



**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**OTSM TRIZ YAKLAŞIMIYLA OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE
ÇELİŞKİLERİN ÇÖZÜMÜ: MALİYET, KALİTE VE SATIŞ
PROBLEMLERİ ÜZERİNE BİR ANALİZ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İlayda Gökçe YENİGÜL

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

MAYIS 2025

**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**OTSM TRIZ YAKLAŞIMIYLA OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE
ÇELİŞKİLERİN ÇÖZÜMÜ: MALİYET, KALİTE VE SATIŞ
PROBLEMLERİ ÜZERİNE BİR ANALİZ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İlayda Gökçe YENİGÜL

(21435025019)

ORCID: 0000-0002-8365-0417

**Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Endüstri Mühendisliği Yüksek Lisans Programı**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Koray ALTUN

ORCID: 0000-0003-0357-9495

MAYIS 2025



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, Bursa Teknik Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: İlayda Gökçe YENİGÜL

İmzası:

(Handwritten signature area)

Bu tez, hayatım boyunca bana her zaman destek olan, sevgisi ve fedakarlıklarıyla hep yanımda olan sevgili aileme ithaf edilmiştir.



ÖNSÖZ

Bu tez, yüksek lisans eğitimim sürecince öğrendiklerim ve birikimlerin bir sonucu olarak hazırlanmıştır. Araştırma sürecinde karşılaştığım zorluklar, bana sadece akademik açıdan değil, kişisel olarak da önemli bir öğrenme deneyimi sunmuştur.

Çalışmam boyunca bana yol gösteren ve destek olan değerli danışman hocam Koray Altun'a, görüş ve önerileriyle tezimin gelişimine katkı sağlayan jüri üyelerine ve öğretim üyelerine teşekkür ederim.

Ayrıca, bu süreçte yanımda olan, beni motive eden ve sabırla destekleyen sevgili aileme, eşime ve dostlarıma şükranlarımı sunuyorum.

Bu çalışmanın, alanıma katkı sağlayacağına inanıyor ve konu hakkında araştırma yapacak diğer akademisyenlere ilham olmasını temenni ediyorum.

Saygılarımla,

Nisan, 2025

İlayda Gökçe YENİGÜL
(Endüstri Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	x
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
1. GİRİŞ	15
1.1 Literatür Taraması	16
1.1.1 TRIZ ve sınırlamaları.....	16
1.1.2 TRIZ ve OTSM-TRIZ: temel farklar	16
1.1.3 OTSM-TRIZ’ın temel ilkeleri.....	18
1.1.4 OTSM-TRIZ’ın evrimindeki kilometre taşları	21
1.1.5 Business TRIZ ve uygulamaları.....	22
2. TRIZ.....	24
2.1 TRIZ Temel Kavramlar.....	26
2.1.1 İdealite.....	27
2.1.2 Fonksiyonel analiz	29
2.1.3 S eğrisi analizi	31
2.1.4 Çelişki matrisi	32
2.1.5 40 yaratıcı prensip	33
2.1.6 Kaynak kullanımı	36
2.1.7 Cisim- alan prensibi	36
2.1.8 76 buluş standardı	37
2.2 ARIZ.....	39
2.2.1 ARIZ’ın temel aşamaları.....	39
2.3 I-TRIZ	45
2.4 Problem Odaklı İcat (PI)	47
2.5 OTSM TRIZ	48
2.5.1 Problem akış.....	49
2.5.2 Modelleme	50
2.5.3 Çelişki	51
2.5.4 Karmaşık sistemler.....	51
2.5.5 Sonuç (İdealite)	52
2.5.6 Akış ağı	53
2.5.7 Sorun ağı (NOP).....	53
3. UYGULAMA.....	55
3.1 Problemin Tanımlanması	56
3.1.1 Maliyet problemleri.....	56
3.1.2 Satış problemleri	57
3.2 NOP Akış Ağı	58
3.3 Problemin Analizi ve Çelişki Değerlendirmesi.....	62

3.4 Çelişkilerin Önceliklendirilmesi	65
3.4.1 İdeal çözümler	65
3.5 Çözüm Matrisi	69
3.6 Genel Uygulama Planı	71
3.6.1 Matrisinin oluşturulması	71
3.6.2 Çözümün puanlanması	72
3.6.3 Sonuçların sıralanması	72
3.6.4 Seçilen çözümlerin incelenmesi	73
3.6.5 En uygun çözümün belirlenmesi	74
3.6.6 Pilot uygulama	74
3.6.7 Tam uygulama	76
3.6.8 İzleme ve değerlendirme	78
4. ÖNERİLER	80
5. SONUÇ	81
KAYNAKLAR	83
ÖZGEÇMİŞ	87

KISALTMALAR

AGV	: Automated Guided Vehicle
AHP	: Analytic Hierarchy Process
ANOVA	: Analysis of Variance
ARIZ	: Algoritm Resheniya Izobretatelskikh Zadach
ERP	: Enterprise Resource Planning
IBM	: International Business Machines
IFR	: Ideal Final Result
IoT	: Internet of Things
MES	: Manufacturing Execution System
NOP	: Network of Problems
OEM	: Original Equipment Manufacturers
OTSM	: Obshchaya Teoriya Silnogo Myshleniya
PI	: Process Improvement
QFD	: Quality Function Deployment
ROI	: Return on Investment
S/N	: Signal to Noise Ratio
TIPS	: Theory of Inventive Problem Solving
TRIZ	: Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadach

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1: Teknik çelişki oluşturan 39 mühendislik parametresi.	33
Çizelge 3.1: Problem, sorun ve etkilerin tanımlanması.	58
Çizelge 3.2 : Çelişki, çözüm önerisi ve uygulama stratejileri.	69
Çizelge 3.3: Çelişki puanlaması.	73



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: ARIZ süreci	40
Şekil 2.2: Problem akış ağı	53
Şekil 3.1: Pilot uygulama.....	75
Şekil 5.1: Problem çözüm akış ağı	82

OTSM TRIZ YAKLAŞIMIYLA OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE ÇELİŞKİLERİN ÇÖZÜMÜ: MALİYET, KALİTE VE SATIŞ PROBLEMLERİ ÜZERİNE BİR ANALİZ

ÖZET

Otomotiv sektörü, artan maliyetler, değişken müşteri talepleri ve kalite standartlarının karşılanması gibi zorluklarla sürekli dönüşüm içinde olan dinamik bir sektördür. Yedek parça üreticileri ve otomotiv üreten ana sanayi firmaları arasındaki ilişkiler karmaşık bir yapıya sahiptir. Yüksek kalite beklentisi, maliyet iyileştirme ve sürdürülebilirlik gibi faktörlerin yönetimi, bu ilişkinin temelini oluşturmaktadır. Enflasyon, döviz kuru dalgalanmaları, işçilik maliyet artışları ve lojistik zorluklar, sektör içinde ekonomik baskıları artırmaktadır. İşletmelerin karşılaştığı önemli çelişkilerin çözümüne yönelik yenilikçi yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Araştırmada, OTSM TRIZ (Güçlü Düşüncenin Genel Teorisi) metodolojisi temel alınarak otomotiv sektöründeki maliyet, kalite ve satış problemleri detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Çalışmada teknik ve ekonomik çelişkiler analiz edilerek, yenilikçi çözümler geliştirmeye odaklanmıştır. Örneğin, hammadde kalitesi vs. maliyet çelişkisi için yerel tedarikçi iş birlikleri ve geri dönüşümlü malzeme kullanımı önerilmiştir. İşçilik maliyeti vs. verimlilik çelişkisi için otomasyon ve dijitalleşme süreçlerinin devreye alınması önerilmiş ve bu çözüm, hem maliyetleri düşürmek hem de üretim hızını artırmak açısından yüksek uygulanabilirlik göstermiştir. Ayrıca, kalite ve standartlar vs. üretim hızı çelişkisi için dijital kalite kontrol sistemlerinin entegrasyonu önerilmiştir.

Çözüm önerileri, maliyet, fayda ve uygulanabilirlik kriterleri kapsamında değerlendirilmiş ve önceliklendirilmiştir. Analiz sonuçları, iş gücü maliyetlerini düşürmek ve üretim verimliliğini artırmak için otomasyonun devreye alınmasını en etkili çözüm olarak önermektedir. Modüler üretim hatlarının kurulması, maliyetleri düşürerek talep dalgalanmalarına esnek yanıt verilmesini sağlamaktadır. Yapay zeka tabanlı talep tahmini ve veri analitiği çözümleri, sipariş yönetiminde doğruluk oranını artırarak stok maliyetlerinin düşürülmesine önemli katkılar sunmaktadır.

Sonuç olarak, çalışma otomotiv sektöründeki maliyet ve satış problemlerine OTSM TRIZ metodolojisine dayalı bir yaklaşım sunmuş ve yenilikçi, uygulanabilir çözüm önerileri geliştirmiştir. Sektörde faaliyet gösteren işletmelere rekabet gücü kazandıran çözüm önerileri, özellikle maliyet kontrolü, kalite standartlarının sürdürülebilirliği ve lojistik süreçlerin iyileştirilmesine odaklanmaktadır. Bu metodolojinin kullanımı, sadece mevcut çelişkilerin çözülmesine değil, aynı zamanda uzun vadeli sürdürülebilir iş modellerinin geliştirilmesine de katkıda bulunmaktadır. Bu çalışma, gelecekte yapılacak araştırmalar için bir referans noktası niteliği taşımakta ve otomotiv sektörü dışındaki diğer sektörlerde de uygulanabilir bir yöntem sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Çelişki çözümlemesi, Maliyet analizi, OTSM TRIZ.

RESOLVING CONTRADICTIONS IN THE AUTOMOTIVE SECTOR USING OTSM TRIZ APPROACH: AN ANALYSIS OF COST, QUALITY, AND SALES CHALLENGES

SUMMARY

The automotive sector is a dynamic industry undergoing constant transformation due to challenges such as rising costs, fluctuating customer demands, and the need to meet strict quality standards. The relationships between spare parts manufacturers and OEMs are complex, shaped by the need to balance high-quality expectations with cost optimization and sustainability. Economic pressures such as inflation, currency fluctuations, rising labor costs, and logistical difficulties further exacerbate the challenges faced by the sector. Innovative approaches are essential to address the critical contradictions businesses encounter.

This study adopts the OTSM TRIZ (General Theory of Powerful Thinking) methodology to analyze and address cost, quality, and sales challenges in the automotive sector. It focuses on identifying technical and economic contradictions and developing innovative solutions. For example, the contradiction between Material Quality vs. Cost is addressed through partnerships with local suppliers and the use of recycled materials. The contradiction between Labor Costs vs. Productivity is resolved by integrating automation and digitization processes, which demonstrate high feasibility in reducing costs and improving production speed. Furthermore, the contradiction between Quality Standards vs. Production Speed is tackled by implementing digital quality control systems to ensure faster production without compromising standards.

The proposed solutions are evaluated based on cost, benefit, and feasibility criteria. Automation is highlighted as the most effective solution to reduce labor costs and increase production efficiency. Modular production lines are recommended to lower costs and provide flexibility to respond to fluctuating demands. Additionally, AI-powered demand forecasting and data analytics enhance order accuracy, significantly reducing inventory costs.

In conclusion, this study provides an OTSM TRIZ based approach to addressing cost and sales challenges in the automotive sector, offering innovative and feasible solutions. These proposals focus on cost efficiency, quality sustainability, and logistics improvement, contributing to competitive advantage. The methodology not only resolves current contradictions but also supports the development of sustainable business models. Thus, the study serves as a reference for future research and presents a transferable framework applicable beyond the automotive industry.

Keywords: Contradiction resolution, Cost analysis, OTSM TRIZ.

1. GİRİŞ

Otomotiv sektörü, küresel ekonomik etkiler, teknolojik gelişmeler ve değişken müşteri talepleri nedeniyle sürekli dönüşüm ve rekabet baskısı altında olan bir sektördür. Bu dönüşüm süreci sektörde faaliyet gösteren tedarikçi ve ana otomotiv firmaları arasındaki iş birliğini daha karmaşık ve kritik bir hale getirmektedir. Yedek parça üreticileri, artan maliyetler, değişken sipariş talepleri ve kalite standartlarına uyum gibi zorluklarla karşı karşıya kalırken, ana otomotiv firmaları ise rekabetçi fiyatlarla yüksek kaliteli ürünler sunma baskısı altındadır. Bu karşılıklı bağımlılık ve yüksek beklenti, tedarik zinciri süreçlerinde birçok teknik ve ekonomik çelişkiyi beraberinde getirmektedir.

Bu çalışmada, yedek parça üreticileri ile ana otomotiv firmaları arasındaki maliyet ve satış problemlerine odaklanılarak, bu problemlerin altında yatan temel çelişkiler analiz edilmiş ve çözüm yolları önerilmiştir. Çalışma kapsamında, OTSM TRIZ (Güçlü Düşüncenin Genel Teorisi) metodolojisinden yararlanılmış, maliyet ve kalite, lojistik hız ve maliyet, sipariş dalgalanmaları ve üretim planlama gibi sık karşılaşılan çelişkiler sistematik bir yaklaşımla ele alınmıştır. Ayrıca, döviz kuru dalgalanmaları, enflasyon ve işçilik maliyetlerindeki artış gibi ekonomik etkiler de bu problemlerin analizi sırasında dikkate alınmıştır.

Araştırmanın amacı, otomotiv sektöründeki tedarikçi ve ana firma arasındaki süreçleri daha sürdürülebilir ve verimli hale getirmek için çözüm önerileri geliştirmek ve bu çözümlerin uygulanabilirliğini ortaya koymaktır. Bu bağlamda, çalışma hem sektördeki mevcut sorunların kapsamlı bir analizini hem de bu sorunlara yönelik yenilikçi ve stratejik çözüm yollarını sunmaktadır. Böylece, hem akademik literatüre katkı sağlanması hem de sektördeki işletmelere yol gösterici bir rehber oluşturulması hedeflenmiştir.

1.1 Literatür Taraması

Khomenko ve De Guio (2007), çalışmalarında OTSM-TRIZ'i, klasik TRIZ metodolojisinin sınırlarını genişleterek yaratıcı problem çözme süreçlerinde karşılaşılan teorik ve uygulamalı zorluklara daha kapsamlı çözümler sunmak amacıyla geliştirilen bir yaklaşım olarak ortaya koymuştur. OTSM-TRIZ'in, Altshuller'in öncülüğünde geliştirilen TRIZ'in doğal bir devamı niteliğinde olduğunu ifade etmekte ve bu yöntemin özellikle çok boyutlu, karmaşık ve disiplinler arası problemlerin çözümünde güçlü bir metodolojik çerçeve sunduğunu belirtmektedir.

1.1.1 TRIZ ve sınırlamaları

Altshuller (1999), çalışmasında TRIZ yönteminin 1940'lı yılların sonlarında teknik problemlerin çözümüne yönelik sistematik bir yöntem olarak geliştiğini belirtmiştir. Ancak TRIZ'in bazı yapısal sınırlamalara sahip olduğunu da ifade etmektedir. Bu sınırlamalar:

- Teknik problemlere odaklanması,
- Sistemler arası ve karmaşık problemlerde yetersiz kalması,
- Dinamik akışlarda sınırlı çözüm araçları sunması.

Bu sınırlamaları farkına varan Altshuller'in öğrencilerinden Khomenko, TRIZ'in daha geniş ve esnek bir uygulama alanına kavuşabilmesi amacıyla yeni bir yaklaşım geliştirme çalışmalarına başlamıştır. Khomenko ve De Guio (2007), çalışmalarında OTSM-TRIZ'in, TRIZ'in teorik temelini muhafaza ederek geliştirilmiş bir yöntem olduğunu ve bu yaklaşımın yalnızca teknik sistemlerle sınırlı kalmayıp, sosyal, ekonomik ve eğitsel gibi farklı disiplinlerde karşılaşılan problemlere de çözüm üretebilecek bütüncül ve esnek bir yapıya sahip olduğunu ifade etmektedir. Yazarlar, TRIZ'in sınırlarını aşan bir metodoloji oluşturma çabasının, bu yeni yaklaşımın disiplinler arası uygulamalarda etkili bir araç haline gelmesini sağladığını vurgulamaktadır.

1.1.2 TRIZ ve OTSM-TRIZ: temel farklar

Cavallucci ve Khomenko (2007), çalışmalarında OTSM-TRIZ'in yalnızca mevcut problemlere yönelik çözümler üretmediğini aynı zamanda dinamik sistemlerde zamanla ortaya çıkabilecek değişim ve belirsizliklere karşı da çözüm stratejileri

geliştirdiğini belirtmektedir. Yazarlar, bu yöntemin proaktif bir yaklaşım benimsediğini yani olası problemlerin daha ortaya çıkmadan analiz edilip, önleyici mekanizmaların tasarlanmasını mümkün kıldığını savunmaktadır.

TRIZ ile OTSM-TRIZ arasındaki temel farklardan biri, çözüm yaklaşımının düzeyi ve kapsamı olarak öne çıkmaktadır. Cavallucci ve Khomenko (2007), çalışmalarına göre TRIZ, teknik problemlere odaklanmakta ve bu problemlere somut araçlar sunmaktadır. OTSM-TRIZ ise daha soyut, sistemik ve çok boyutlu bir bakış açısıyla hareket ederek, karmaşık problemleri kapsamlı bir şekilde ele almayı amaçlamaktadır.

Benzer şekilde Khomenko ve De Guio (2007), çalışmalarında OTSM-TRIZ'ın TRIZ'e kıyasla daha geniş bir bakış açısı sunduğunu belirtmektedir. Yazarlar, bu yaklaşımın yalnızca teknik sistemlerle sınırlı kalmadığını aynı zamanda disiplinler arası, sosyal ve ekonomik problemlerin çözümüne de olanak tanıyan esnek bir yapıya sahip olduğunu vurgulamaktadır. OTSM-TRIZ'ın, TRIZ'e oranla daha soyut ve kuramsal bir çerçeveye sunduğunu dile getiren araştırmacılar, bu yapının özellikle gelecekte ortaya çıkabilecek problemlerin öngörülmesi ve bu problemlere yönelik önleyici çözüm yollarının geliştirilmesi açısından önemli bir avantaj sağladığını ifade etmektedir.

Khomenko'nun (2009), çalışmasında her iki yaklaşımı yaratıcı problem çözme çerçevesinde değerlendirirken, TRIZ'in özellikle statik ve teknik problemlerle sınırlı kaldığını, buna karşın OTSM-TRIZ'in daha geniş kapsamlı yapısıyla farklı disiplinlerde de uygulanabilir olduğunu belirtmektedir.

Ayrıca Khomenko (2010), çalışmasında çözüm felsefesi açısından iki yaklaşımı karşılaştırırken TRIZ'in bireysel çelişkileri çözmeye odaklandığını ve OTSM-TRIZ'in ise "problem ağları" yaklaşımıyla birbirine bağlı, çok katmanlı problemlere sistemik ve bütüncül çözümler sunmaya çalıştığını ifade etmektedir.

