2):204-12. 17. & Yılmaz V, Çelik HE. *Lisrel ile Yapısal Eşitlik Modellemesi* 1. 1. Baskı. Ankara: Pegem; 2009.
- Özdamar K. *Tabloların Oluşturulması, Güvenirlik ve Soru Analizi. Paket Programlarla İstatistiksel Veri Analizi-1*. 5th ed. Eskişehir: Kaan Kitabevi; 2004. p.201-50, 621.
- Öztaysi, B., Onar, S. Ç., Boltürk, E., & Kahraman, C. (2015, August). Hesitant fuzzy analytic hierarchy process. In 2015 IEEE international conference on fuzzy systems (FUZZ-IEEE) (pp. 1-7). IEEE.
- Pakdil, F., & Leonard, K. M. (2015). The effect of organizational culture on implementing and sustaining lean processes. *Journal of manufacturing technology management*, 26(5), 725-743. <http://dx.doi.org/10.1108/JMTM-08-2013-0112>
- Papadopoulou, T. C., & Özbayrak, M. (2005). Leanness: experiences from the journey to date. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 16(7), 784-807. <http://dx.doi.org/10.1108/17410380510626196>
- Pay, R. 2008. Everybody's jumping on the lean bandwagon, but many are being taken for a ride. *Industry Week*. Available at <http://www.industryweek.com/ReadArticle.aspx?ArticleID=15881>
- Perkins, L. Nathan, et al. (2010). Insights from enterprise assessment: How to analyze LESAT results for enterprise transformation, *Information Knowledge Systems Management* 9.3-4 153-174. <http://dx.doi.org/10.3233/IKS-2010-0164>
- Peterson, J., & Smith, R. (1998). *The 5S pocket guide*. CRC Press. <https://doi.org/10.4324/9780429272974>
- Pettersen, J., Defining lean production: some conceptual and practical issues. *The TQM journal*, 21(2), 127-142 (2009). <http://dx.doi.org/10.1108/17542730910938137>
- Press, I. P. (1989). Taiichi Ohno, Toyota Production System. *Beyond. Human Systems Management*, 8, 175-182. <https://doi.org/10.4324/9780429273018>
- Pöppelbuß J, & Röglinger M., What Makes a Useful Maturity Model? A framework of general design principles for maturity models and its demonstration in business process. s.l., ECIS 2011 Proceedings (2011).
- Rosemann, M., & De Bruin, T., Towards a business process management maturity model. In ECIS 2005 proceedings of the thirteenth European conference on information systems (pp. 1-12). Verlag and the London School of Economics (2005).
- Ross, J. E. (2017). *Total quality management: Text, cases, and readings*. Routledge. <https://doi.org/10.1201/9780203735466>