Wang ve diğ. (2020), çalışmalarında TRIZ'in belirli teknik problemlere yönelik doğrudan çözümler sunduğunu ve OTSM-TRIZ'in ise belirsizlik içeren, çok boyutlu yenilik senaryolarında daha etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Yazarlar, OTSM-TRIZ'in problem alanlarını sistemsel ilişkilerle modelleyerek çözüm stratejilerini yapılandırmada daha güçlü bir çerçeve sunduğunu belirtmektedir.

1.1.3 OTSM-TRIZ'in temel ilkeleri

Khomenko ve Kucharavy (2002), çalışmalarında OTSM-TRIZ'in temel ilkeleri olarak çözüm öngörülebilirliği, kaynakların etkin kullanımı ve çözüm sınıflandırmasını ön plana çıkarmaktadır. Yazarlar, çözüm seçeneklerinin yalnızca mevcut probleme değil, sistemin gelecekteki gelişimine katkı sağlama potansiyeline göre değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Khomenko ve De Guio (2007), çalışmalarında OTSM-TRIZ'in TRIZ metodolojisinin genişletilmiş bir versiyonu olarak daha soyut ve sistemik bir problem çözme çerçevesi sunduğunu ifade etmektedir. Yazarlar, bu yaklaşımın temel ilkelerinden biri olan “problem ağları” kavramının, birbirine bağlı problemlerin bir sistem bütünlüğü içerisinde ele alınmasını sağladığını ve böylece karmaşık problemlere yönelik sistemik bir bakış açısı geliştirdiğini belirtmektedir. Ayrıca, OTSM-TRIZ'in mevcut kaynakların etkin biçimde kullanılması ilkesine dayandığını ve bu sayede karmaşık problemlerin çözüm sürecinde mevcut imkanlardan en yüksek verimle yararlanmayı hedeflediğini vurgulamaktadırlar.

Bu çerçeveyi genişleten Cavallucci ve Khomenko (2007), çalışmalarında OTSM-TRIZ'in yalnızca mevcut duruma odaklanmakla kalmayıp aynı zamanda dinamik sistemlerin zaman içerisinde nasıl değişeceğine dair analizler yapılmasına olanak tanıdığını ifade etmektedir. Yazarlar, bu yönüyle OTSM-TRIZ'in uzun vadeli ve sürdürülebilir çözümler geliştirme konusunda önemli bir avantaj sunduğunu ayrıca gelecekte ortaya çıkabilecek problemlerin öngörülmesine yönelik stratejik çözüm geliştirme yeteneğinin, bu metodolojinin ayırt edici özelliklerinden biri olduğunu belirtmektedir.

Khomenko (2010), çalışmasında OTSM-TRIZ'in diğer bir temel ilkesinin, soyutlama ve genelleştirme olduğunu aktarmaktadır. Bu ilke doğrultusunda OTSM-TRIZ, problemlere yalnızca özel bağlamlar üzerinden değil, daha genel ve üst düzey bir çerçeveden yaklaşmayı hedeflemektedir. Bu sayede bir disiplinde geliştirilen çözüm modellerinin farklı disiplinlerde de uygulanabilirliğini artırmaktadır.

Kucharavy ve Kouryan (2018), çalışmalarında OTSM-TRIZ'in kurucusu Nikolai Khomenko'nun yaklaşımını merkeze alarak, bu metodolojinin karmaşık problemlerin çözümüne yönelik geliştirilmiş bütüncül bir sistem sunduğunu ifade etmektedir.

1.1.3.1 Problem ağıları yaklaşımı

Becattini ve diğ. (2015), çalışmalarında OTSM-TRIZ metodolojisinin temel bileşenlerinden biri olan “problem ağıları” (Network of Problems - NoP) yaklaşımını, mühendislik öğrencilerinin tasarım becerilerini değerlendirme bağlamında ele almaktadır. Yazarlar, problem çözme süreçlerinin genellikle birbirinden izole edilmiş tekil problemler üzerinden yürütüldüğünü ancak gerçek dünyadaki mühendislik problemlerinin çoğunlukla birbiriyle etkileşim içinde olan çoklu ve bağlantılı alt problemlerin bir bütünü oluşturduğunu vurgulamaktadır.

Bu bağlamda, problem ağı yaklaşımı, mühendislik tasarımında karşılaşılan çok katmanlı problemlerin sistemik bir yapıda haritalanmasını ve analiz edilmesini mümkün kılan bir çerçeve sunar. Yazarlar, bu yaklaşımın öğrencilerin yalnızca tek bir probleme değil, birbirine bağlı alt problemlerin mantıksal ilişkilerine de odaklanmasını sağladığını böylece analitik düşünme, önceliklendirme ve stratejik çözüm geliştirme becerilerini geliştirdiğini ifade etmektedir.

Çalışmada ayrıca, problem ağlarının tasarlanması sürecinde öğrencilerin problem alanındaki bilgiyi hiyerarşik ve ilişkisel düzeyde yapılandırarak sunabildikleri bu yapı sayesinde hem problem tanımlama hem de çözüm üretme yeteneklerinin ölçülebildiği belirtilmektedir. Problem ağı, aynı zamanda öğrencilerin çözüm sürecindeki tutarlılıklarını ve sistematik yaklaşımlarını gözlemlemek için güçlü bir değerlendirme aracı olarak önerilmektedir.

Razmi ve diğ. (2018), çalışmalarında OTSM-TRIZ’in problem ağı yaklaşımını, tedarik zincirindeki çatışmaların tespiti için bilgi tabanlı bir algoritma geliştirmek amacıyla kullanmaktadır. Yazarlar, bu yaklaşımın, problemler arası neden-sonuç ilişkilerini görselleştirerek çatışmaların kök nedenlerine sistematik biçimde ulaşmayı sağladığını vurgulamaktadır. OTSM-TRIZ’in sunduğu bu ağ yapısı sayesinde, karmaşık süreçlerdeki sorunlar yalnızca tespit edilmekle kalmayıp, çözüm yolları da daha tutarlı bir biçimde geliştirilebilmektedir.

1.1.3.2 Dinamik sistemlere odaklanma

Cavallucci ve Khomenko (2007), çalışmalarında OTSM-TRIZ’in temel ilkelerinden biri olarak dinamik sistemlere odaklanma yaklaşımını temel almaktadır. Bu ilkenin sistemlerin yalnızca mevcut durumlarını değil, zaman içerisinde nasıl değişebileceğini

ve bu değişimlerin gelecekte ne tür etkiler doğurabileceğini analiz etmeye dayandığını belirtmektedir.

Yazarlar, dinamik sistemleri, sürekli olarak değişen, gelişen ve dış çevresel faktörlere bağlı olarak farklılaşabilen yapılar olarak tanımlamaktadır. OTSM-TRIZ'in bu sistemlerdeki değişim dinamiklerini kavrayarak, henüz ortaya çıkmamış problemleri öngörmeye çalıştığını vurgulayan araştırmacılar, bu yaklaşımın uzun vadeli ve sürdürülebilir çözümler üretme konusunda önemli katkılar sağladığını ifade etmektedir.

Kucharavy ve Kouryan (2018), çalışmalarında OTSM-TRIZ'in dinamik sistem yaklaşımını, sistemlerin zaman içinde geçirdiği değişimleri dikkate alarak gelecekte ortaya çıkabilecek problemleri öngörme becerisiyle ilişkilendirmektedir. Yazarlar, bu ilkenin yalnızca bugünkü duruma değil, sistemin evrimine odaklanan uzgörölü bir çözüm stratejisi sunduğunu vurgulamaktadır.

1.1.3.3 Çözüm öngörülebilirliği

Khomenko ve Kucharavy (2002), çalışmalarında OTSM-TRIZ'in çözüm üretme sürecinde yalnızca mevcut problemleri ele almakla kalmayıp aynı zamanda gelecekte ortaya çıkabilecek sorunları önceden tahmin etmeye yönelik yapısal bir yaklaşım sunduğunu belirtmektedir. Yazarlar, bu bağlamda çözüm alternatiflerinin yalnızca mevcut sonuçlara göre değil, sistemin uzun vadeli evrimine ve gelişim potansiyeline katkı sağlama derecesine göre değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bu sınıflandırma, çözüm sürecine durağan değil, evrimsel bir bakış açısı kazandırmakta böylece OTSM-TRIZ, geleneksel problem çözme tekniklerinden farklı olarak stratejik derinliği yüksek ve sürdürülebilir çözümler geliştirmeyi amaçlamaktadır.

Wang ve diğ. (2020), çalışmalarında OTSM-TRIZ'in çözüm öngörülebilirliği ilkesini, özellikle belirsizlik içeren ve hızlı değişen pazarlarda inovasyon stratejilerinin yönlendirilmesi açısından kritik bir yöntemsel araç olarak değerlendirmektedir. Yazarlar, bu ilkenin sistemdeki mevcut kaynakların dikkatle analiz edilmesi yoluyla gelecekteki kırılma noktalarının önceden belirlenmesini ve bu noktaların stratejik fırsatlara dönüştürülmesini mümkün kıldığını vurgulamaktadır. Bu yapı sayesinde OTSM-TRIZ'in, sadece mevcut duruma değil, piyasa evrimine uyum sağlayabilecek esnek ve planlı çözümler üretme kapasitesine sahip olduğunu belirtmişlerdir.

1.1.4 OTSM-TRIZ'in evrimindeki kilometre taşları

1980'ler: TRIZ'in teknik problemlere odaklı yapısının daha genel ve soyut problem alanlarında yetersiz kaldığına dair gözlemlerle açıklar. 1980'li yıllarda, Genrich Altshuller'in öğrencisi olan Nikolai Khomenko, TRIZ'in sınırlı uygulama alanlarını aşmak amacıyla daha geniş kapsamlı, sistemik ve disiplinler arası problemleri çözmeye yönelik bir çerçeve geliştirme ihtiyacından yola çıkarak OTSM üzerine çalışmalara başlamıştır.

1990'lar: OTSM-TRIZ özellikle mühendislik ve üretim sektörlerinde uygulanmaya başlanmıştır ve bu uygulamalar kapsamında ilk kez problem ağları (Network of Problems) yaklaşımı kullanılmaya başlamıştır. Zlotin ve Zusman (1999), çalışmalarında bu yapının birbiriyle bağlantılı çoklu problemlerin sistematik olarak haritalanmasına ve çözüm stratejilerinin yapılandırılmasına olanak sağladığını ortaya koymuştur. Bu dönemde OTSM-TRIZ, klasik TRIZ'den farklı olarak yalnızca teknik sistemlerde değil, organizasyonel ve stratejik sistemlerde de kullanılmaya başlanmıştır.

2000'ler: OTSM-TRIZ, yaratıcı düşünme, sistemik analiz ve problem çözme becerilerini geliştirmek amacıyla eğitim alanında kullanılmaya başlanmıştır. Khomenko (2010), çalışmasında bu yöntemin yalnızca mühendislik eğitimi değil, aynı zamanda pedagojik süreçlerde de etkili olabileceğini göstermiştir. Bu bağlamda OTSM-TRIZ, öğrencilere problem çözmeye yönelik çok boyutlu bir düşünme çerçevesi kazandırmak amacıyla öğretim programlarına entegre edilmiştir.

2010'lar: Dijital dönüşümle birlikte OTSM-TRIZ, karmaşık veri sistemlerinin analizi ve yönetimi gibi alanlarda da kullanılmaya başlanmıştır. Kucharavy ve Kouryan (2018), çalışmalarında bu yöntemin özellikle büyük veri, yapay zeka, siber fiziksel sistemler gibi alanlarda, dinamik yapıdaki problemlerin öngörülmesi ve çözülmesinde etkili bir araç haline geldiğini belirtmektedir. Bu dönem aynı zamanda OTSM-TRIZ'in, Design Thinking, Agile ve Lean gibi çağdaş yöntemlerle birlikte hibrit biçimde uygulanmaya başladığı bir evredir.

García-Manilla ve diğ. (2019), çalışmalarında çok-disiplinli ekiplerin katıldığı tasarım ve inovasyon süreçlerinde, TRIZ'in yapısal gücünün diğer yöntemlerin esnekliğiyle birleştiğinde çözüm kalitesinin ve öngörü derinliğinin arttığını ifade etmektedir.

2020 ve sonrası: OTSM-TRIZ'in uygulama alanı hem teorik hem pratik düzeyde genişlemiş ve sürdürülebilirlik odaklı alanlarda güçlü bir çözüm aracı haline gelmiştir. Wang ve diğ. (2020), çalışmalarında yöntemin özellikle döngüsel ekonomi, çevre dostu üretim ve sürdürülebilir tedarik zinciri gibi konularda sistemsel düşünme yetkinlikleri kazandırarak yeşil inovasyon projelerinde etkin şekilde kullanıldığını belirtmektedir.

Yang ve Tsai (2021), çalışmalarında OTSM-TRIZ'in Endüstri 4.0 bağlamında akıllı enerji yönetimi gibi ileri teknoloji odaklı alanlara entegre edildiği vurgulanmıştır. En güncel uygulamalarda ise yöntem, insan-yapay zekâ etkileşimini temel alan karmaşık karar alma sistemlerinde kullanılmaya başlanmıştır.

Ghane ve diğ. (2024), OTSM-TRIZ'in bu bağlamda karar destek sistemlerinin geliştirilmesi, etik algoritmaların tasarımı ve çok boyutlu karar süreçlerinin yapılandırılmasında önemli katkılar sunduğunu ifade etmektedir. Böylece OTSM-TRIZ, yalnızca teknik problemlere değil, toplumsal, teknolojik ve yönetsel düzeydeki karmaşık sorunlara da stratejik çözümler sunan bir metodolojik çerçeveye dönüşmüştür.

1.1.5 Business TRIZ ve uygulamaları

Business TRIZ, TRIZ metodolojisinin teknik problemlere değil iş dünyasına odaklanmasını temel almaktadır. Yönetim, pazarlama, strateji, kalite yönetimi ve hizmet süreçleri gibi alanlara uyarlanmasıyla ortaya çıkmıştır. Bu yaklaşım, çelişki temelli düşünmeyi organizasyonel problemlere entegre eder ve karar süreçlerinde sistematik inovasyonun uygulanmasını hedefler.

Mann (2002), çalışmasında TRIZ'in teknik sistemlerden çıkarılarak iş dünyasına uyarlanması fikrini ortaya koyarak Business TRIZ yaklaşımının temelini atmıştır. Bu modelin, teknik inovasyon yerine yönetim, pazarlama, strateji ve hizmet süreçlerindeki problemlerin çözümüne odaklandığını ifade etmektedir. Mann, TRIZ'in yaratıcı düşünce ilkelerinin iş dünyasındaki karar alma süreçlerine nasıl entegre edilebileceğini açıklamış ve bu çerçevede organizasyonel problemlerde de çelişki temelli düşünmenin uygulanabileceğini göstermiştir.

Zlotin ve Zusman (2005), çalışmalarında TRIZ'in 40 yaratıcı prensibinin yalnızca teknik sistemlerde değil, aynı zamanda yönetim, kalite, pazarlama ve hizmet geliştirme gibi işlevsel alanlarda da uygulanabilirliğini göstermiştir.

Souchkov (2017), çalışmasında Business TRIZ yaklaşımını stratejik planlama ve organizasyonel inovasyonla ilişkilendirerek “Directed Evolution” modelini geliştirmiştir. Bu model sayesinde yöneticilere, alternatif senaryolara dayalı uzun vadeli stratejik yol haritaları sunulmakta ve TRIZ araçları ile işletme düzeyinde yapısal çelişkiler analiz edilmektedir.

Tanoyo ve Harlim (2022), çalışmalarında TRIZ’in, Altı Sigma ve Kaizen gibi sürekli iyileştirme yaklaşımlarıyla birleştirilerek üretim, hizmet ve yazılım geliştirme süreçlerinde verimlilik ve kalite artışı sağladığını göstermiştir. Bu entegrasyon, özellikle operasyonel süreçlerde karşılaşılan yapısal sorunların çözümünde rol oynamıştır.

Majchrzak ve Michałowska (2023), çalışmalarında TRIZ’in pazarlama alanındaki kullanımına odaklanarak müşteri taleplerinin sistematik analizinde, ürün ve hizmet geliştirme sürecindeki çelişkilerin çözümünde ve müşteri deneyiminin iyileştirilmesinde Business TRIZ yaklaşımının etkili sonuçlar sağladığını ortaya koymuştur. Bu yaklaşımın, müşteri odaklı stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlayan analitik bir araç olarak değerlendirilmektedir.

Sarpong ve diğ. (2024), çalışmalarında TRIZ’in AHP ve QFD yöntemleriyle entegre edildiği yenilikçi bir ürün geliştirme modeli sunmaktadır. Yazarlar, 10 müşteri gereksinimi doğrultusunda geliştirilen 63 tasarım önerisinin yerel üreticilerin rekabet gücünü ve üretkenliğini artırmayı hedeflediğini belirtmektedir.

Otsuka ve Hasegawa (2024), çalışmalarında TRIZ’in dijitalleşme süreçlerinde ortaya çıkan organizasyonel sorunlara yönelik çözüm üretme kapasitesini incelemektedir. Kurumsal mimari, veri tabanlı iş modelleri ve yapay zeka uygulamalarında TRIZ’in sistematik düşünme modeliyle yapısal dönüşümleri destekleyen bir çözüm çerçevesi sunduğunu ifade etmektedirler. Bu bağlamda TRIZ, yalnızca ürün inovasyonunda değil, dijital dönüşüm stratejilerinde de stratejik bir araç haline gelmiştir.

2. TRIZ

TRIZ, Rus dilindeki “Teoria Rechenia Izobretatelskih Zadatchi” ifadesinin kısaltmasıdır ve İngilizce’de “Theory of Inventive Problem Solving” (TIPS) olarak literatürde yer almaktadır. TRIZ, problemleri farklı bakış açılarından analiz etmek ve çözmek için kapsamlı bir araç seti sunar. Temel olarak, mucitlerin geniş deneyim ve bilgi havuzuna kolay erişimini sağlamak ve yeni yaratıcı problemleri çözmek için önceki çözümleri referans almayı hedefler.

TRIZ, 1950'lerden 1980'lere kadar eski Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği'nde (SSCB) tanıtılmıştır. 1990'lı yıllardan itibaren Amerika ve Avrupa'daki firmalar, TRIZ'in faydalarını fark etmiş ve bu yöntemi uygulamaya başlamışlardır. Çalışmalar, TRIZ'in problem çözme ve fikir geliştirme performansını vurgularken, bazı araştırmalar ise TRIZ'in endüstriyel ortamlarda sınırlı kullanımı ve etkinliği konusundaki tartışmalara dikkat çekmektedir (Chechurin ve Borgianni, 2016).

TRIZ, özellikle tasarımsal problemlerin çözümünde sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak her türlü probleme çözüm üretmede sınırlamaları bulunmaktadır. Kullanılan araçlar, bazı problemleri temsil edemediğinden dolayı yetersiz kalabilmektedir. Yine de, mühendislik alanında oldukça sık kullanılan bu yöntem, inovasyon için önemli bir destek sağlamaktadır. Bununla birlikte, TRIZ'in problem çözme araçlarıyla entegre edilmesi, yöntemin daha ileri seviyelere taşınmasına olanak sağlayabilir.

Literatüre göre, TRIZ'in popülerliğinin düşük olmasının ana nedenlerinden biri, teorinin yayılmasına ilişkin sorunlar ve temel ilkelerinin yeterince yapılandırılmamış olmasından kaynaklanmaktadır. TRIZ'in etkili şekilde kullanılabilmesi için eğitim programlarının geliştirilmesi gerekmektedir. Dünya çapında teknik üniversite ders içeriklerine bakıldığında oldukça az bir oranda TRIZ yönteminden bahsedilmektedir (Chechurin ve Borgianni, 2016).

TRIZ, rekabetçi pazarlarda öne çıkmak için önemli bir yöntemdir. Bir ürünü hızlı bir şekilde yenileme özelliği sayesinde şirketler tarafından kabul görmüş ve sektörde

kullanımı giderek artmıştır. TRIZ, belirli alanların kullanımında oldukça öne çıkmıştır. Bu alanlardan bazıları şu şekildedir:

- Kavramsal tasarım, ürün veya hizmetin pazara sunulması,
- Verimlilik artış çalışmaları,
- Üretim, hizmet ve yönetim süreçlerinin iyileştirilmesi,
- Ürün kirliliğinin azaltılması,
- Maliyet düşürülmesi,
- Güvenlik artırılması,
- Kalite artırılması,
- Enerji kullanımının azaltılması (Spreafico ve Russo, 2016).

Bu kategoriler oldukça geneldir. TRIZ'in kullanıldığı faaliyetleri daha iyi anlamak amacıyla derinlemesine analizler yapılmıştır. Bu analizlerde fiziksel etkiler ve potansiyel çözüm etki alanları için kavramsallar hazırlanmış, analiz ve optimizasyonlarla güçlü tasarımlar ortaya konulmuştur. Kısmi çözüm uygulamalarıyla çelişkiler tespit edilmekte ve bu çelişkilerin çözümü için TRIZ yöntemi kullanılmaktadır.

TRIZ temelli problem çözme süreçlerini desteklemek amacıyla TechOptimizer ve Innovation WorkBench gibi yazılımlar geliştirilmiştir. TRIZ, teknik ve ekonomik problemlerin çözümünde bilimsel etkiler ile patent verilerine dayanan bilgi tabanını kullanır; bu sayede özgün problemler jenerik çözüm modelleriyle eşleştirilerek uygulanabilir çözümler üretilir.

TRIZ, metodolojisi iyi yapılandırılmış ve yüksek güçlü, yaratıcı bir problem çözme süreci sunar. TRIZ, günlük yaşamda karşılaşılan problemlerin çözümünde sistematik olmayan deneme yanılma yöntemlerinin yerine geçmiştir. TRIZ yönteminin savunucularından olan Altshuller, mühendislik alanında sunulmuş binlerce patenti analiz etmiş ve sektörlerine göre sınıflandırmak yerine, patentleri farklı şekilde kategorize etmiştir. Bu analiz sonucunda, aynı problemin 40 temel buluş ilkesine dayanarak tekrar tekrar çözüldüğünü tespit etmiştir (Mann, 2002).

TRIZ, başarılı buluşların ardındaki temel ilkeleri sistematik biçimde analiz ederek genelleştirir ve bu ilkeleri temel alarak problemlerin soyut yapısını tanımlar. Bu

yöntem, özgün problemlerin benzer yapısal özelliklere sahip jenerik TRIZ problemlerine dönüştürülmesini mümkün kılarak çözüm sürecini sistematik ve tekrarlanabilir bir yaklaşıma dönüştürür. Geleneksel yöntemlerin çoğunlukla sezgisel temellere dayanan çözüm arayışlarına karşın, TRIZ yenilikçi çözümleri mantıksal ve yapılandırılmış bir yöntem çerçevesinde sunar. Bu bağlamda, problem çözme sürecinde yalnızca etkili ve işlevsel adımlara odaklanarak gereksiz aşamaların elenmesini sağlar; böylece hem zaman hem de kaynak kullanımı açısından yüksek düzeyde verimlilik elde edilir.

TRIZ yönteminin mevcut güçlü ve verimli yönlerini artırmak için, diğer yöntemlerle entegrasyonu oldukça önemlidir. Bu bağlamda, TRIZ'in diğer yöntemlerle entegre edilmesi, yöntemin etkisini ve kullanım alanını genişletir (Ekmekci ve Nebati, 2019).

TRIZ'in problem çözme modeli, dört temel adımda özetlenebilir:

1. Problem çözücü, problemi detaylı bir şekilde tanımlar ve analiz eder. Bu adım, diğer yaratıcı problem çözme tekniklerinde de yaygındır.
2. Belirlenen problem, soyut bir problemle eşleştirilir.
3. Problem çözücü, problemin çözümüne dair soyut çözümler araştırır.
4. Problemi çözen soyut bir çözüm bulursa, bu çözüm kendi problemine özgün bir çözüm haline dönüştürülür (Moehrle, 2005).

TRIZ, inovasyona sistematik bir yaklaşım sunarak problemlerin çözümüne yönelik etkili yollar sağlar. Günümüzde TRIZ'in daha etkin kullanılması için, yöntemin diğer araçlarla entegrasyonu ve daha geniş eğitim programlarının uygulanması önerilmektedir (Ekmekci ve Nebati, 2019).

2.1 TRIZ Temel Kavramlar

TRIZ metodu teknikleri zaman içerisinde gelişerek ortaya çıkmıştır. TRIZ içerisinde pek çok farklı tekniği barındırır. Farklı problemlerde farklı çözüm yolları geliştirilir ve problem çözücü problem uygun tekniklerden destek alır. Yaygın olarak kullanılan TRIZ temel kavramları aşağıdaki gibidir (Moehrle, 2005).

2.1.1 İdealite

İdeallik kavramı TRIZ'in en önemli kavramlarından biridir. İdealite, sistemin ideal durumu ve fonksiyonların sorunsuz çalıştığı durumdur. İdeal bir sistem daha az maliyetle, daha hızlı, daha az hata, daha ucuza vb. pozitif etkenlerden oluşur, içerisinde hiçbir negatif faktör bulundurmaz. TRIZ'e göre ideal sistem, tüm fonksiyonlarını hatasız çalışan bir sistemdir (Kapucu ve diğ, 2001). Gerçek hayatta idealliğe ulaşmak neredeyse imkansızdır ancak göreceli anlamda idealliğe ulaşılması sağlanabilir.

İdeal Nihai Sonuç (Ideal Final Result- IFR) ulaşılması neredeyse imkansız ama çözüme giden yolda önemli bir adımdır. Pratikte bunu elde edemeyecek olsak bile bu yolda çalışmalar yapmak sonuca ulaşılmasına katkıda bulunmaktadır. Bu teorik bir hedef olup, en iyi sonuca giden bir yol göstericidir (Stratton ve Mann, 2003). İdeal nihai hedef, ideal çözüm, ideal süreç, ideal ürün gibi ideallikten çok fazla türetilmiş kavram mevcuttur.

İdeal çözüm, olabilecek en iyi çözümü ve diğer çözümlere nazaran en güçlü çözümü ifade eder. İdeal çözüm kavramı uygulanabilir bir çözüm olmasını temele almaz. İdeal nihai hedef, ulaşılması istenen proje ya da süreçteki nihai hedeftir. Günlük hayatımızda hedeflerimizi belirlerken daha ulaşılabilir hedefler belirleriz. İdeal nihai hedef “sonraki, daha sonraki ve en sonunda nihai hedef nedir” sorusunu temele alır. Bu soruların sonucunda ideal nihai hedefe ulaşılabilir. Her zaman ulaşılabilir olması gerekmez. İdeal nihai ürün kavramında ürünün tüm yararlı işlevleri ve istenen diğer işlevleri sağlayan bir üründür. Böyle bir ürün hiçbir zaman var olmayabilir. Hayal gücümüzde tüm taleplere yanıt veren bir üründür. İdeal son aşama, ideal süreç zaman, enerji, çaba ve kaynak gerektirmeden tüm sonuçlara yanıt veren süreçlerdir (Kapucu ve diğ, 2001).

TRIZ'in ideallik ve ideal nihai sonuç kavramında kavramında sınırlamalar mevcuttur. İdeallik ulaşılabilir bir hayal ürünü gibidir. TRIZ tarafından bu kabul edilmektedir. İdeallik aynı zamanda hesaplanması oldukça zor hatta imkansız sayılabilecek derecededir çünkü ideallik kavramı tamamen öznel bir kavramdır. Bakış açılarına göre değişkenlik göstermektedir.

İdeallik hesabı problem çözümündeki yararların zararlı olan bölümlerine oranıdır. İdeallik mükemmeliği temsil etmektedir. Teknik sistemin ömrü boyunca güvenli ve etkili çalışmasını ifade eder. Sistemler her zaman yeniliklere açıktır.

$$İdealite = \frac{\text{Faydalar (Fonksiyonlar)}}{\text{Zararlar + Maliyetler}} \quad (2.1)$$

İdeal nihai çözüm, çelişkilerden arındırılmış olmalıdır ve her sorunun nihai çözümüdür. Yukarıdaki formüle göre ideallik derecesi faydalı fonksiyonların artması ile doğru orantı gösterirken zararlı fonksiyonların artması ile ters orantılıdır (2.1). Zararlı fonksiyonlar sınırlamalar, arızalar, enerji harcanımı, çevre üzerinde oluşturduğu olumsuz etkiler vb. olabilir. Yararlı fonksiyonlar ise işlevsellik, çevre üzerinde olumlu etki yaratması, kullanım kolaylığı vb. olabilir.

İdeallik pay parametresi artırılarak ve payda parametreleri azaltılarak geliştirilebilir. Eğer sistem bütünü ile olumlu fonksiyonlara sahip ise %100 ideal olarak belirtilebilir (Kapucu ve diğ, 2001).

TRIZ’de ideallik mümkün olabilecek en verimli durumu ifade etmektedir. Sistem geliştirilirken hedeflenen ideal durum baz alınarak geliştirilir. Bu kaynakların verimli kullanımı, maliyet azaltımı, düşük enerji tüketimi ile doğrudan bağlantılıdır. İdeal durum hedeflendikten sonra mevcut olan sistem analiz edilerek optimize edilmesi amaçlanır. Bu noktada çelişen fonksiyonlar çözümlerde aktif kullanılacaktır. İdeallik ile birlikte sistemin mevcut durumundan daha güçlü bir hale getirilmesi amaçlanır. TRIZ ideali hedefler ve bu idealite için çeşitli prensipler ve yöntemler sunar (Moehrle, 2005).

İdeallikte, ideal sonuç kavramı da oldukça önemlidir. İdeal sonuç, çelişkilerin çözüldüğü, gereksinimlerin karşılandığı durumdur. Sistem ideal sonuç ile tam performans gösterir konuma geçecektir. TRIZ’de problemlerin çözülmesi ve süreç geliştirmelerinde ideal sonuç hedef olmalıdır. İdeal sonucun doğru anlaşılması, çözüm yollarının etkili bir şekilde belirlenmesi çok önemlidir (Stratton ve Mann, 2003). İdeal sonuç üzerinden prensip ve yöntemler ile çelişkiler aşılmaya çalışılır ve ideale ulaşmak için stratejiler geliştirilir. Bu inovatif çözümlere yönlendirmede faydalıdır.

Projelerde ilk olarak proje hedefi tanımlanır. Hedefe projenin sonunda ulaşılması hedeflenir. İdeallik mevcut sistemdeki avantajları ve dezavantajları bulmak için kullanılabilir. Basit ama oldukça etkili bir yöntem olan ideallik görselleştirme konusunda katkı sağlar. Mevcut olan kaynaklarımızı aktif kullanmaya, israf yapmamaya yönlendirir. Bu dezavantajların ortadan kaldırılması ile sistem ve organizasyonların idealliğe doğru ilerlediğini gösterir. İdeallik çözümleri

değerlendirmek için kullanılan bir yöntemdir. Çok fazla yatırım yapmadan ve malzeme kullanmadan ideallığe ulaşmanın yolu mümkündür.

2.1.2 Fonksiyonel analiz

Fonksiyonel analiz, sistemde iyileştirmeye yönelik alanları belirlemek ve sistemi daha iyi kavramak için kullanılan bir yaklaşımdır. Analiz sayesinde sistemdeki bileşenler ve fonksiyonları detaylı bir şekilde incelenir. Potansiyel çözüm önerilerinin getirilmesine ve sorunların tanımlanmasına yardımcı olur. Sistemlerin verimliliğini, performanslarını arttırmak ve inovatif alanlarda sıklıkla kullanılır. Karışık olarak bilinen mühendislik problemlerinin çözüm yaklaşımlarında da oldukça etkin bir yaklaşım biçimidir. Sadece problem çözümlerinde değil süreçlerde ve sistemlerde de kullanılabilir.

Günümüzde ürün çeşitliliği ve ürünlerde kişiselleştirme oldukça fazladır. Bu gelişmelerle birlikte ürün ve ürün gruplarıyla entegre ilerleyebilmek için çevik ve güncellenebilir sistemler ortaya çıkmıştır. Sadece ürünlerde değil sistemlerde de tasarım optimizasyon ve ürün analiz yöntemlerine ihtiyaç vardır. Bir ürünü ya da ürün grubunu analiz etmeyi amaçlayan fonksiyonel analiz, çeşitliliklere göre farklılaşır. Bu nedenle işlevleri ve fonksiyonları detaylı ve doğru tanımlamak çok önemlidir. Bu analiz ile amaç optimizasyon, süreklilik ve yenilenebilirlik sağlamaktır.

Fonksiyonel analiz bakış açısı, müşterinin bakış açısına sahip olmak için oldukça önemlidir. Genellikle tasarım alanında aktif kullanılan TRIZ değer mühendisliğinde de çok önemli bir konumdadır. Ürün ve sunulan hizmetlerin fonksiyonlarını belirlemek çok zaman gerektirebilir bu da ürün geliştirme ve iyileştirme faaliyetlerinde olumsuz bir etki yaratabilmektedir. İşlevleri tanımlamak ve bu metodolojiyi geliştirmek hız kazanma açısından oldukça önem arz eder. Fonksiyon analizinde, tanımlamalar yapılır fonksiyonel ilişkiler haritalandırılarak diyagram oluşturulur (Makino ve diğ, 2015).

TRIZ fonksiyonel analiz, sorunların tanımlanması ve anlaşılmasında sistemdeki bileşenleri kullanarak yardımcı olur. Mevcutta bulunan sorun veya potansiyel problemlerde belirlenmesinde kullanılır. Fonksiyonları 3 kategoride değerlendirebiliriz.

- *Temel fonksiyon:* Ana amacı ve varlık sebebini ele alan fonksiyonlardır. Sistem ve ürünün esas amacını temsil etmektedir. Diğer fonksiyonların tümü temel

fonksiyona katkı sağlaması amacı ile belirlenir. Sistemde en önemli görev olarak tespit edilen görev veya işlemi temsil eder. Bu fonksiyonun amacı etkin ve verimli çalışmayı sağlamaktır. Bu fonksiyon etkin çalışmaz ise ürün veya sistem başarısız olacaktır.

- *Destekleyici fonksiyon:* Ana amacı destekleyen ve kolay uygulanabilmesini sağlayan fonksiyonlardır. Sistemin veya sürecin performansını arttırmayı hedefler. Etkin ve verimli çalışması için katkıda bulunur. Dolaylı veya doğrudan temel fonksiyona destek olma amacı ile tanımlanmıştır. Destekleyici fonksiyonlar sayesinde temel fonksiyon başarılı bir şekilde çalışacaktır. Farklı türlerde ve çeşitlerde görevini yerine getirebilir.
- *Zararlı fonksiyon:* Sistem verimliliğini kötü etkileyen ve olumsuz sonuçlar ortaya çıkaran fonksiyonlardır. Bu fonksiyonlar sonuçları istenmeyen noktalara götüren fonksiyonlardır. Maliyet artışı ve verimlilikte düşüşe neden olan bu fonksiyonlar sistem güvenini de zedeler. Bu fonksiyonların ortadan kaldırılması sistem performansını arttırmak ve memnuniyeti arttırmak açısından oldukça önemlidir.

Fonksiyonlar tanımlandıktan sonra modellemeler oluşturulmaktadır. Modellemeler sayesinde ürün fonksiyonları bileşenleri arasında ilişkiler tespit edilir. Fonksiyon modellenirken temel görevler fonksiyon olarak tanımlanır. Bileşenler ise sistemi oluşturan etkileşimleri ifade etmektedir. Bağlantılar sayesinde sistemin görevlerinin nasıl gerçekleştiği gösterilir. Fonksiyon diyagramlarında görsel olarak bu ilişkiler tanımlanır. Aynı zamanda bloklar ve oklar ile gösterimi yapılan blok diyagramları da mevcuttur. Hiyerarşik bir yapıda bu ilişkileri göstermek istersek ağaç diyagramından faydalanabiliriz.

Modellemeler yapılırken tanımlanan fonksiyonlar ve bağlantılar belirlenir sonrasında bu bileşen bağlantı ve fonksiyonlar model halinde gösterilir. Bu modellemeler genellikle sistem analizlerinde kullanılmaktadır. Özellikle yazılım araçlarına entegre edilecek süreçlerde fonksiyonel modelleme oldukça önemlidir. Bu modellemeleri yapmak için MATLAB, Microsoft Visio, IBM gibi araçlardan destek alınabilir (Pidd, 2004).

Modelleme yapıldıktan sonra iyileştirme etkenlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu aşamada hangi fonksiyonların yok edilmesi, indirgenmesi, hangi fonksiyonların

değiştirilmesi veya ortadan kaldırılması gerektiği tespit edilir. Böylece performansta iyileştirme sağlanır. Tespit edilen iyileştirme etkenleri sayesinde yenilikçi çözümler geliştirilir. Burada TRIZ yönteminde sıklıkla kullanılan çelişki matrisi, 40 inovasyon prensibi ve çelişki matrisi gibi yenilikçi çözüm yöntemleri kullanılır. Fonksiyonel analiz, karmaşıklığın ortadan kaldırılmasını, geliştirilemeye açık alanları ve sistemi daha güvenli, daha az maliyetli özetle çok daha verimli bir noktada getirmeyi hedefler. Bu da çelişkilerin giderilmesi ile mümkündür. Bir fonksiyonun iyileştirilmesi her zaman diğer bir fonksiyona da olumlu bir etki sağlamaz. Bazı durumlarda bir fonksiyondaki iyileşme diğer fonksiyona olumsuz etkiye neden olabilir. Bu nedenle çelişkilerin ortadan kaldırılması ve sistemin bir bütün olarak göz alınması gerekmektedir. Bunlar için stratejiler ve çözüm önerileri geliştirilir. Sistem fonksiyon analiz ve modellerinin yapılması ile hayatımıza sistem mühendisliği kavramı da girmiştir. Karmaşık sistemlerin iyileştirilmesi amacıyla daha kurallı yaklaşımlar sunan bu mühendislik dalı artık sektörlerde sıklıkla karşımıza çıkmaktadır.