- Rummler, G. and Brache, A. (1990). *Improving Performance: How to Manage the White Space on the Organization Chart*, Jossey-Bass Publishers, San Francisco, CA. ISBN: 9781118239025
- Sadiq, R., & Tesfamariam, S. (2009). Environmental decision-making under uncertainty using intuitionistic fuzzy analytic hierarchy process (IF-AHP). *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 23(1), 75-91.
- Sahrom, N. A. (2014). A z-number extension of an integrated analytic hierarchy process: fuzzy data envelopment analysis for risk assessment (Doctoral dissertation, Universiti Teknologi MARA).
- Satoglu, S., Durmusoglu, M. (2003). A field study on measuring the lean maturity level in manufacturing firms in Turkey, *Endüstri Mühendisliği Dergisi*.
- Schermelleh-Engel, K., Moosbrugger, H., & Müller, H. (2003). 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.
- Schreiber, J. B., Nora, A., Stage, F. K., Barlow, E. A., & King, J. (2006). Reporting structural equation modeling and confirmatory factor analysis results: A review. *The Journal of educational research*, 99(6), 323-338. <http://dx.doi.org/10.3200/JOER.99.6.323-338>
- Schumacker, R. E., & Beyerlein, S. T. (2000). Confirmatory factor analysis with different correlation types and estimation methods. *Structural Equation Modeling*, 7(4), 629-636. http://dx.doi.org/10.1207/S15328007SEM0704_6
- Setianto, P., & Haddud, A. (2016). A maturity assessment of lean development practices in manufacturing industry. *International Journal of Advanced Operations Management*, 8(4), 294-322. <http://dx.doi.org/10.1504/IJAOM.2016.084150>
- Shah, R., Ward, P. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of operations management* 21.2: 129-149. [http://dx.doi.org/10.1016/S0272-6963\(02\)00108-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0272-6963(02)00108-0)
- Sim, K. L., & Rogers, J. W. (2008). Implementing lean production systems: barriers to change. *Management research news*, 32(1), 37-49. <http://dx.doi.org/10.1108/01409170910922014>
- Soriano-Meier, H., & Forrester, P. L. (2002). A model for evaluating the degree of leanness of manufacturing firms. *Integrated manufacturing systems*, 13(2), 104-109.
- Suhr, D. D. (2006). Exploratory or confirmatory factor analysis.
- Sureshchandar, G. S., Rajendran, C., & Anantharaman, R. N. (2001). A conceptual model for total quality management in service organizations. *Total quality management*, 12(3), 343-363. <http://dx.doi.org/10.1080/09544120120034492>
- Sureshchandar, G. S. (2021). Quality 4.0—a measurement model using the confirmatory factor analysis (CFA) approach. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 40(1), 280-303. <http://dx.doi.org/10.1108/IJQRM-06-2021-0172>

- Turesky, E. F., & Connell, P. (2010). Off the rails: understanding the derailment of a lean manufacturing initiative. *Organization Management Journal*, 7(2), 110-132. <http://dx.doi.org/10.1057/omj.2010.14>
- Urban, W. (2015). The Lean Management Maturity Self-Assessment Tool Based on Organizational Culture Diagnosis, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 213 728 – 733. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.11.527>
- Vamsi Krishna Jasti, N., & Kodali, R. (2014). Validity and reliability of lean manufacturing frameworks: An empirical study in Indian manufacturing industries. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(4), 361-391. <http://dx.doi.org/10.1108/IJLSS-12-2013-0057>
- Van Laarhoven, P. J., & Pedrycz, W. (1983). A fuzzy extension of Saaty's priority theory. *Fuzzy sets and Systems*, 11(1-3), 229-241.
- Walentynowicz, P., & Pienkowski, M. (2020). Application of Industry 4.0 technologies to support lean companies. *Education Excellence and Innovation Management: A*, 2025, 17414-17423.
- Wan, H-d., Chen, F.F. (2009). Decision support for lean practitioners: a web-based adaptive assessment approach. *Comput Ind* 60(4):277–283. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2009.01.001>
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world: based on the Massachusetts Institute of Technology 5-million dollar 5-year study on the future of the automobile*. ISBN: 0-89256-350-8
- Worthington, R. L., & Whittaker, T. A. (2006). Scale development research: A content analysis and recommendations for best practices. *The counseling psychologist*, 34(6), 806-838. <http://dx.doi.org/10.1177/0011000006288127>
- Xu, Z., & Liao, H. (2015). A survey of approaches to decision making with intuitionistic fuzzy preference relations. *Knowledge-based systems*, 80, 131-142.
- Yaşlıoğlu, M. M. (2017). Sosyal bilimlerde faktör analizi ve geçerlilik: Keşfedici ve doğrulayıcı faktör analizlerinin kullanılması. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 46, 74-85. ISSN: 1303-1732
- Zeshui, X., & Cuiping, W. (1999). A consistency improving method in the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 116(2), 443-449. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(98\)00109-X](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(98)00109-X)
- Zhu, B., & Xu, Z. (2014). Some results for dual hesitant fuzzy sets. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 26(4), 1657-1668.