Fonksiyonel analiz sayesinde sistemde optimizasyon fırsat alanları tespit edilir. Mevcut kaynakları verimli kullanmak da bunun bir adımıdır. Aslında bu bizi ideale bölümünde bahsetmiş olduğumuz ideal duruma yönlendirmektedir. Tasarım ve süreç iyileştirmelerde fonksiyonel analizin doğru şekilde uygulanması sorunları net şekilde gözlemlemeye, çözümlerin doğru şekilde tespit edilmesine ve basit uygulama geliştirmeye yardımcı olacaktır (Makino ve diğ, 2015).

2.1.3 S eğrisi analizi

S Eğrisi, ürün veya sistemin yaşam döngüsünü tanımlamak için kullanılmaktadır ve TRIZ’de önemli yere sahip bir araçtır. Sorun çözümlerinde genel yöntemler arasında S-Alanları göz ardı edilemez. S Eğrisindeki “S” madde veya alan terimini ifade etmektedir. Altshuller’e göre sistemin uygulanabilirliği için en az iki madde ve bir alan bulunması gerekir. S Alanında bulunan iki madde ve alan çeşitli etkileşimlere girebilir. Bu etkileşimler zararlı, aşırı, yararlı veya etkili olabilir. S Alanındaki ilişkiler incelenerek yetersiz veya aşırı olan S Alanı, tam ve etkili bir S Alanına 76 buluş standardı sayesinde dönüştürülebilir. S Eğrisini anlamak, yeniliklerde etkili bir araçtır (Mann, 2002).

S-Alanı, stratejik açıdan planlamalara ve karar vermeye destek olur. S eğrisi ile optimize edilmesi gereken zamanı ve daha gelişmiş teknolojileri ne zaman keşfetmek

ve anlamak gerektiğini gösterir. S eğrisinde her aşamada belli sınırlamalar vardır. Bu sınırlamaların üstesinden gelmek için yeni metodolojiler üretilmesi gerekir. Bu sayede S eğrisi gelişim ve yenilikçiliğe odaklanılmasını sağlar.

S Eğrisi temel olarak 4 aşamadan oluşur. İlk geliştirmeler başlangıç aşamasında yapılmaktadır. Bu aşamada en önemli nokta araştırmadır. İlk aşama, yenilik odaklılığı olduğundan zorlukları çözmek daha yavaş olacaktır. Yoğun araştırma ve AR-GE maliyetlerinin yüksek olduğu bir süreçtir. Finansal kaynaklar sorunların çözümünde aktif kullanılır. Büyüme aşamasında ise yenilik ve teknoloji ile ilgili temel zorluklar aşılmış olur bu aşamada artık hızlı bir gelişim ve büyüme vardır. Hızlandırılmış inovasyon sürecidir. Optimizasyon sağlanmalı ve ölçeklendirilmelidir. Optimizasyonu sağlarken eş zamanlı yeniliklere devam edilmelidir. Diğer bir aşama ise stabilizasyon aşamasıdır. Stabilizasyon aşamasında odak noktası verimliliklerdir. Bu aşamada yapılan iyileştirmeler sayesinde maliyet azaltımı ve rekabetçi ortamda kalabilmek için pazarda farklılıklar araştırılır. En yüksek performansın gözlemlendiği aşamadır. Ürün yaşam döngüsünü uzatmaya odaklanır. Son aşama düşüş aşamasıdır. Artık teknoloji veya yenilik eskimekte ve yerine güncel bir teknoloji geçmesi gerekmektedir. İnovasyon yol haritaları belirlenmeli ve aynı işlevleri yerine getirecek teknolojiler tespit edilmelidir. Bu aşamaların iyi anlaşılması ile alınan kararlar daha bilinçli olacaktır. S Eğrisi ile TRIZ entegre edildiğinde uzun dönemli başarılar elde edilebilir.

2.1.4 Çelişki matrisi

TRIZ'de "Çelişki matrisi" tablosu, yeniliklerin geliştirilmesi için kullanılan bir problem çözme tekniğidir. Altshuller 1500000 üzerinde patenti inceleyerek çelişkiye sebebiyet veren 39 teknik çelişki belirlemiştir. Bu parametre tablosu, 39 mühendislik parametresini içermektedir (Çizelge 2.1) ve çelişkileri çözmek için kullanılmaktadır. Amaç bir parametre iyileşirken diğerini kötü hale getirmeden dengeli bir çözüm sunmaktır (Kapucu ve diğ, 2001).

Çelişki Matrisi ile problem çözme işlemi üründe istenen (iyileştirilmiş) özelliği ve bunun sonucu oluşan istenmeyen (kötüleşme)özellikleri, 39 parametreden karşılık gelen parametreler ile ifade edilmektedir. Hem iyileştirme hem kötüleşme varsa teknik bir çelişki olduğu söylenebilir. Bu tür çelişkilere sıklıkla rastlanır. Teknik çelişkilerin çözümlerinde “40 yenilikçi prensip” yöntemi kullanılmaktadır. Çelişki matrisindeki parametreler satır ve sütun olarak kıyaslanır ve buna göre çözüm arayışlarına başlanır

Diğer bir çelişki ise fiziksel çelişkidir. Fiziksel çelişki çözümleri için daha farklı çözüm yöntemleri vardır (Canbulut ve Demitras, 2019).

Çizelge 2.1: Teknik çelişki oluşturan 39 mühendislik parametresi.

No	Parametre No	No	Parametre No
1	Hareket eden nesnenin ağırlığı	21	Bilgi işleme
2	Sabit nesnenin ağırlığı	22	Enerji verimliliği
3	Hareket eden nesnenin uzunluğu	23	Dayanıklılık
4	Sabit nesnenin uzunluğu	24	Güvenilirlik
5	Hareket eden nesnenin alanı	25	Ölçüm hassasiyeti
6	Sabit nesnenin alanı	26	İşlem veya sistem karmaşıklığı
7	Hareket eden nesnenin hacmi	27	İşlem veya sistem kontrolü
8	Sabit nesnenin hacmi	28	Sistem esnekliği
9	Hız	29	Reaksiyon veya yanıt süresi
10	Kuvvet	30	İş gücü miktarı
11	Gerilim veya basınç	31	Malzeme özellikleri
12	Şekil	32	İşlem veya sistem maliyeti
13	Nesnenin kararlılığı	33	Sistem otomasyonu
14	Mukavemet (Güç)	34	Montaj kolaylığı
15	Zaman	35	Onarım kolaylığı
16	Enerji tüketimi	36	Üretim süreci
17	Güç	37	İnsan güvenliği
18	Enerji kaybı	38	Çevresel etkiler
19	Malzeme tüketimi	39	Yasalar ve düzenlemeler
20	Bilgi kaybı		

Çelişki matrisi yöntemi uygulanırken ilk olarak problem tanımlanır, iyileştirmesi hedeflenen parametre belirlenir ve bu parametre ile çelişen biri iyileştiğinde diğeri kötüleşen diğer parametre tespit edilir. Bu iki parametre arasındaki ilişki tespit edilir (Kapucu ve diğ, 2001; Altshuller, 1999).

İyileşmesi istenen parametre satırda, kötüleşmesi istenen parametre sütunda bulunduktan sonra yenilikçi prensip kapsamında çözüm ilkeleri tespit edilir. Bu yenilikçi çözümler sayesinde aydınlatıcı fikirlerin ortaya çıkması sağlanır. Geliştirilen çözüm önerileri üzerinde öneri geliştirilir ve problemin çözümü olup olmadığını anlamak için testler yapılır (Moehrle, 2005).

2.1.5 40 yaratıcı prensip

TRIZ, 40 Yaratıcı Prensibi, Genrich Altshuller'in 1940 yıllarında patent incelemesi sonucunda ortaya çıkmıştır ve sıklıkla kullanılan bir tekniktir. Bu yaratıcı prensipler,

problem çözümlerinin çözümünde önemli bir rol oynar. Çelişkilerin çözülmesinde genellikle 40 yaratıcı prensipten yararlanılır. Bu prensiplerin temelinde inovatif çözümler geliştirmeleri, etkili ve hızlı çözüm sunmaları bulunmaktadır. Standart düşünce kalıplarına nazaran yaratıcı çözüm sunmaları ile bilinirler. Yaratıcı prensipler iş süreçlerinde, satın alma, AR-GE, ürün tasarım alanlarında kullanılmaktadır. TRIZ'in 40 yaratıcı prensibi, inovatif çözümler sunmak için aktif olarak kullanılmaktadır ve 40 prensipten her biri, farklı problemlere yaratıcı çözümler sunmayı hedefler (Jafari ve diğ, 2013).

Sistemde 'X' parametresini iyileştirmek, 'Y' parametresinin bozulmasına neden oluyorsa teknik bir çelişki mevcuttur. Çelişki veya çatışma içeren sorunlar iki yöntem ile çözümlenebilmektedir; uzlaşmalar yaparak ya da hedefleri çelişki şeklinde tanımlayarak ve sonrasında çelişkiyi ortadan kaldırarak. Çelişkinin temelinde ilişkiler, gereksinimler arasında bir uzlaşma noktası çözülür. Ayrıca TRIZ, işlevsel durumlarda iki gereksinim arasında uzlaşmalar için çalışmamaktadır. Bunun yerine, TRIZ çelişkiyi ortadan kaldırmaya çalışır ve böylece her iki öğeyi de tam olarak karşılanmaktadır (Russo ve Spreafico, 2015).

1. *Bölme*: Nesneyi daha küçük parçalara ayırmaktır.
2. *Çıkartma*: Gereksiz bir parçayı sistemden çıkarmak bu sayede işlevi basitleştirmektir.
3. *Yerelleştirme*: Sistemde hareket sayesinde alan ve konumda optimizasyon sağlamaktır.
4. *Asimetri*: Maddeleri simetrik yapısını bozarak performansını değişimi sağlamaktır.
5. *Birleştirme*: Benzer veya aynı görevleri yapan birleştirmek ve verimliliği arttırmaktır.
6. *Çok yönlülük*: Farklı görevleri tek bir bileşende altında toplamaktır.
7. *Matruşka prensibi*: Yüğü yüksek olan parçayı, az yük olan parça ile değiştirmektir.
8. *Ağırlığı dengelemek*: Dengelerde ve merkezde değişiklik yaparak sistemde optimizasyon sağlamaktır.
9. *Ön gerilim*: Talep edilmeyen etkilerin ortaya çıkmasını engellemektir.

10. *Ön yapılandırma*: İşlem öncesi hazırlık sayesinde daha iyi sonuç ortaya çıkarmaktır.
11. *Tersine çevirme*: Akış sıra ve yönünde yapılan değişiklik.
12. *Eşit performanslı yedekleme*: Süreçleri yedeklenerek daha güvenli hale getirilmesidir.
13. *Karşı ağırlık*: Stabilizasyon için karşı tarafa ağırlık eklemektir.
14. *Sferik yapı*: Yapıyı küresel formata getirmektir.
15. *Dinamik yapı*: Esnek bir sistem yapısı oluşturmaktır.
16. *Zincirleme etki*: Daha küçük parçalanmış işlemlerle yönetmektir.
17. *Boyutsal geçiş*: İki boyuttan üç boyuta geçiş.
18. *Titreşim*: Nesnelere titreşim ilavesi.
19. *Dönemsel hareket*: Nesneye verilen hareket sayesinde etkinlik sağlamaktır.
20. *Sürekli hareket*: Sürekli hareketi sağlamaktır.
21. *Hızlı hareket*: Hızlı hareket sağlayarak daha verimli hale getirmektir.
22. *Verimlilik artırıcı*: Enerji verimliliği için sistemde optimizasyon yapmaktır.
23. *Sıcaklık artırma*: Performansı arttırmak amacıyla sıcaklığı arttırmaktır.
24. *Üstün malzeme kullanımı*: Hafif ve dayanımı yüksek malzemeye geçiş.
25. *İç yapı modifikasyonu*: İç yapıda düzenleme yapmaktır.
26. *Sıkılaştırma*: İç yapıda sıkılaştırma.
27. *Parça çoğaltma*: Kopyalama işlemi ile işlevsellikte verimlilik arttırmaktır.
28. *Makro seviye geçiş*: Makro alana geçiştir.
29. *Havalandırma*: Hava sayesinde sistemlerde soğutma işlemi yapmaktır.
30. *Yardımcı alan*: Yardımcı bir alan belirlemektir.
31. *Çözültisel etki*: Sıvı kullanımı ile etki arttırmaktır.
32. *Dış koruma*: Dış etkenlere karşı koruma sağlamaktır.
33. *Dayanıklılığı artırma*: Sistemde dayanımı arttırmaktır.
34. *Isıl işlem*: Isıtma ve soğutma işlemleri ile malzemede iyileştirme sağlamaktır.

35. *Esnek parça kullanımı*: Esneklik sağlayacak malzeme kullanımına geçiştir.
36. *Faz değiştirme*: Maddenin faz geçişini yapmaktır.
37. *Kırılabilir yapı*: Maddenin gerekli noktada kırılmasını sağlamaktır.
38. *Kombinasyon*: Özelliklerin birleşimi ile yeni bir işlev ortaya çıkarmaktır.
39. *Kimyasal birleştirme*: Reaksiyonlar ile işlev arttırmaktır.
40. *Etkili kullanım*: Sistemde optimizasyon ile kaynakları etkili kullanmaktır (Altshuller, 1999).

2.1.6 Kaynak kullanımı

TRIZ'de kaynak kullanımı dikkat edilmesi gereken bir faktördür. Sistemde bulunan mevcut kaynakların en iyi şekilde değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Kaynak kullanımında, sistemde bulunan kaynakların işlevlerinin ve bileşenlerinin uygun şekilde kullanılmasına dayanır. Ek bir kaynak kullanılmasını istemez atıl kaynakları değerlendirerek dönüştürebilir.

Sistem içerisinde mevcut bulunan bileşenlerin farklı bir görev devralması ile yeniden değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Gereksiz kabul edilen bileşenlerin yararlı bir işlev haline dönüştürölmesini sağlamaktır. Ek olarak sistem çevresindeki doğal koşullarda önemlidir. Bu koşulların avantajlarını kullanarak enerji tasarrufu yapılması hedeflenir.

Bunların yanında zamanda önemli bir kaynaktır ve duruş zamanları, beklemler farklı bir şekilde değerlendirilerek işlevlerde verimlilik artışı sağlanabilir. Sistem ve çevresi hakkındaki verilerde süreçlerde optimizasyon sağlayabilmektedir. Süreci optimize edecek şekilde etkin kullanımlar ile iyileştirme sağlanabilir.

Kaynak kullanım prensipleri sayesinde sistemde hem maliyet azaltılıp hemde israfın önüne geçilmektedir. Bu yaklaşım sayesinde sürdürülebilir ve çevreye duyarlı yaklaşımlar benimsenir (Savransky, 2000).

2.1.7 Cisim- alan prensibi

Cisim-Alan Prensibi (Substance-Field Analysis), bileşenleri arasındaki etkileşimleri analiz etmek ve buna yönelik çözümler geliştiren bir yöntemdir. Bu prensip sayesinde sistemde karşılaşılan problemleri fiziksel ve teknik alan kapsamında göz önüne alınarak çelişkileri çözmeye yönelik yaratıcı çözümler geliştirir.

Cisim alan prensibi temelde üç bileşen içermektedir.

1. *Cisim (Substance)*: Sistemde bulunan malzeme, materyal, bileşeni ifade etmektedir. Sistem işlevlerinin yerine getirilmesinde görev alan bileşenler bazen sorunun temeli de olabilmektedir.
2. *Alan (Field)*: Cisimlerin arasındaki etkileşimin kurulmasını sağlayan bir tür enerjidir. Bu manyetik, elektriksel, mekanik vb. olabilir.
3. *Etkileşim*: Cisimlerin bir alan sayesinde birbirleriyle etkileşim kurmasıdır. Bu etkileşim bazen sistemde verimlilik sağlarken bazen de problemlere neden olabilir.

Cisim alan modeli kullanımı sorunların analiz edilmesinde kullanılmaktadır. Sistemde bulunan temel problem alan ve cisim etkileşimleri ile analiz edilir ve hangi noksanlığın probleme neden olduğu tespit edilebilir. Çelişkilerin çözüme ulaşması için sistemde etkileşimler artacaktır. Yeni bir alan sayesinde çelişkilere çözüm getirilebilir. Sistemlerde eksik bir alan mevcutsa bileşenler sisteme eklenerek çözüm üretilmeye çalışılır (Altshuller,1999).

Sorunlu işlevlerin alanlarına ve etkileşime giren maddelere yakınlaştırmak için kullanılan bu analiz ayrıca sistemdeki sorun ve çözüm noktalarını sınıflandırmak içinde kullanılmaktadır.

Cisim Alan prensibi literatürde su-alan modeli olarak da karşımıza çıkmaktadır. Bir problemde bir alan kullanımı ile etkileşime giren iki maddeyi ifade etmektedir. Su alan modelleri kendi içerisinde sınıflandırılmaktadır. Bu prensip, yeni teknolojilerin gelişmesinde ve mevcut süreçleri iyileştirme açısından önemli bir araçtır (Ang ve diğ, 2015).

2.1.8 76 buluş standardı

76 buluş standardı, TRIZ kapsamında ele alınan bir kavramdır. TRIZ kavramı gelişirken G. Altshuller tarafından 1975-1985 yılları arasında patentlerde incelemeler yapılmıştır ve problem çözümlerinde tekrar eden standartlar olduğu belirlendi ve bunlar çözümlere yol gösteren standart yöntemler olarak gruplandırıldı. 76 buluş standardı problem çözme yöntemlerinde önemli bir araçtır. Standartların uygulamada çok kolay olmadığı ve bunların geliştirilmesi gerektiği ifade edilmektedir. 76 standart geliştirilerek 111 standarttan oluşan bir sistem sunulmuştur. Bu yeni standartta yetersiz

ve zararlı işlevler geliştirilmiştir. 111 standart üretim aşamalarını iyileştirme amacıyla ortaya çıkmıştır (Davide ve Duci, 2015).

76 standart 5 kategoride değerlendirilebilir.

TRIZ'de 76 Standart, beş ana kategoride değerlendirilebilir.

Sistemin Dinamik Yapısı:

Sistem içerisindeki dönüşümleri dikkate alan ve buna yönelik çözümler sunan yöntemlerdir.

1. *Madde-alan standartı (Substance-field standards):* Madde ve alanın sistem içerisinde kullanımı tanımlanır.
2. *Kombinasyon:* Madde alan kombinasyonları ile problem çözülmesi hedeflenir.
3. *Madde dönüşümü:* Sistemdeki maddelerin dönüştürülmesi ve optimum seviyeye nasıl getirileceğini tatışır.
4. *Geometrik yapı:* Maddenin yapısal ve geometrisinden kaynaklı çözüm yöntemlerinin değerlendirilmesi.
5. *Ölçüm ve algı:* Sistemdeki ölçüm yöntemlerinin geliştirilmesine yönelik çözümleri içermektedir.