EKLER

EK A. Yalın olgunluk kriterlerine ilişkin literatür taraması

Araştırmanın Konusu	Kullanılan Kriterler	Kriter Sayısı*	Yazar - Yıl
İmalat firmalarının yalınlık derecesini değerlendirmek için bir model	İsrafın ortadan kaldırılması, sürekli iyileştirme, sıfır hata, tam zamanında teslimat, hammaddelerin çekme sistemi, çok işlevli ekipler, merkeziyetçilik, işlevlerin entegrasyonu, dikey bilgi sistemleri	9	Soriano-Meier, ve Forrester (2002)
Türkiye'deki imalat firmalarında yalın olgunluk düzeyinin ölçülmesi üzerine bir saha çalışması	Kanban, üretim planlama ve çizelgeleme, kurulum azaltma, endüstriyel temizlik (5S), süreç içi işlerin (WIP) ve envanterin azaltılması, görsel kontroller, poka yoke, hücresele üretim, tedarikçi ilişkileri yönetimi, TPM, esnek çalışanlar, atıkların ortadan kaldırılması	12	Satoglu ve Durmusoglu (2003)
MLQ ve LESAT modeli	Liderlik tarzı ve yönetim	1	Langlois (2015)
Yalın geliştirme uygulamalarının olgunluk değerlendirmesi	Kanban, 5S, Kaizen, enerji verimlilik programı, hücresele üretim, poka-yoke, standartlaştırılmış iş, görsel akış haritalama, planla yap kontrol et aksiyon al (PDCA), istatistiksel süreç kontrolü (SPC), SMED, TZÜ, toplam üretken bakım (TPM)	13	Setianto ve Haddud (2016)
Üretim Hücrelerinde Yalın Olgunluk Seviyesinin Değerlendirilmesi	İnsanlar, tesis yönetimi, çalışma şartları, üretim Süreçleri, kalite, TZÜ, liderlik	7	Maasouman ve Demirli (2016)
Yalın olgunluk seviyesinin analizi	Sürekli iyileştirme (Kaizen), iş yükü seviyelendirme (Heijunka), çekme sistemi üretimi (Kanban), görsel yönetim, tek dakikada kalıp değişimi (SMED), 5S, toplam önleyici bakım (TPM), tam zamanında üretim (TZÜ), standartlaştırılmış iş, değer akışı haritalama (VSM), sürekli üretim akışı, tedarikçi geliştirme, otomasyon (Jidoka), hücresele üretim, Poka Yoke, çok işlevli ekipler, toplam kalite yönetimi (TKY), insanların eğitimi, çalışanların ve yönetimin bağlılığı, müşterilere ve tedarikçilere meydan okuma, tedarik tabanının azaltılması, birim partiler/üretim partilerinin azaltılması, yetkilendirme, Hoshin-Kanri, kök neden analizi, sıfır hata, güvenilir ve test edilmiş teknoloji, süreç haritalama, radikal iyileştirme (Kaikaku), esnek bilgi sistemi, stok değiştirme noktası, simülasyon	32	Cetnarski ve ark, (2019)
Yalın uygulamaların olgunluğu	Stratejik Planlama, kalite, süreçler ve araçlar, problem çözme, insanlar, tedarikçi entegrasyonu, sürekli gelişme, müşteri odaklı olma	8	Bento ve Tontini (2019)
Kapsamlı yalın üretim olgunluğu modeli	Liderlik, insanlar, süreç, çekme sistemi, yerleşik kalite, 5M, TPM, standart çalışma, akış, lojistik sistemi ve üretim entegrasyonu, tedarikçi yönetimi, görsel yönetim	12	Walentynowicz ve Pienkowski (2020)

*İlgili makalede dikkate alınan toplam kriter sayısı

EK B. Yönetim ve Liderlik kontrol listesi(iyileştirmeden önce)

Kontrol maddesi: Standart çalışma prosedürü (SOP) Eksen: 1 - Yönetim ve Liderlik (iyileştirmeden önce)								
Kontrol Listesi		Skor						Bulgular
		0	1	2	3	4	N/A	
1	İşletmede yalın üretim süreçlerini yönetecek, yalın uygulamaları ile ilgili destek sağlayabilecek, yalın üretim sistemleri koordinatörleri/ yalın üretim sistemleri dönüşüm liderleri belirlenmiştir.							
2	İşletme, yalın düşünce ve ilkelerini etkin bir şekilde uygulamak ve bu doğrultuda başarı sağlamak için belli bir liderlik tarzı belirlemiştir.							
3	Liderlik anlayışı bütünlendirici yaklaşımla özdeşleşmiştir. Liderler motive edici, yıkıcı değil yapıcı ve takım çalışmasını teşvik eden bir tutum sergilemektedir.							
4	İşletmede yalın düşünceyi uygulamak amacıyla, liderlerin desteği ile hedefler belirlenir, süreç planlamaları yapılır ve bu planları uygulamak adına çaba sarf edilir. Liderler bu süreçte aktif rol almaktadır.							
5	Liderler, yalın felsefesini benimsemişlerdir.							
6	Yönetim, yalın felsefesini benimsemiştir.							
7	İşletmede, yalın metot ve stratejilerini kapsayan dokümanite edilmiş bir iş planı mevcuttur.							
8	Yönetim, yalın üretim modelleri oluşturmak için gerekli tüm adımlara izin verir ve süreci destekler.							
9	Yönetim, yalın çalışmalarına gerekli desteği vermekte ve katılım sağlamaktadır.							
10	Yönetim tarafından çalışanlara yalın düşünce tarzını benimsetmek ve yalın metodlarını uygulamak adına gerekli olanaklar sağlanmaktadır. Konuyla ilgili çalışmalar ve eğitimler düzenlenmektedir.							
11	Yönetim, bir yalın dönüşüm stratejisi geliştirmiş ve buna yönelik planlama çalışmaları yapmaktadır. Yönetim kaynakların verimli kullanılmasını ve israfların ortadan kaldırılmasını amaçlamaktadır.							
12	Yalınlaştırma çalışmaları, işletme genelinde yaygınlaştırılmıştır.							
13	Yalın uygulamalara yönelik yapılan çalışmalarda yönetim ve liderlik desteği düzeyi yüksek seviyelerdedir.							
14	İşletmede yalınlaştırma çalışmaları ve nihai hedef olarak yalın üretim için uzun dönemli vizyon, misyon, hedef ve sorumluluklar belirlenmiştir.							
15	Yönetim, yalın düşüncenin üretim ve süreçlerin bir parçası olduğunu benimsemiş ve stratejik liderliği uygulamaktadır.							
16	Liderler, yalın felsefesini uygulamaktadırlar.							
17	İşletme genelinde yalınlaştırma çalışmaları yaygınlaştırılmıştır.							
18	Liderler sahada ki mevcut durumu gözlemek, tespit etmek ve risk faktörlerini belirlemek adına yalın rehberlik prensiplerinden biri olan Gemba yürüyüşünü uygulamaktadır.							
19	Yalın olgunluk seviyesinin tespiti ve geliştirilmesi için, düzenli denetimler gerçekleştirilir.							
20	Bu denetimlerde, yalın uzmanı bir dış kaynak (external) denetçisi gibi görev yapar.							
21	Yalın dönüşümü gerçekleştirmek ve sürdürmek için gerekli organizasyon oluşturulmuştur.							
22	Yönetim ürünlerdeki, süreçlerdeki ve işlemlerdeki yalınlaştırma ihtiyaçlarını sistematik olarak belirlemekte ve izlemektedir.							
23	Yönetim yalın sürdürülebilirliği sağlamak için, çalışanların motive etmektedir/motivasyonlarını yüksek tutmaktadır.							
24	İşletmede yalın üretim süreçlerini doğru şekilde uygulamak ve yürütmek için yalın üretim sistemleri (PS) departmanı kurulmuştur.							
25	İşletme dijital dönüşüm sürecindedir.							