Bu standartlar sayesinde problemlere nasıl yaklaşılacağı tespit edilir. Yapısal ve yaratıcı çözümler için kullanılan standartlardır. Çözme süreçlerinin kısılmasını sağlayan problem çözümünde rotanın belirlenmesi için kullanılan önemli bir yöntemdir. Teknik ve mühendislik yöntemlerinde rehberlik sunmaktadır (Altshuller, 1999).

76 standart uygulanırken ilk olarak problemin tanımlanması gerekmektedir. Problem netleştirildikten sonra gelişim alanları tespit edilir. Teknik çelişkiler belirlendikten sonra analiz edilir. Madde- alan analizine göre etkileşimler tespit edilir. 76 standart çözüm içerisinde problem ve duruma en uygun olan tespit edilir. Bu genellikle zararlı etkileşimleri ortadan kaldırma ve yeni etkileşim alanları oluşturma üzerine dayanmaktadır (Ang ve diğ, 2015). Seçilen standart çözüm probleme uygulanır burada zararlı bir etkileşim varsa bunun tespit edilmesi önemlidir. Bazı problemlerin çözümü daha zordur bunun çözümünde genellikle sistem tranferi kullanılmaktadır.

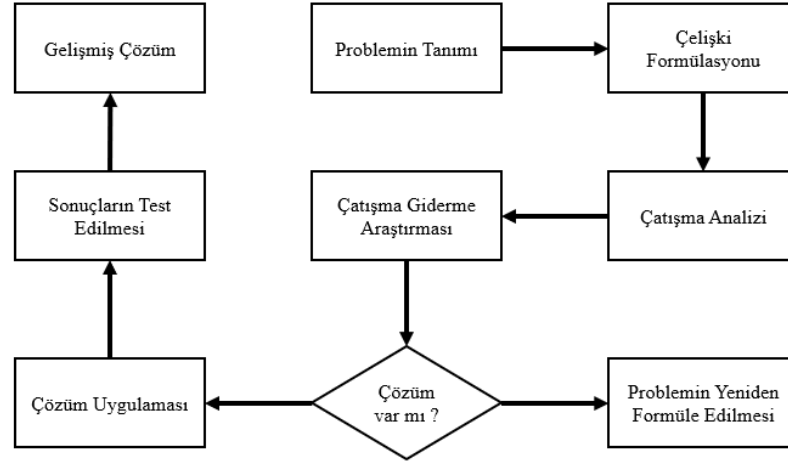
Seçilmiş ve geliştirilmiş olan standart çözümün etkili olup olmadığı test edilmelidir. İyileştirme alanları tespit edilir ve daha fazla iyileştirme gerekli ise, 76 çözümden diğer çözümler uygulamaya alınabilir. Seçilmiş çözümler bazı durumlarda farklı problemlere neden olabilir. Eğer çözüm problemler ortaya çıkarıyorsa başka alternatifler değerlendirilebilir. 76 standart uygulamada amaç probleme çözüm sunmaktır. Sistemde karşılaşılan mühendislik ve teknik problemleri çözmek için yapılandırmayı amaçlar (Jafari ve diğ, 2013).

2.2 ARIZ

Rusçada “The Algorithm for Inventive Problem Solving” ifadesinin kısaltması olan ARIZ, TRIZ’in sistematik bir problem çözme aracı olarak öne çıkmaktadır. Özellikle karmaşık, teknik ve çok parametrelili çelişkilerin bulunduğu durumlarda ARIZ, problemin çözümüne yönelik mantıklı ve yapılandırılmış adımlar sunar. Bu yöntem, problemin tüm bileşenlerinin detaylı analizine dayanır ve ideallik yasası çerçevesinde çözüm arayışını yönlendirir. Aynı zamanda teknik sistemlerin karşılaştığı engelleri aşmada ve gizli çelişkilerin açığa çıkarılmasında etkili bir yaklaşımdır. Problemin içeriğine göre özelleşebilen ARIZ, çok adımlı, çok yönlü soru yapısıyla çözüm sürecini derinleştirmektedir (Navas ve diğ, 2015). ARIZ’in temel gücü, kullanıcıyı düşünsel olarak zorlayan yapısında yatmaktadır ve bu sayede sezgisel değil, mantıksal temellere dayalı yaratıcı çözümler geliştirilmesini teşvik etmektedir.

2.2.1 ARIZ’in temel aşamaları

ARIZ, 9 temel aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar, problemin tanımlanmasından çözüm önerilerinin geliştirilmesine kadar uzanan sistematik adımları kapsamaktadır (Şekil 2.1). ARIZ süreci şu aşamalardan oluşur: her bir adım, çelişkilerin tanımlanması, ideal sonuca yaklaşma ve kaynakların etkin kullanımı gibi temel TRIZ ilkeleriyle ilişkilidir. Bu yapı sayesinde çözüm süreci yalnızca teknik değil, aynı zamanda mantıksal, analitik ve yaratıcı boyutları da içerecek şekilde derinleştirilmektedir.



Şekil 2.1: ARIZ süreci

2.2.1.1 Sorun analizi

ARIZ'i kullanmak için problemin açıklamalı ve iyi hazırlanmış olması gerekir. Net bir görüntüye (resim, taslak, fotoğraf, grafik) sahip olmalıyız. Sorun analizinde temel amaç, belirgin bir biçimde yapılandırılmış ifade ve modele geçiş yapılmasıdır. Bu aşamada sorun net bir dille ifade edilmelidir. Bu adımda sistemin özellikleri doğru bir şekilde anlaşılmalı çalışılır. Sorunun mevcut halinin analizi ile birlikte çözüm için hedef sonuçlar belirlenmelidir (Navas ve diğ, 2015).

2.2.1.2 Sorun model analizi

Sorunda odaklanılması gereken alanlar ve sorunu çözümlmek için mekan, madde, zaman, kaynakların listelenmesi gereken adımdır. Bu adımda yapılan tespitler sayesinde parametreler belirlenir. Yenilikçi çözümler geliştirilmesi için bu adım oldukça önemlidir (Jafari ve diğ, 2013).

Sorunlar modellenirken ayrılma prensiplerinden faydalanılır. Bunlar;

- *Uzayda ayrılma:* Farklı alanlarda farklı özelliklerin sağlanması.
- *Koşulda ayrılma:* Yalnızca belli durumlarda gelişir.
- *Zamanla ayrılma:* Bir özellik bir zaman diliminde bir özellik başka bir zaman diliminde sağlanmaktadır.
- *Parçalanarak ayrılma:* Bütün sistemde zıtlıklar varken alt alanlarda farklı özelliklere sahip olunması.

2.2.1.3 İdeal sonucun belirlenmesi ve fiziksel çelişki

Bu adımda mevcut kaynakların verimli kullanılması için analizler yapılır. İdeal nihai sonuç başarıyı gerçekleştirmenin temelidir. İdeal sonuca ulaşmak her durumda mümkün değildir. Ancak ideal sonuca ulaşmak için izlenen rota etkili noktalara dokunmaktadır. Çözölmek istenen problemler soyut bir yapıda tersinde çevrilmektedir bu sayede farklı bir bakış açısı kazandırılır. Tersine çevirme işleminden sonra süreçler tekrar gözden geçirilir ve gereksiz noktalar tespit edilir.

Bu adımda problem sadece fiziksel olarak ele alınmaktadır. Sorunun sadece dış etmenlerine değil işlevsel yönlerine odaklanılır. Soyutlama yaparken problem çözümleri soyut bir şekilde değerlendirilir ve farklı çözüm yolları keşfedilir. Problemin çözümüne odaklanırken tam tersine yaklaşım ile fonksiyonlar tersine çevrilir. Bu aşama farklı bakış açılarının elde edilmesi için önemlidir (Russo ve Spreafico, 2015).

2.2.1.4 Teknik çelişkinin çözölməsi

TRIZ'ın temeli çelişkilere dayanmaktadır. Çelişkilerde özellikler birbiri üzerinde olumsuz etki yaratır. Teknik çelişkilerde iki karşıt hedef aynı anda uygulanmaya çalışırken bir çözüm önerisi diğeri bir çözüm önerisini zayıflatmaktadır (Altshuller, 1999).

Teknik çelişkilerin çözölməsi için çelişki matrisinden faydalanılabilir. Bir parametrede iyileşme sağlarken diğeri parametre kötüleşmektedir. Her bir çelişkinin çözölməsi olarak 40 yenilikçi prensipten faydalanılabilir.

2.2.1.5 İnovatif ve ileriye dönük çözüm önerilerinin geliştirilmesi

Teknik ve fiziksel çelişkiler tespit edildikten ve çözüm kavuşturulduktan sonra inovatif çözüm yollarına yönelim olacaktır. ARIZ algoritması 40 yenilikçi prensibi çelişkileri ortadan kaldırırken verimliliği arttıracak çözüm önerilerini de ortaya çıkarır (Altshuller, 1999; Mann, 2002).

Önerilerin temelinde yenilikler, teknolojik gelişmeler, sistem iyileştirmeleri ve yeni bileşenlerin sisteme dahil edilmesi gibi amaçlar barındırmaktadır. Bu öneriler pratik çözümler ve yenilik sağlayacaktır. Geleceğe yönelik stratejileri geliştirirken en önemli faktör uygulanabilir çözüm önerileri olmalarıdır. Önerilerin günümüzde kullanıma uygun olması beklenmektedir. Öneriler sunulurken zaman ve mali açıdan da

değerlendirilmesi gerekir. Geri dönüşü ve finansal durumuna göre analiz edilmelidir. Tek bir çözüm yolu değil alternatif öneriler de geliştirilmelidir. Öneriler karşılaştırılarak öngörü başarı yüzdesi belirlenir. Öneriler belirlenirken olası dış risklerde dikkate alınmalıdır. Bu risklere karşı savunma stratejileri geliştirilmesi gerekir (Jafari ve diğ, 2013; Navas ve diğ, 2015).

2.2.1.6 Çözümün seçimi

Çözüm stratejileri belirlendikten sonra çözüm seçimi adımına geçilmektedir. Stratejilere uygun öneri seçilmelidir. Geliştirilmiş olan inovatif çözümlerden en optimal çözümün seçilmesi ile gerçek durumda uygulama alanları tespit edilmelidir. En uygun çözümün seçilmesi için modelleme yapılmalıdır. Modelleme sayesinde çözümün uygulama alanları belirlenecektir. Modelleme aynı zamanda fizibilite tespitinde de kullanılmaktadır. Bu adımda çözüm için girdiler belirlenecektir. Çözüm stratejilerinin fizibilitesi için çözüm stratejilerinden modelleme yapılırken dış çevreye uyumuna oldukça dikkat edilir.

Çözüm seçiminde riskler belirlenmelidir. Çözüm hangi riskleri içeriyor ? Bu çözümler kontrol edilebilir mi? Bu sorular kapsamında değerlendirme yapılmalıdır. Çözüm seçiminde sürdürülebilirlik kapsamı da dikkate alınmalıdır. Çevresel ve teknolojik alanlara uyumlu mu? Uzun dönemde uygulanabilir çözüm mü bunlar değerlendirilmelidir. En önemli nokta ise çözümün uygulanabilirliğidir. Seçilen çözümün uygulanması için altyapı sorgulanmalıdır. Bu kriterlere ek olarak zaman ve maliyet değerlendirmesi de yapılmalıdır. Malzeme, işgücü ve zaman temel maliyet girdileridir. Çözüm, bu kriterlere uygun olmadığı durumda alternatif çözüm değerlendirmelerine gidilmektedir (Altshuller, 1999).

Alternatif çözüm yollarının değerlendirilmesinde 40 inovasyon prensibine göre çözümler arasında karşılaştırma yapılır. Fizibilite yapılırken maliyet analizi yapılmaktadır. Bu değerlendirme kapsamında sınırlı kaynaklarla nasıl sonuçlara ulaşılabilir test edilmektedir. Alternatif çözümlerde riskli konular için değerlendirme yapılmaktadır. Yüksek riske sahip olan çözümler genellikle alternatif çözümler arasından çıkarılmaktadır. Modellemeler sayesinde gerçek uygulanabilirlik alanları test edilmektedir. Çözüm uygulanabilirliği test edilirken simülasyonlardan yararlanılır. Bu sayede performans değerlendirmeleri yapılabilir. Testlerin

sonuçlarına göre iyileştirmeler yapılmalıdır. Bu değerlendirmeler çözümün daha iyi bir noktaya gelmesine destek olmaktadır.

Modelleme için yapılan tasarım sürecinde teknik ve fiziki tüm detaylar netleştirilmiş olmalıdır. Teknik yeterlilik ve ihtiyaçlar belirlendikten sonra planlama yapılmalıdır. Seçilen çözüm sistem ile entegre olmalıdır, eğer uyumlu değilse uyumlu hale getirilmesi için çalışmalar başlatılmalıdır. Özellikle yeni bir teknoloji kullanımında sistem entegrasyonu çok önemlidir (Navas ve diğ, 2015).

Çözüm modellemeleri günümüz performansını ve hata tespiti için kullanılmaktadır. Çözümün gerçekleştirilmesi için tespit edilen hatalar ve performans problemleri giderildikten sonra detaylı zaman çizelgesi hazırlanır (Russo ve Spreafico, 2015).

2.2.1.7 Çözüm süreci

Çözüm uygulaması için süreç şemaları oluşturulmalıdır. Sürecin en başından en sonuna nasıl uygulanacağı adımlar ile belirlenir. Çözüm süreci başlatılırken kaynak planlama ve bütçe belirlenmesi gerekmektedir. Tasarım, malzeme tedariki gibi tüm detaylar hazırlanır. Yeni çözüm yönteminin kullanılan sistem entegrasyonu önemlidir bunun için temel uygulamalar yapılmaktadır (Moehrle, 2005).

Çözüm planlandıktan sonra zaman planına uyumu, aşamaların zamanında ilerlemesi gerekir. Her adım için ayrı zamanlamalar belirlenmektedir. Adımlar için sonlanma süresi adımın detayına göre belirlenir. Testler yapılmadan çözümlerin tasarım süreci tamamlanmış olmalıdır. Bu zaman çizelgeleri görsel şema veya Gantt şeması olabilir.

Çözüm adımlarından biri de kaynakların planlamasıdır. Kaynaklar, malzeme, işgücü, finansal veriler ve diğer kalemlerden oluşmaktadır. Kaynakların doğru planlaması projenin zamanında uygulanması için çok önemlidir.

Çözüm adımları uygulandığı süreç boyunca belirsizlikler ve riskler mevcuttur. Risk yönetimi için planlama, risklerin detaylı şekilde tanımlanması, risklere istinaden planların hazırlanması gerekir. Riskler tanımlanırken finansal, zamansal, kalite ve teknolojik olarak sınıflandırılmalıdır (Russo ve Spreafico, 2015).

Proje süreci boyunca paydaşlar arasındaki iletişim önemlidir. İletişim alanları, görevleri proje adımlarında tanımlanmalıdır. Süreçteki her aşama birbiri ile bağlantılı olduğu için gereksinimleri tespit edilmelidir. Hangi aşamalarda hangi görevlerin sorumluluğunun alınacağı belirlenmelidir.

Planlama sürecinden sonra proje başlatılır. Proje başladıktan sonra değerlendirmeler yapılmaktadır. Proje başlangıcında düzenli kontroller sağlanır ve diğer aşamalarda proje izlenir. Proje süresi boyunca veriler ve geri dönüşler toplanır.

2.2.1.8 Sonuçların test edilmesi ve değerlendirilmesi

Uygulama adımları tamamlandıktan sonra sonuçların değerlendirilmesi gerekmektedir. ARIZ için en önemli aşamalardan biridir. Bu adımda hedeflere ne kadar ulaşıldığı tespit edilir. Belirlenmiş olan çözümün günümüz koşullarında test edilmesi ve performans değerlendirmeleri ölçülmektedir. Çözümler ölçütler kapsamında test edilir. Çözüm test sonuç verileri bazen gözlem yoluyla bazen geri bildirimler ile elde edilir (Moehrle, 2005). Testler yapılırken veri toplama yöntemleri şunlardır:

- *Anketler:* Ortaklar ve kullanıcı kitlesinden alınan veriler ile süreç performansı değerlendirilir.
- *Performans ölçümü:* Belirlenen çözümün dayanımı, hızı, verimliliği test edilir.
- *Deney testleri:* İlgili şartlar altında farklı parametrelerde testler uygulanmaktadır.
- *Veri setleri:* Büyük veri analizi ile çözümler ve etki alanları incelenmektedir.

Testler analiz edildikten sonra test sonuçları değerlendirilmelidir. En önemli nokta belirlenen performanslara uyumdur. Çözümün farklı koşullarda ne tepkiler gösterdiği iyileştirme noktalarını belirleyecektir. Sonuçların değerlendirilmesinde geri bildirimlerin düzenli olarak incelenmesi memnuniyet açısından önemlidir. Geri bildirimler ile süreç performansı, dayanımı, fonksiyonları, kullanılabilirlik alanlarındaki hatalar değerlendirilir. Geri bildirimlerin en önemli katkısı iyileştirme alanları için veriler sunmasıdır. Çözümde yaşanan eksiklikler, gelişim alanlarını ortaya çıkarır (Navas ve diğ, 2015).

Çözüm son değerlendirme aşamasına geldiğinde proje performans kriterlerine uygun olduğu belirlenmiş demektir ve onaylanmış bir çözümdür. Değerlendirmeler sonucunda bir rapor oluşturulur ve bu rapor içerisinde başarı oranı ve iyileştirmeye açık noktalar açık bir dille ifade edilir. Rapordan sonra geleceğe yönelik planlar hazırlanır ve iyileştirme faaliyetleri planlanır.

2.2.1.9 Geliştirilmiş çözüm ve sürdürülebilirlik

Test sonuçları değerlendirilmesi ile iyileştirmeye açık olan alanlar için stratejiler uygulanır. Eğer test sonuçlarında ciddi bir eksiklik varsa yeniden tasarıma gidilebilir veya güncellemeler yapılabilir.

Çözümün düzenli olarak gelişebilmesi için sürekli iyileştirmeden faydalanılmalıdır. Çözümün başarıları beraberinde yeni projeleri de ortaya çıkaracaktır. Çözümün gelecek dönem durumunun belirlenmesi için başarılarının ve öğrenilmiş olan konuların ileride planlanan projelere dahil edilmesi önemlidir.

Çözüm test sonuçları, projeye dahil olan tüm üyelerle paylaşılmalıdır. Süreçte sağlanan başarı ve başarısızlıklar ile ilgili hazırlanmış olan rapor yayınlanır. Aynı zamanda projede ortak çalışan paydaşlarla da belirli raporlar paylaşılır. Tüm bunlarla beraber sonuçları baz alarak yeni alanlar belirlenmelidir ve daha büyük bir ağ oluşturulmalıdır. Mevcut raporlar gelecek çözüm önerilerine ışık tutmaktadır. Gelecek stratejileri belirlerken sürdürülebilirlik temel alınmalıdır. Çözümün yaygınlaştırılması için eğitimler ve oturumlar düzenlenir (Russo ve Spreafico, 2015).

TRIZ'deki ARIZ yöntemi çözümün belirlenmesi, verimliliği, sürdürülebilirliğini anlamak için kritiktir. Çözümün başarılı ve noksan adımlarını belirler. Testler sayesinde çözümün gelişim alanları tespit edilir sonrasında belirlenecek olan iyileştirme stratejileri ile çözümün etkili hale gelmesini ve optimize edilmesini sağlar. ARIZ,40 yenilikçi prensipten faydalanarak çelişkileri çözmeyi temel alır ve zorlu problemlere çözüm üretilmesine imkan tanır (Navas ve diğ, 2015).

2.3 I-TRIZ

I-TRIZ, ihtiyaçlar özelinde geliştirilmiş bir TRIZ versiyonudur. TRIZ'in tüm yenilikçi süreçleri kapsamadığı belirlenmiştir. TRIZ kullanılabilirliğini arttırmak ve yenilikçi hale getirmek amacıyla TRIZ geliştirilmeye başlanmıştır. Günümüze kadar devam eden bu çalışmalar kapsamında I-TRIZ (Yenilikçi TRIZ), IPS (Buluşsal Sorun Çözme), AFD (Öngörülü Arıza Belirlenmesi), IP Kontrolü gibi gelecek sürümler belirlenmiştir.

I-TRIZ,yaratıcı problem çözmek için yöntem sunmaktadır bunu yaparken dijital ortamdan faydalanır. Genellikle yazılım ve simulasyonlar ile gerçekliğe uyumlu bir kullanım sunmaktadır. Karmaşık ve paydaş sayısının fazla olduğu problemlerde kullanılması tercih edilir. Dinamik bir yapıya sahiptir bu sayede çözümün

bulunmasında hız kazandırır. I-TRIZ paydaşların ve kullanıcıların bir arada çalışmasını sağlar. TRIZ'in sunmuş olduğu yöntemlerden ve çözümlerden faydalanmaktadır. Bu yöntem ile yeni fikirlerin daha hızlı ortaya çıktığı ve daha verimli süreçler için kullanıldığı ortaya çıkmıştır.

Etkileşimli TRIZ, simülasyon ve dijital araçlarda aktif olarak kullanılır. TRIZ'deki temel ilkeler sayesinde problem modellemeleri yapılmaktadır. Problem modellendikten sonra çözüm önerileri geliştirilir. Bulunan çözümler hızlı bir şekilde test edilebilmektedir. TRIZ'de kullanılan 76 buluş standartı ve 40 yaratıcı ilke yazılım ile geliştirilebilir. Problemlere çözüm geliştirilmesi adımı hızla karar verilmesinde oldukça destekçi bir yöntemdir.

Zorlu mühendislik problemlerinde paydaş ve kullanıcının çok sayıda olduğu senaryolarda dijital platformlar ile tüm katılımcıların sorunu çözme sürecine dahil olmasını sağlar. Fikir akışlarının hızlı bir şekilde iletilmesi ve çözümün bulunması süreçlerinde aksiyonların süresini kısaltır. Tasarım problemlerinde etkili bir yöntemdir.

Etkileşimli TRIZ sadece bir problem çözme tekniği değildir. TRIZ adımlarının anlaşılması içinde aktif olarak kullanılmaktadır. Platformlar, dijital alanlar ile eğitimler verilmesi bu sayede TRIZ'in metodlarının anlaşılması, nerelerde kullanıldığının, etki alanlarının netleştirilmesinde de rol oynamaktadır. Yeni fikirler model haline getirilip test edilirken bunların değerlendirilmesinde I-TRIZ faydaları görülmektedir.

Mühendislik problemlerinde problem tespiti ve çözüm geliştirilmesi çok kolay değildir. Bu bazen karmaşık ve zaman alıcı olmaktadır. Analizlerin ve çözüm yollarının dijital platformlar üzerinden yapılması ve değerlendirilmesi kaynakların verimli kullanımı ve zaman açısından oldukça önem arz eder. Etkileşimli TRIZ'in sağladığı ortamlar sayesinde zaman ve kaynak tasarrufu sağlanır.

I-TRIZ yenilikçi yapıdaki kurumlar ve organizasyonlara uyumlu bir yöntemdir. Modellemeler ve simülasyonlar ile farklı çözüm yollarının bulunmasını sağlar. Yenilikçi çözüm geliştirme odaklı bir yöntem olmasından dolayı problemlere çözüm geliştirirken bakış açısı farklıdır (Zusman ve Smith, 2016).

Yeni dönemlerde büyük veri analizleri mühendislik çözümlerinde pek sık duyduğumuz bir kavram olmuştur. Mühendislik süreçlerinde veri analizleri yapılması,

sistemlerin verimli çalışması açısından da olumlu katkı sağlamaktadır. Sistemlerin optimize çalışmasında yeni veri, veri analizleri kullanılmaktadır.

Etkileşimli TRIZ hızlı çözüm sunduğu için tercih edilen yöntemlerden biridir. Çalışma ortamında çok paydaşın ve kullanıcının çalışabiliyor olması yönetime talebin artmasını etkileyen bir diğer faktördür. I-TRIZ testleri hızlı gerçekleştirebilen ve yazılımlardan faydalanan bir yöntem olduğu için dijital dünyada oldukça tercih edilen bir yöntemdir. I-TRIZ, yeni çözümlerin geliştirilmesi açısından inovatif bir yöntem olduğu için problem çözümleri tarafından kullanılmaktadır.

Endüstriyel süreçlerde verimlilik artırılması hedeflenen süreçlerde sıklıkla kullanılır. Bu metodoloji, yeni dijital dünyada daha ulaşılabilir, daha efektif, esnek, çoklu ortamlarda kullanım sağlamaktadır. Etkili sonuçların ortaya çıkmasında I-TRIZ yönteminden faydalanılmaktadır.

2.4 Problem Odaklı İcat (PI)

PI, Problem Odaklı İcat Kavramı'nın kısaltmasıdır. 1997 yılında Moehrle ve Pannenbaecker tarafından ortaya çıkarılmış bir metoddur. TRIZ'de problemlerin ideal çözümünün belirlenmesi için kullanılan bir ölçütü ifade eder. TRIZ ideal sonuca ulaşmayı hedefleyen bir yöntemdir. PI sorunun çözülmesi için analiz ve değerlendirme metodudur. PI, TRIZ araçları ile entegre edilmiştir. Bu kavram ile problem çözme süreçlerine esnek yaklaşım sergilemektedir. Bu yöntemde problem çözümlerinin deneyimine ve içgüdülerine dayanmaktadır (Moehrle, 2005).

PI, İdeallik kavramını temel almaktadır. İdeallikte sistemdeki faydalı etkiler zararlı etkilere oranlanarak hesaplanır. Faydalı etkiler, amaç doğrultusunda yapılan görevleri ifade etmektedir. Zararlı etkiler ise istenmeyen durumları ifade eder.

TRIZ'de PI, problemin tanımlanması ve mevcut durumu ve ideal durumunu ifade etmek için kullanılmaktadır. Amaç PI'yı arttırmaktır. Zararlı etkileri minimuma indirirken faydalı etkileri maksimum yapmayı hedefler. Çözümler arasında ideallik sonucu yüksek olan çözüm ile devam edilir. PI, problemlere çözüm üretirken sadece problemin çözülmesine odaklanmaz aynı zamanda sistemin idealitesini yükseltmeyi hedeflemektedir. İdealliğe ulaşılması için rehberlik eden bir metoddur.

Çözülmesi hedeflenen problem tespit edilir. Bu problemin faydalı ve zararlı etkileri analiz edilir. Sistemin çalışması ve sürdürülebilir olması için gerekli olan kaynaklar

tespit edilir. Sistem ideallik seviyesi tespit edilir. Faydalı etkilerin artması PI'yı yükseltirken ve zararlı etkiler PI'yı düşürmektedir

TRIZ'ın temel kavramlarından biri ideal sonuçtur. İdeallik durumunda sistem en az maliyetle çalışmaktadır ve zararlı etkilerin düşük olduğu senaryodur. TRIZ'ın diğer araçları ile entegre şekilde kullanılmaktadır. Çelişkilerin çözülebilmesi için 40 yaratıcı prensip yönteminden faydalanılabilir. Bu prensipler uygulanırken zararlı etkilerin azaltılması amaçlanır. Bu yöntem uygulanırken trendler takip edilmelidir. Mevcut kaynakların verimli kullanımı faydayı arttıracığından ideallikte dikkate alınan bir faktördür. Çözüm önerilerinin PI etkisi incelenir ve bunun sonucunda en uygun çözümün seçimi hedeflenir. Her çözüm için ayrı ayrı PI hesabı yapılmaktadır. Çözümlere istinaden sistem durumu gözetlenir ve sonuçlara göre çözümde optimizasyon yapılır.

2.5 OTSM TRIZ

OTSM-TRIZ, TRIZ teorisinin Nikolai Khomenko tarafından geliştirilmiş versiyonudur. Çünkü, başlangıç problemlerinin analizinin karmaşık problemleri çözmenin anahtarı olduğunu öne sürmüştür. Daha karmaşık olan problemlerin çözümünde kullanılmak üzere geliştirilmiş bir metoddur. Dinamik yapısından dolayı mühendislik problemlerinin çözümünün yanında sosyal ve organizasyona yönelik bir yaklaşım benimsemektedir. TRIZ yenilikçi problem çözme yöntemidir. OTSM TRIZ'de TRIZ'de kullanılan ilkeler daha kapsamlıdır ve çözülmesi zorlu olan problemlere bu genişlemiş ilkeler sayesinde uyarlanır. OTSM TRIZ ile TRIZ metodunun farkı değişime adaptasyonudur. Değişime hızlı adapte olabilmesi belirsiz durumlarda daha iyi sonuçlar ortaya koymasıdır. Problemlerin çözülmesinde verimli performans göstermektedir.

OTSM gelişimi devam eden bir metottur. ARIZ bazı alanlarda sınırlı kaldığından OTSM geliştirilmeye başlanmıştır (Khomenko,2010).

OTSM sayesinde şunlar sağlanmaktadır:

- Yeni teknolojik problemlere adaptasyon,
- Çelişki teknolojisi,
- Çözüm teknolojisi,

- Problem süreç yaklaşımları.

Teknolojinin gelişimi, bilişim teknolojilerinde ilerlemeler, bilgisayar tabanlı yazılımların gelişiminde OTSM bir metot olarak kullanılabilir. Klasik TRIZ'in gelişimi OTSM'in yeni alanlarının keşfedilmesini de sağlar. OTSM dijital alanlarda dinamik bir yapıya sahip olduğundan günümüzde tercih edilmeye başlanan bir yöntem olmuştur. OTSM, bir ağda düğümlerin birbirleri ile olan bağlantıları şeklinde tanımlanmaktadır. Bilim insanları, bu potansiyelinden faydalanarak geliştirilmiş yöntem olarak önerilmiştir.

Problem ve çözümleri arasındaki bağ, durumun temelini hiyerarşik olarak tanımlanmasında OTSM TRIZ'den faydalanır. Yeni çözümlere ulaşmayı hedefleyen bu yöntem hipotez ve varsayımsal yöntemler ile tanımlanır ve basit problemlere ayrıştırılabilir. OTSM çözümlerin sunulması, üretilmesi aşamasında tek bir stratejiyi ifade etmez. Disipliner arası sorunların çözülmesine odaklanmaktadır. Bu sayede ek araçlar ve yeni prosedürler geliştirilmektedir (Becattini ve diğ, 2015).

90'lı yıllarda OTSM sadece teknik olmayan problemlere odaklanmıyor aynı zamanda problem durumlarını da yönetmek için kullanılmaktadır. Sorunlu problemlerin pek çok alt problemi mevcuttur. OTSM teoride büyük bir ağı yönetmek için kurgulanmıştır (Khomenko ve De Guio, 2007). Problem akış ağları yaklaşımında çelişki ağları ile çalışmaktadır ve problemin çözümünün küresel bir çözüm olmasına ancak yerel hareket sağlamasına ve bu bağlamda gelişmesine yardımcı olur. Sorunlu problemlerin tanımında OTSM ile yeni bir çerçeve hazırlanmaktadır. OTSM temelinde hedeflere ulaşabilmek amacıyla araçların birbiri ile uyumlu hale getirilmesi ve birleşik alan sistemleri oluşması için platform sağlar. Klasik TRIZ ile OTSM birbiri ile denge içerisinde. Bu nedenle adı da OTSM-TRIZ olarak isimlendirilmiştir (Cavallucci ve Khomenko, 2007).

OTSM temel kavramları, karmaşık yapının analizinde kullanılır. Hem soyut hem somut problemlere yönelik çözüm sunmayı hedefler. Çözüm sunarken dijitalleşme ve mevcut durumu iyileştirmeye yönelik çözüm üretmektedir.

2.5.1 Problem akış

Çözümü zorlu olan problemlerin çözümleri genellikle yeni problemlere neden olmaktadır. Problemler birbiri ile bağlantılı bir ağ oluşturmaktadır. Problemlerin kök nedenleri belirlenir. Problem akışı, çelişkileri belirleyerek ve yöneterek etkili çözümler

sunar ve küresel temelli bir çözüm için sistemi bir bütün olarak ele alır (Savransky, 2000).

OTSM-TRIZ metodolojisi içinde sistemik düşünmeyi temel alan en önemli adımlardan biridir. Problem akışı yalnızca mevcut problemleri tanımlamakla kalmamaktadır eş zamanlı olarak bu problemlerin çözüm sürecinde ortaya çıkabilecek yeni problemleri de ortaya çıkarmayı hedefler (Khomenko ve De Guio, 2007). Problem akış analizi, karmaşık sistemlerdeki çelişkileri haritalamaya ve bu çelişkilerle başa çıkmak için stratejik çözüm yolları geliştirmeye olanak tanıdığını vurgular. Özellikle bir problemin çözümünün, sistemin başka bir yerinde yeni bir problemi tetikleyip tetiklemediğini anlamak için problem akışı diyagramları kullanılır.

Bu yapı ile problemlerin sadece temel belirtileriyle değil, sistemdeki etkileşimleriyle birlikte ele alınması sağlanır. Dolayısıyla problem çözme süreci, doğrusal bir yapıdan çıkarak döngüsel ve çok katmanlı bir hale gelir (Khomenko, 2010). Bütüncül bakış açısının yaratıcı problem çözümünde hem teknik hem de sosyal sistemlerde uygulanabilir olduğunu belirtmektedir.

2.5.2 Modelleme

Karmaşık olan problemleri daha basit ve anlaşılır ifade edebilmek için analiz etmeye çalışan adımdır. Sistem çalışma mekanizmasını anlamaya yönelikse fonksiyonel modelleme yapılabilir. Problem modelleme, karmaşık bir problemi daha basit ve soyut hale getirerek analiz etmeye yönelik bir yöntemdir. OTSM, soyut modelleme ile genel bir çözüm çerçevesi oluşturur. Problem çözüm yolları ile bağlantısının ağ şeklinde kurulmasına problem akış ağı denilmektedir (Russo ve Spreafico, 2015).

Fonksiyonel modeller ile problemi çözmek amacıyla sistem çalışma mekanizması netleştirilmeye çalışılır. Modelleme sayesinde sistemde görev alan işlevler görselleştirilir ve problem alt dallara ayrıştırılır yönetilebilir bir formata getirilir (Khomenko, 2010).

Yapılan çalışmalarda modelleme tekniklerinin sadece mühendislik alanlarında değil, aynı zamanda sosyal sistemlerde ve sürdürülebilirlik planlamalarında ve şirket içi inovatif süreçlerde de etkin biçimde kullanılabildiği ortaya çıkmıştır. Bu tür uygulamalar modellemenin çok disiplinli sistem analizlerine entegrasyonuna da ortaya çıkarmaktadır (Spreafico ve Russo, 2021).

2.5.3 Çelişki

Çelişkilerin TRIZ'deki öneminden önceki adımlarda bahsetmiştik aynı şekilde OTSM TRIZ'de de çelişkilerin analiz edilmesi oldukça önemlidir. Sistem çelişkileri fiziksel ve teknik çelişkiler olarak 2 sınıfa ayrılmaktadır. Aynı şartlar altında farklı durumlar gösteren durumlar fiziksel çelişkiye sahiptir. Özellikler arasındaki çelişkilerde teknik çelişkileri ifade eder. Çelişkilerin çözümünde TRIZ'de olduğu gibi 40 yenilikçi ilkeden yararlanılır (Altshuller, 1999).

OTSM-TRIZ'de çelişkileri çözmek için akış ağı ve modelleme gibi yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler sayesinde, çelişkilerin neden-sonuç ilişkileri belirlenir ve sonrasında analiz edilir. Oluşturulan çözüm stratejileri ile küresel bir etki yaratmayı hedefler ancak yerel düzeyde uygulanabilir önerilerde geliştirir (Khomenko, 2010).

Sistematik çelişki yönetimi yaklaşımı, özellikle endüstriyel ürün tasarımlarında ve stratejik hedeflere olan yaklaşımı ölçmekte ve çözüm kalitesini artırmaktadır. Bu analizler, yerel sorunlara çözüm hazırlarken aynı zamanda uygulanabilirliği yüksek ve sürdürülebilir öneriler üretmeyi mümkün kılar (Yan ve diğ., 2018).

OTSM-TRIZ, klasik TRIZ'den farklı olarak, çelişkilerin yalnızca teknik düzeyde değil sosyal anlamda da analiz edilmesini sağlamaktadır. Sistem düzeyindeki yapısal çelişkiler sonuca ulaşırken sistemin yeni fırsat alanları da açığa çıkmaktadır.

2.5.4 Karmaşık sistemler

Sistemlerin bütün ele alınması gerekmektedir. Uygulanan tüm değişiklikler diğer parametreleri hatta sistemi etkiler. Bu nedenle sistem ayrıştırılmalı alt sistemlere ayrılmalıdır. Sistem gözlemlenerek analiz edilmeli ve geri bildirimler toplanmalıdır (Khomenko, 2010).

Sistemin alt sistemlere ayrıştırıldıktan sonra izleme ve geri bildirim süreçleri başlamaktadır. Sistem izlenir ve performans temelli ölçütler tespit edilir. Ölçütlere yönelik analizler yapılır ve geri bildirimler değerlendirilir. Toplanan geri bildirimler sayesinde sistem durumu iyileştirilir ve ileride gerçekleşebilecek sorunlara istinaden önlem almak bilgileri sunar (Cavallucci ve Khomenko, 2007).