EK C. Geliştirilen modelin pratik kullanımına bir örnek – Firma 1

	C1	C2.1	C2.2	C2.3	C3	C4.1	C4.2	C4.3	C4.4	C5	C6	C7	C8	C9
Firma 1	2,33 3	2,22 2	2,167	2,400	1,889	2,333	2,182	2,000	2,111	1,818	1,889	2,000	2,167	2,200
Önceliklendirm e İndeksi	0,15 1	0,11 0	0,110	0,110	0,091	0,110	0,110	0,110	0,110	0,100	0,105	0,139	0,096	0,098
Ağırlıklandırma	0,35 2	0,249			0,172	0,237			0,182	0,198	0,278	0,208	0,216	
Firmanın Yalın Olgunluk Genel Skoru	2,092													
Firmanın Yalın Olgunluk Seviyesi	Seviye 3: İyileştirme - Verimlilik													

EK D. Önerilen modelde ve diğer modellerde karşılaştırmalı olarak kullanılan kriterler

Yalın Araçları ve Teknikleri (Kriterler) (Kontrol maddeleri içerisinde yer alan sorular baz alınmıştır)	LESAT	LCMM	BPI	Üretim Hatlarında Yalın Olgunluk Seviyesi Modeli	Önerilen Model: IVSF-AHP Yöntemi Kullanılarak Bir Yalın Olgunluk Değerlendirme Modeli Önerisi
	Nightingale & Mize (2002)	C. Nesensohn, ve ark. (2014)	N. Curatolo, ve ark. (2014)	M. Maasouman & K. Demirli (2016)	
Yönetim ve Liderlik	x			x	x
Kaizen / Sürekli İyileştirme	x		x	x	x
İş yükü dengeleme (Heijunka)	x			x	x
Çekme Üretim Sistemleri (Kanban)	x		x		
Görsel Yönetim	x		x		x
Standardizasyon ve Standart İş				x	x
5S					x
Toplam Önleyici Bakım (TPM)					x
Gemba & Kaizen					x
Değer Akışı Haritalama (VSM)	x		x		x
Değer Akışı Tasarımı (VSD)	x				x
Tedarikçi Geliştirme	x				
Üretimde Kalite (JIDOKA)					x
İş/Üretim Süreçleri	x				x
Çalışma Koşulları				x	x
İnsan				x	x
Çok Fonksiyonlu Ekipler			x		
Toplam Kalite Yönetimi (TQM)					x
İnsanları Eğitmek	x		x		x
Çalışanların ve Yönetimin Bağlılığı	x		x		
Zorlu Müşteriler ve Tedarikçiler			x		
Tedarik Zinciri Yönetimi					x
Güçlendirme	x				x
Tesis Yönetimi				x	x
İş İstasyonu Tasarım Ergonomi					x
Süreç Haritalama			x		

Tam Zamanında Üretim(TZÜ)				x	x
İsraf ve Kayıp Yönetimi	x		x		x
Yalın Liderlik		x			x
Müşteri odaklılık		x			
Düşünme Biçimi		x			
Kültür ve Davranış		x			x
Yetkinlikler		x			
İyileştirme Etkinleştiricileri		x			
Süreçler ve Araçlar		x			
Değişim Yönetimi	x	x	x		
Çalışma Ortamı		x			x
İş Sonuçları		x			
Öğrenme ve Yetkinlik Geliştirme		x			
Total	14	11	11	8	25

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Asiye YÜCEDAĞ GÜREL

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2013, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

MESLEKİ DENEYİM:

- 2014'ten bu yana BSH Hausgeräte GmbH firmasında farklı roller üstlendi.
- Şu anda, Münih'te yer alan şirket genel merkezinde Global Ürün Haritası Müdürü ve Müşteri Deneyimi Uzmanı olarak görev almaktadır.

TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER:

Kiraz, A., & Yücedag Gürel, A. (2023). Development of a Lean Maturity Assessment Model Using Interval-Valued Spherical Fuzzy AHP Method. International Journal of Research in Industrial Engineering, (), -. doi: 10.22105/rirej.2023.424690.1403