OTSM-TRIZ kapsamında karmaşık sistemlerin analizi yalnızca yapısal değil aynı zamanda dinamik bağlantıları da kapsamaktadır. Bu sistem, çok boyutlu, değişken

yapılar içerir. Bir değişikliğin etkisi yalnızca yerel seviyede değil aynı zamanda sistemin geneli üzerinde de öngörülemeyen sonuçlar doğurabilir.

Karmaşık sistemler, mühendislik, sosyal bilimler ve işletme gibi pek çok alanda uygulanabilirliği olan bir perspektif sunmaktadır. Sistemde yapılan her müdahale potansiyel olarak yeni problemler doğurabilir. Bu nedenle sistem devamlı takip edilmeli veri odaklı ölçütler belirlenmeli ve döngüsel öğrenme süreci içinde değerlendirilmelidir (Khomenko ve De Guio, 2007).

2.5.5 Sonuç (İdealite)

Problemlerin sonucunda ideal bir sonuca ulaşılması hedeflenir. İdeal sonuca ulaşmak için kaynak tüketimi en yüksek seviyededir. İdeal sonuç sistemde talep edilen tüm parametrelerin yerine getirildiği durumlarda kullanılan bir ifadedir.

İdeal sonuç, gerçekte ulaşılmaz olsa da, problemlerin çözüm sürecinde önemli bir yeri mevcuttur. Hedefe doğru ilerlerken sistemdeki mevcut performansını iyileştirmeyi hedefler ve sürdürülebilir çözümler için bir rehber görevi görür. İdeal sonuç, sadece teknik çerçeve değil, çevre ve ekonomi alanlarında sürdürülebilirlik boyutunda da dikkate alınmalıdır (Cavallucci ve Khomenko, 2007).

İdealite kavramı, TRIZ ve OTSM-TRIZ yaklaşımlarında problem çözüm sürecinin nihai yönünü tanımlar. İdealite, hem çözümün teknik verimliliğini hem de sistem üzerindeki toplam etkisini optimize etmeyi amaçlayan soyut bir hedef noktasıdır. İdealitenin yalnızca teknik değil aynı zamanda toplumsal, ekonomik ve çevresel boyutlarda da değerlendirilmesi gerektiğini vurgulanmıştır. Bu nedenle ideal sonuç, sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu çözümler üretmeyi de kapsayan geniş bir perspektife sahiptir (Khomenko, 2010).

İdealite, ulaşılması zor bir hedef olsa da sistem tasarımı ve problem çözümünde yönlendirici bir vizyon sunmaktadır. Çözüm sürecinde alınan her kararın bu hedefle olan mesafesi değerlendirilmeli ve sistematik ilerlemeler, ideal çözüme olan yaklaşımları artıracak şekilde yapılandırılmalıdır.

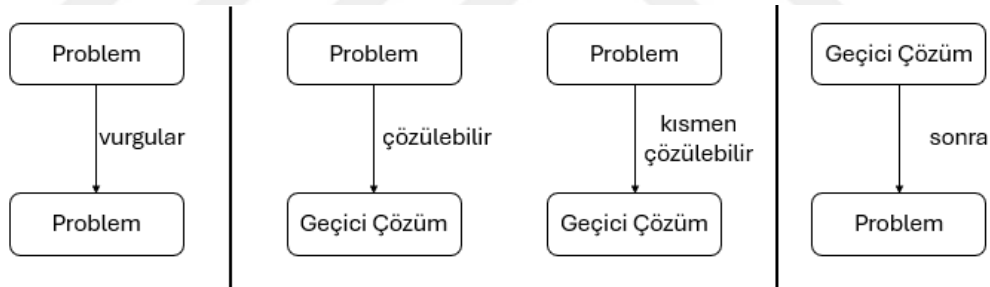
2.5.6 Akış ağı

OTSM TRIZ'in en önemli özelliklerinden biri de ağ şeklinde gösterimlerdir. Bu gösterimlerde problem bir düğüm olarak gösterilir ve düğümlerin arasındaki ilişki tespit edilir. Birbiri ile ilişkili olan sorunlar sisteme uygun bir şekilde analiz edilir.

Problem çözme modellerinde sistematik şekilde çözülmesi için problem tanımlanmalı, çözüm yolları belirlenmeli ve çözüm yöntemleri değerlendirilmelidir. İş süreçlerinde temel problem çözme modeli sıklıkla kullanılmaktadır (Khomenko, 2010).

2.5.7 Sorun ağı (NOP)

Sorun Ağı, literatürde Network of Problems (NoP) olarak karşımıza çıkmaktadır., OTSM-TRIZ çerçevesinde karmaşık ve zor problem durumlarını anlamak ve çözmek için kullanılan bir yöntemdir. NoP, problemlerin ve çözümlerin bir ağ gibi modellenmesini ve analiz edilmesini sağlar. Bu modellemede zor problemlerin yapılandırılması ve alt problemlere ayrılmasına ve problemlerin birbirleriyle olan ilişkilerinin anlaşılmasına olanak sağlar (Şekil 2.2). Bu yöntem özellikle çok aşamalı ve disiplinler arası problemlerde oldukça etkilidir (Khomenko ve De Guio, 2007).



Şekil 2.2: Problem akış ağı

NoP'nin temel unsurlarından biri problemlerdir. Çözüm gerektiren problemler ana problemi çözecek olan alt problemlere ayrılır. Problemler tanımlanabilir bir çelişki ve durumu temsil etmektedir (Khomenko, 2010).

Diğer bir unsur ise ilişkilerdir. Problemlerin arasındaki neden- sonuç ilişkisinin anlaşılması için ağ yapısı oluşturulur ve hangi problemlerin diğer problemleri çözerek katkı sağlayacağı anlaşılmaya çalışılır (Souchkov, 2010). Problemler genellikle hiyerarşik olarak düzenlenir. Ana problem ağın merkezinde yer alır ve alt problemler daha düşük seviyelerde bulunmaktadır. Bu sayede kritik problemlerdeki çözümler, tüm ağı etkilemektedir (Mann ve Domb, 2001).

NoP, problemlerin sadece tanımlanmasında değil, etkili bir şekilde çözüm yollarının geliştirilmesini de hedeflemektedir. Ağda yeni bağlantılar oluşturarak diğer problemlerin çözülmesine yardımcı olmaktadır (Khomenko ve De Guio, 2007).

Çözülmesi gerekli olan en kritik problem tespit edilir ve tanımlanır. Bu, çözüm sürecinin başlangıç noktasını oluşturur (Khomenko, 2010). Ana problem belirlendikten sonra, neden-sonuç ilişkilerine ve sistemin yapı taşlarına göre alt problemlere ayrılır. Bu ayrışma sayesinde problem daha yönetilebilir hale getirilmektedir (Souchkov, 2010). Belirlenmiş olan problemler, birbirleri arasındaki ilişkilerle birlikte ağ üzerinde görselleştirilir. Bu ağ yapısı, problemlerin ve çözümlerin birbirini nasıl etkilediğini gösterir (Khomenko ve De Guio, 2007).

Ağ sisteminde, en büyük etkiye sahip olan kritik problemler belirlenir. Çözümlerinde buradaki düşümlere odaklanması, kaynak ve zaman tasarrufu sağlar. Geliştirilmiş olan çözümler, ağda uygulandıkça yeni bağlantılar ve etkiler oluşturmaktadır (Mann ve Domb, 2001). NoP sayesinde problemler alt problemlere ayrılır ve daha kolay yönetilir hale gelmektedir (Khomenko ve De Guio, 2007). Problemler arasındaki ilişkiler net bir şekilde gösterildiği için çözüm süreci daha sistematik olur (Khomenko, 2010). NoP, problemlere farklı bakış açıları sağlar, yenilikçi çözümler sunar (Souchkov, 2010).

Bu yapı yalnızca problem çözümünü kolaylaştırmakla kalmaz aynı zamanda çözüm sürecine önceliklendirme ve stratejik odaklanma kazandırır. NoP yaklaşımı, problemler arasındaki bağlantıları açığa çıkararak sorunun kök nedenine inme ve en az müdahaleyle en yüksek etkiyi yaratacak çözüm noktalarını belirleme fırsatı sunar. Böylece çözüm süreci, sadece teknik doğruluk üzerinden değil, etki ve sürdürülebilirlik kriterlerine göre de yönlendirilmiş olur. Özellikle karmaşık sistemlerde, bu yapı çözüm sürecinin sezgisel değil, veriye ve yapıya dayalı biçimde ilerlemesini sağlayarak inovasyonun rastlantısal değil, sistematik bir şekilde inşa edilmesine katkı sağlar.

3. UYGULAMA

Bu uygulamada, otomotiv sektöründe faaliyet gösteren firmalarda yaşanan satış, maliyet ve kalite süreçlerinde yaşanan problemlerin çözümüne yönelik bir uygulama geliştirilmiştir. Çalışma OTSM-TRIZ metodolojisini temel almıştır ve ekonomik-teknik çelişkiler, sistemli bir şekilde analiz edilmiş, analiz edilen çelişkilere yönelik çözüm önerileri geliştirilmiştir. Bu uygulama, sektörde gelişim, sürdürülebilirlik ve maliyet analizi ile optimizasyon sağlama hedefiyle oluşturulmuştur.

Uygulama, farklı uzmanlık alanlarından toplam 12 kişilik bir ekip tarafından yürütülmüştür. Ekipte 4 maliyet analisti, 3 kalite yönetimi uzmanı, 2 üretim mühendisi, 2 stratejik pazarlama danışmanı yer almaktadır. Her bir ekip üyesi kendi alanındaki operasyonel deneyimi ve teknik bilgisiyle katkı sağlamıştır.

Bu çalışma, bir otomotiv fabrikasında saha temelli olarak uygulanmıştır. Veri toplama sürecinde öncelikle üretim hattında görev yapan çalışanlar, kalite kontrol sorumluları, maliyet analistleri ve satış ekibiyle birebir görüşmeler yapılmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında, yaşanan sorunları doğrudan gözlemleyebilmek amacıyla üretim süreçleri yerinde incelenmiş ve çalışanlarla kısa görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Ardından, her departmandan toplanan bilgiler doğrultusunda mevcut problemler listelenmiş ve önceliklendirilmiştir.

Ayrıca kalite kayıtları, üretim raporları, maliyet tabloları ve satış performans verileri gibi mevcut fabrika içi dokümanlar incelenerek sayısal veriler elde edilmiştir. Bu veriler, yaşanan problemlerin sıklığı ve etkisi hakkında somut bulgular sunmuştur. Tüm bu bilgiler bir araya getirilerek OTSM-TRIZ yöntemi ile çelişkiler analiz edilmiş ve çözüm önerileri geliştirilmiştir.

Çözüm sürecinde, problemler arası nedensellik ilişkileri tanımlanarak bir problem akış ağı oluşturulmuş, bu ağ üzerinden sistemdeki temel darboğazlar tespit edilmiştir. Problemler, satış süreçlerinden üretim optimizasyonuna, kalite zorluklarından maliyet kaynaklı sapmalara kadar farklı düzlemlerde ele alınmıştır. Çalışma, yalnızca mevcut

problemlerin çözümüne değil, aynı zamanda benzer durumlar için tekrar edilebilir bir analiz ve çözüm modeli sunması açısından sektöre değerli bir katkı sağlamıştır.

3.1 Problemin Tanımlanması

Yedek parça üreticisi ile ana otomotiv firması arasındaki ilişkide yaşanan sorunların temelinde, artan üretim maliyetleri ve satış aşamasında karşılaşılan operasyonel sorunlar yer almaktadır. Taraflar arasındaki ilişki, kalitenin yüksek sunulmasının hedeflenmesi ve ekonomik şartlar ve değişken piyasa koşulları nedeniyle karmaşık yapısı vardır. Karmaşıklık, süreçlerde verimlilik ve tedarik zincirinin sürdürülebilirliğini oluşturmayı zor bir noktaya getirmektedir. Bu adımda çelişkiler, sorun ve etkileri değerlendirilmiştir (Çizelge 3.1).

3.1.1 Maliyet problemleri

- *Hammadde maliyetleri:* Tedarikçi, hammadde fiyatlarının artışıyla karşı karşıyadır. Özellikle metal, plastik, kimyasal, kumaş ve diğer malzeme maliyetindeki değişimler, üretim maliyetlerini etkilemektedir. İthal edilen malzemelerin maliyetlerini artırmaktadır (Chopra ve Meindl, 2019).
- *İşçilik maliyetlerinin artışı:* Enflasyon nedeniyle yükselen asgari ücret ve maaş düzeylerinde değişiklikler ve sürekli artışların yaşanması. Bu etki üretimde doğrudan maliyetleri yükseltmektedir (Christopher, 2016).
- *Finansman maliyet artışı:* Kredi faiz oranlarındaki artış, işletmelerin kredi maliyetlerini yükseltmektedir. Özellikle kısa vadeli sermaye ihtiyaçları, yüksek faizli kredi koşullarına bağlı olarak daha maliyetli hale gelmektedir. Döviz cinsinden borçlanan firmalar ise kur farklarından kaynaklı finansal zararlara maruz kalmaktadır (Tang, 2006).
- *Üretim süreçlerinin verimsizliği:* Üretim süreçlerinde israflar, geri dönüşüm yapılamaması ve verimlilik düşüşü gibi problemler nedeniyle yüksek maliyetler ortaya çıkmaktadır (Kilpatrick, 2001).
- *Lojistik maliyetleri:* Yakıt fiyatlarının artışı, global çalışan firmalarda lokasyonlar arası uzak mesafeler, tedarik zincirindeki iletişimsel problemler, koordinasyon ve planlama eksikliği lojistik maliyetlerini artırmaktadır. Döviz

kurunun etkisi ile ithalat ve ihracat süreçlerinde nakliye maliyetlerin yükselerek artmasıdır (Lambert ve Cooper, 2000).

3.1.2 Satış problemleri

- *Talep belirsizliği ve sipariş dalgalanmaları:* Ana otomotiv firması, değişken piyasa durumuna göre yıllık, proje ömrü üretim miktarlarını değiştirmektedir. Bu, tedarikçi firmanın malzeme ve üretim planlamasını zorlaştırır. Bu nedenle aşırı stok veya üretim yetersizliği ortaya çıkabilir. Araç satışları doğrudan tedarikçi firmayı da etkilemektedir (Park ve Min, 2011).
- *Kalite ve standart gereksinimleri:* Otomotiv firması, küresel dünyada Uluslar arası standartlarda üretim yapılması gerekmektedir. Ergonomi, dayanıklılık, güvenlik oldukça önemlidir. İstenen kalite standartlarının karşılanabilmesi için sürekli yatırım yapılması gerekmektedir bu yatırımlarda maliyetleri arttırır. Uygun kalitenin testi için sıklıkla üretim kontrolü yapılmalıdır bu da üretim süresini uzatmaktadır (Wu, Liu ve diğ, 2021).
- *Fiyat baskısı:* Ana otomotiv firması, diğer firmalar karşısında rekabetçi olabilmek için tedarikçiden düşük fiyatlar talep etmektedir. Satın alma maliyetlerini azaltılması amacıyla tedarikçilerine fiyat baskısı kurmaktadır. Bu nedenle tedarikçinin kâr marjını düşürür. Enflasyon karşısında ürün fiyatlarını arttırmak zorunda kalınması, satış anlaşmalarının yeniden incelenmesi gerekmektedir.
- *Rekabetçi pazar koşulları:* Küresel dünyada düşük fiyatı sunan firmalar rekabet avantajını ele geçirmektedir. Bu da müşteri kaybına yol açabilmektedir. Maliyetlerini düşürmek amacıyla tedarikçi portföyünü geliştirmeye ve tedarikçi değişikliği yapabilir. Özellikle ithal parçalarda döviz kuru etkisi mevcuttur (Christopher, 2016).
- *Lojistik problemleri:* Lojistikte yaşanan gecikmeler, üretilen ürünlerin teslimatını da geciktirmektedir ve müşteri memnuniyetini etkilemektedir. Tedarikçinin ana otomotiv firmasına uzak olan lokasyonları maliyetleri doğrudan arttıracaktır. Konteynır, kasa, paketleme ürünleri vb. ürünlerin maliyet artışları süreci uzatabilir (Lambert ve Cooper, 2000).

Çizelge 3.1: Problem, sorun ve etkilerin tanımlanması.

Çelişki	Sorun	Etkisi
Hammadde Kalitesi	Metal, plastik, kumaş gibi malzemelerde döviz artışı nedeniyle ithalat maliyetlerinin artışı	Yüksek üretim maliyetleri, fiyat rekabeti kaybı.
İşçilik Maliyeti	Enflasyon nedeniyle artan maaşlar ve iş gücü maliyetleri	İş gücü maliyetlerinin artışı, ürün başına maliyetin yükselmesi.
Finansman Maliyet Artışı	Faiz oranlarının yükselmesi, döviz borçlanma maliyetleri	Sermaye erişiminde zorluk, nakit akışının bozulması.
Üretim Süreç Verimsizliği	Geri dönüşüm yapılamaması, israf, eski teknolojiler	Üretim maliyetlerinin yüksekliği, süreçlerde verimlilik kaybı.
Lojistik Maliyetleri	Uzak mesafeler, yakıt fiyatlarının artışı, tedarik zinciri sorunları	Yüksek taşıma maliyetleri, teslimat gecikmeleri.
Talep ve Sipariş Dalgalanmaları	Değişken piyasa koşulları nedeniyle sipariş miktarlarının belirsizliği	Fazla üretim stok maliyetleri, yetersiz üretim müşteri memnuniyetsizliği.
Kalite ve Standart Gereksinimleri	Uluslararası standartlara uyum için yüksek yatırımlar	Sürekli yatırım gerekliliği, maliyet artışı. Kâr marjlarının düşmesi,
Fiyat Baskısı	Ana otomotiv firması tarafından düşük fiyat talep edilmesi	maliyet optimizasyonunun zorlaşması.
Rekabetçi Pazar Koşulları	Düşük fiyatlarla çalışan rakipler	Pazar kaybı riski, müşteri memnuniyetsizliği.
Lojistik Problemleri	Gecikmeler, uzak lokasyonlardan yapılan taşımalarda maliyet artışı	Müşteri memnuniyetsizliği, toplam maliyetlerin yükselmesi.

3.2 NOP Akış Ağı

Problemler ve çözümler arasındaki bağlantının gösterimi için NoP'den yararlanılmıştır. Şekil 5.1'de hammadde maliyetlerinden lojistik süreçlere kadar her bir problem, alt başlıkları ve etkileriyle detaylandırılmıştır. Bu detaylandırma, problemleri daha iyi anlamayı sağlamıştır. Çalışma, farklı problem alanlarının birbirleriyle nasıl ilişkili olduğunu ve çözümlerin bu alanlar üzerindeki etkilerini göstermiştir.

Çözüm önerileri, pozitif etkileri ön planda tutularak sıralanmış ve uygulanabilirlik açısından değerlendirilmiştir. Bu da sektörde daha etkili ve sürdürülebilir iş modellerinin oluşturulmasına katkı sağlamıştır. Negatif bağlantılar, önerilen çözümlerin potansiyel risklerini belirlemiş ve bu risklerin önlenmesi için stratejiler geliştirilmesine olanak tanımıştır.

Problemler (Pb): Ağın merkezini oluşturur.

- *Pb1:* Otomotiv sektöründe faaliyet gösteren yedek parça üretimi yapan bir firma ile ana otomotiv firması arasında yaşanan problemler.
- *Pb2:* Maliyet problemleri.
- *Pb3:* Kalite problemleri.
- *Pb4:* Satış problemleri.
- *Pb5:* Lojistik problemleri.
- *Pb6:* Hammadde maliyetleri.
- *Pb7:* İşçilik maliyetleri.
- *Pb8:* Finansman maliyet artışı.
- *Pb9:* Üretim süreç verimsizliği.
- *Pb10:* Kalite ve standart gereksinimleri.
- *Pb11:* Kaliteyi artırma.
- *Pb12:* Fiyat baskısı.
- *Pb13:* Talep ve sipariş dalgalanmaları.
- *Pb14:* Rekabetçi pazar koşulları.
- *Pb15:* Lojistik maliyetleri.
- *Pb16:* Lojistik süreçlerde verimsizlik.

Çözümler (Çz): Problemleri doğrudan etkileyen birinci halkayı oluşturur.

- *Çz1:* Yerel tedarikçilerle iş birliği yaparak döviz etkisini azaltmak.
- *Çz2:* Geri dönüşümlü ve sürdürülebilir malzemelerin kullanımı.

- Çz3: Tedarik zincirinde daha etkin planlama ve malzeme kullanımını optimize etmek.
- Çz4: Üretim süreçlerinde otomasyon ve dijitalleşme uygulamaları.
- Çz5: Robotik teknolojilerle manuel iş gücünün azaltılması.
- Çz6: Çalışan eğitimleri ile verimlilik artışı sağlamak.
- Çz7: Modüler üretim hatlarının kurulması ile daha esnek ve düşük maliyetli süreçler.
- Çz8: Sermaye kullanımını optimize etmek için maliyet-etkin finansal süreçlerin oluşturulması.
- Çz9: Döviz riskini azaltacak sabit kur anlaşmaları yapmak.
- Çz10: IoT (Nesnelerin İnterneti) tabanlı süreç optimizasyonu uygulamak
- Çz11: Geri dönüşüm ve atık yönetimi süreçlerini iyileştirmek.
- Çz12: Eski makinelerin modernizasyonu ve enerji verimliliğini artırmak.
- Çz13: Dijital kalite kontrol sistemlerinin entegrasyonu.
- Çz14: Yapay zeka destekli süreç izleme ve analiz sistemlerinin uygulanması.
- Çz15: Uluslararası kalite standartlarına uyum sağlamak için iş birliği ağlarının genişletilmesi.
- Çz16: Maliyetleri dengelemek için yüksek kaliteli ancak düşük maliyetli alternatif malzemeler kullanmak.
- Çz17: Üretim sırasında hataları azaltmak için otomatik denetim sistemlerini devreye almak.
- Çz18: Maliyet optimizasyonu için yalın üretim tekniklerinin uygulanması.
- Çz19: Üretim kapasitesini artırarak birim maliyetleri düşürmek.
- Çz20: Ürün gamını farklılaştırarak değer odaklı bir satış stratejisi benimsemek.
- Çz21: Yapay zeka destekli talep tahmin sistemleriyle planlama süreçlerini iyileştirmek.

- Çz22: Modüler üretim hatları kurarak talep dalgalanmalarına hızlı yanıt verebilmek.
- Çz23: Envanter ve stok yönetimini optimize etmek için veri analitiği uygulamalarını kullanmak.
- Çz24: Pazar payını korumak için yenilikçi ürün geliştirme süreçlerini hızlandırmak.
- Çz25: Tedarik zinciri süreçlerini daha rekabetçi hale getirmek için maliyet düşürücü stratejiler.
- Çz26: Müşteri odaklı ürün ve hizmetler sunarak memnuniyeti artırmak.
- Çz27: Dijital lojistik planlama ile rota optimizasyonu yapmak.
- Çz28: Ulaşım maliyetlerini azaltmak için alternatif taşıma yöntemleri geliştirmek.
- Çz29: Yerel depoların ve merkezlerin kullanımını artırmak.
- Çz30: Lojistik süreçlerdeki gecikmeleri önlemek için IoT tabanlı izleme sistemleri.
- Çz31: Tedarik zinciri koordinasyonunu artıracak dijitalleşme çözümleri
- Çz32: Verimli taşıma ve depolama yöntemlerinin uygulanması.

Bağlantılar:

- *Pozitif (Yeşil):* Çözüm önerisinin olumlu etkisi.
- *Negatif (Kırmızı):* Çözüm önerisinin olası riskleri.

NOP kullanımı, otomotiv sektöründeki problemlerin daha derinlemesine analiz edilmesine ve çözümlerin etkilerinin detaylı bir şekilde değerlendirilmesine olanak sağlamıştır. NOP'un sağladığı sistematik yapı, problemlerin sadece çözülmesine değil, aynı zamanda çözüm süreçlerinin daha verimli ve sürdürülebilir olmasına da katkıda bulunmuştur.

Bu yöntem, çalışmayı akademik açıdan zenginleştirmiş ve sektörel uygulamalara rehberlik eden bir model ortaya koymuştur. NOP'un sağladığı geniş perspektif, benzer yapısal zorluklar yaşayan diğer sektörlerde de uygulanabilirliği olan yenilikçi bir çerçeve sunmaktadır.

3.3 Problemin Analizi ve Çelişki Değerlendirmesi

Problemlerin çözümü için çelişkilerden yararlanılır. Çözüm sırasında bir alan zarar görürken diğer alan fayda sağlamaktadır. Otomotiv sektöründeki yedek parça üretimi yapan tedarikçi firma ile ana otomotiv firması arasındaki maliyet ve satış problemleri bağlamında ortaya çıkan çelişkiler detaylı şekilde tanımlanmıştır.

Hammadde kalitesi -maliyet

Çelişki tanımı: Kaliteli hammadde kullanımına geçiş, ürünün dayanımı arttırımı müşteri memnuniyetini artırır. Ancak, bu durum hammadde maliyetlerini arttırmaktadır.

Örnek:

- İthal yüksek kaliteli metal, kumaş veya plastiklerin maliyeti, kur dalgalanmaları nedeniyle yükselmektedir.
- Yerel malzeme kullanımı uygundur ancak müşteri kalite standartlarını uyum sağlamayabilir.

Sonuç: Kalite arttırılması ana sanayinin en önemli hedeflerinden biridir. Ancak bu maliyetlerin sürdürülebilirliğini etkileyecektir.

İşçilik maliyeti -üretim verimliliği

Çelişki tanımı: Üretimde iş gücünün artışı ürün üretim hızını arttıracaktır. Bu durum işçilik maliyetlerinin artması nedeniyle toplam üretim maliyetlerini arttırmaktadır.

Örnek:

- Enflasyon etkisiyle işçilik maliyetlerinde artış.
- İşgücü sayısının artmasıyla üretim süreçleri hızlandırılabilir, ancak bu kârlılığı azaltıcı yönde etkilemektedir.

Sonuç: Maliyet optimizasyonu ile verimlilik artışı çelişmektedir.

Finansman maliyetleri - nakit akışı

Çelişki tanımı: Kredi kullanımları, nakit ihtiyaçları kısa vadede karşılamak ve üretimin sürekliliğini sağlamak için gereklidir. Yüksek faiz oranları ve kur farkı maliyetleri arttırmaktadır.

Örnek:

- Döviz ile borçlanması, kur artışı nedeniyle döviz cinsinden ödeme yükümlülüklerinin arttırır.

Sonuç: Nakit akışını olumsuz etkileyecek olan finansman kaynaklarına bağımlılık.

Üretim yatırımları - ilk maliyet

Çelişki tanımı: Daha verimli üretim süreçleri için yeni ekipman ve teknoloji yatırımları gereklidir. Ancak bu yatırımlar başlangıçta yüksek maliyetler yaratır.

Örnek:

- Üretim hatlarının dijitalleştirilmesi, uzun vadede verimlilik sağlarken, başlangıç maliyeti yüksektir.
- Otomasyon sistemleriyle işçilik maliyetleri azaltılabilir ancak bu yatırımlar sermaye gerektirir.

Sonuç: Verimlilik hedefleri, kısa vadeli maliyet baskısı ile çelişir.

Lojistik hız - maliyet

Çelişki tanımı: Hızlı teslimat, müşteri memnuniyetini artırır. Ancak, ekspres nakliye veya yakın lojistik merkezler kurma maliyetlidir.

Örnek:

- Uzak lokasyonlardan yapılan nakliye, zaman alır ve maliyeti artırır.
- Hızlı teslimatlar için daha fazla araç veya personel kullanımı gerekir.

Sonuç: Teslimat sürelerini kısaltma çabası, lojistik maliyetlerini artırır.

Talep dalgalanmaları - planlama

Çelişki tanımı: Siparişlerdeki dalgalanmalar, tedarikçinin üretim planlamasını zorlaştırır. Fazla üretim stok maliyetlerini artırırken, eksik üretim müşteri memnuniyetini düşürür.

Örnek:

- Ana otomotiv firmasından gelen siparişlerin tahmin edilememesi, tedarikçinin kapasite planlamasını bozar.
- Fazla üretim stoklama maliyetine yol açarken, eksik üretim teslimat gecikmeleri yaratır.

Sonuç: Siparişlere uyum sağlama çabası, stok yönetimi ve maliyet optimizasyonu ile çelişir.

Kalite ve standartlar - üretim hızı

Çelişki tanımı: Kalite standartlarını karşılamak için daha fazla kontrol ve test süreci gerekir. Ancak bu durum üretim hızını düşürür.

Örnek:

- Dayanıklılık ve güvenlik testlerinin üretim süresini uzatması.
- Uluslararası standartlara uyum için yapılan denetimlerin üretim hatlarını yavaşlatması.

Sonuç: Kalite artırma çabası, üretim hızında kayıplara yol açar.

Fiyat baskısı - karlılık

Çelişki tanımı: Ana otomotiv firması, maliyetlerini düşürmek için tedarikçiden düşük fiyat talep eder. Ancak bu durum tedarikçinin kârlılığını azaltır.

Örnek:

- Ana firma, rekabetçi kalmak için daha düşük maliyetlerle ürün satın almak ister.
- Tedarikçi, maliyetlerini karşılamakta zorlanır ve kaliteyi düşürme riski ortaya çıkar.

Sonuç: Düşük fiyat sunma çabası, kâr marjını azaltır ve kaliteyi tehdit eder.

Rekabetçi pazar koşulları - sürdürülebilirlik

Çelişki tanımı: Düşük fiyatlar, rekabet avantajı sağlarken, sürdürülebilir bir iş modeli kurmayı zorlaştırır.

Örnek:

- Rakip tedarikçilerin düşük fiyat politikaları, pazar payını tehdit eder.
- Tedarikçi, rekabet avantajı sağlamak için maliyetleri kısmak zorunda kalır.

Sonuç: Rekabet avantajı çabası, uzun vadeli sürdürülebilirlik hedefleriyle çelişir.

Lojistik ve teslimat gecikmeleri

Çelişki tanımı: Gecikmeleri önlemek için daha hızlı taşıma yöntemleri kullanılabilir, ancak bu durum lojistik maliyetlerini artırır.

Örnek:

- Konteyner taşıma fiyatlarının artması.

- Teslimat süresini kısaltmak için ek maliyetlerle hızlı taşımacılık yöntemlerinin kullanılması.

Sonuç: Teslimat hızını artırma çabası, toplam maliyetleri yükseltir.

3.4 Çelişkilerin Önceliklendirilmesi

Çelişkiler önceliklendirilirken, TRIZ'in 40 yaratıcı prensibinden yararlanılarak yapılabilir. Probleme yönelik sunulan çözümlerin 40 yaratıcı prensipten hangi prensip ile eşleştiği tespit edilmiştir. Bazı prensiplerde 40 yaratıcı prensip kapsamında çözüm sunulmamıştır. Çelişkileri çözmek için dijitalleşme, modüler üretim, yerel kaynak kullanımı gibi stratejileri kullanılabilir.

3.4.1 İdeal çözümler

TRIZ'in "İdeal Sonuç" yaklaşımına göre, ideal çözüm, mevcut kaynaklarla maksimum faydayı sağlayan ve yeni çelişkiler oluşturmeyen çözümdür. Aşağıda her çelişkiye göre ideal çözümler ve çözüm önerileri sunulmuştur.

Hammadde kalitesi -maliyet

İdeal çözüm: Kaliteyi düşürmeden maliyetleri azaltmak için geri dönüşümlü malzemeler ve yerel tedarik kaynakları kullanılır. İthal hammaddelere bağımlılık azaltılır.

Çözüm önerileri:

- Yerel tedarikçilerin araştırılması ve iş birliği (*Prensip 3-yerelleştirme*).
- Geri dönüşüm ve malzeme yenilikçiliği üzerine AR-GE yatırımları (*Prensip 24- üstün malzeme kullanımı*).

Çözüm planı:

- Yerel tedarikçilerle anlaşmalar yapılır.
- Malzeme analizleriyle kalite standartlarını karşılayan alternatifler belirlenir.
- Geri dönüşüm süreçleri optimize edilir.

İşçilik maliyeti - üretim verimliliği

İdeal çözüm: Otomasyon ve dijitalleşme ile işçilik maliyetlerini azaltırken üretim verimliliği artırılır.

Çözüm önerileri:

- Üretim hatlarında robotik sistemlerin devreye alınması (*Prensip 15*-dinamik yapı).
- Eğitim programları ile iş gücünün dijital üretim süreçlerine uyumunun sağlanması (*Prensip 10*- ön yapılandırma).

Çözüm planı:

- Otomasyon sistemlerine yatırım için fizibilite çalışması yapılır.
- Çalışanlar için dijital beceri eğitimleri planlanır.
- Manuel süreçler kademeli olarak otomatikleştirilir.

Finansman maliyetleri - nakit akışı

İdeal çözüm: Faiz oranlarının etkisini minimize eden alternatif finansman araçları kullanılır. Döviz kuru riskine karşı koruma yöntemleri (hedging) uygulanır.

Çözüm önerileri:

- Sabit faizli krediler veya finansal kiralama (leasing) yöntemlerinin kullanılması (40 yaratıcı prensiple eşleşmiyor).
- Kur farkı riskini azaltmak için döviz pozisyonu koruma stratejileri kullanımı (*Prensip 40*- etkili kullanım).

Çözüm planı:

- Sabit faizli kredi anlaşmaları yapılır.
- Döviz borçları için türev finansal araçlar kullanılır.
- Devlet teşvikleri ve düşük faizli kredilerden yararlanılır.

Üretim yatırımları - ilk maliyet

İdeal çözüm: Modüler üretim hatları ile düşük başlangıç maliyetleriyle üretim esnekliği sağlanır. Yeni yatırımlar uzun vadeli maliyet avantajı sağlar.

Çözüm önerileri:

- Modüler ve esnek üretim hatlarının kurulması (*Prensip 15*- dinamik yapı).
- İlk yatırım maliyetlerini düşürmek için kiralama (leasing) kullanımı (40 yaratıcı prensiple eşleşmiyor).

Çözüm planı:

- Üretim kapasitesi ve modüler sistem ihtiyaçları analiz edilir.

- Gerekli ekipmanlar leasing yöntemiyle temin edilir.
- Modüler hatlar kademeli olarak devreye alınır.

Lojistik hız - maliyet

İdeal çözüm: Bölgesel lojistik merkezleri ile teslimat hızını artırırken maliyetler optimize edilir.

Çözüm önerileri:

- Ana otomotiv firmasına yakın lojistik depolar kurulması (*Prensip 15-dinamik yapı*).
- Taşıma sırasında çoklu taşıma modlarının (kara, deniz) kullanımı (*Prensip 38-kombinasyon ve prensip 20- sürekli hareket*).

Çözüm planı:

- Lojistik haritalama yapılarak maliyetli bölgeler tespit edilir.
- Yakın lokasyonlarda depo alanları araştırılır.
- Çoklu taşıma modları için iş ortakları belirlenir.

Talep dalgalanmaları - planlama

İdeal çözüm: Yapay zeka ve veri analitiği ile sipariş tahmin doğruluğu artırılır. Esnek üretim hatları talep değişikliklerine uyum sağlar.

Çözüm önerileri:

- Talep tahmininde veri analitiği ve yapay zeka kullanımı (*Prensip 21- hızlı hareket*).
- Üretim hatlarının esnek hale getirilmesi (*Prensip 15- dinamik yapı*).

Çözüm planı:

- Veri toplama süreçleri dijitalleştirilir.
- Yapay zeka tabanlı talep tahmin yazılımları entegre edilir.
- Üretim kapasitesi artırmak için modüler sistemler uygulanır.

Kalite ve standartlar - üretim hızı

İdeal çözüm: Dijital kalite kontrol sistemleri ile kaliteyi korurken üretim hızını artırmak.

Çözüm önerileri:

- IoT ve yapay zeka destekli kalite kontrol cihazları (*Prensip 15- dinamik yapı*).
- Kalite standartlarının otomatik ölçüm sistemlerine entegre edilmesi (*Prensip 12- eşit performanslı yedekleme*).

Çözüm planı:

- IoT ve yapay zeka tabanlı kalite kontrol ekipmanlarına yatırım yapılır.
- Mevcut kalite kontrol süreçleri dijital hale getirilir.
- Kalite kontrol yazılımları üretim hattına entegre edilir.

Fiyat baskısı - karlılık

İdeal çözüm: Müşteri ile maliyet paylaşımı odaklı iş birliği anlaşmaları yapılır. Uzun vadeli anlaşmalar ile fiyat dalgalanmaları minimize edilir.

Çözüm önerileri:

- Ana otomotiv firması ile maliyet paylaşımı esasına dayalı sözleşmeler (*Prensip 5- birleştirme*).
- Uzun vadeli fiyat sabitleme politikaları (40 yaratıcı prensiple eşleşmiyor).

Çözüm planı:

- Ana firma ile maliyet paylaşımı için görüşmeler başlatılır.
- Uzun vadeli fiyat anlaşmaları imzalanır.
- Fiyat sabitleme süreçleri için analiz yapılır.

Rekabetçi pazar koşulları - sürdürülebilirlik

İdeal çözüm: Düşük maliyetlerle rekabet sağlarken çevresel sürdürülebilirliği destekleyen üretim modelleri.

Çözüm önerileri:

- Geri dönüşüm süreçlerini artırarak maliyetlerin düşürülmesi (*Prensip 24- üstün malzeme kullanımı*).
- Sürdürülebilir enerji kaynaklarına yönelim (*Prensip 33- dayanıklılığı artırma*).

Çözüm planı:

- Geri dönüşüm malzeme tedarikçileriyle anlaşmalar yapılır.
- Yenilenebilir enerji kaynakları üretim tesislerinde devreye alınır.

3.5 Çözüm Matrisi

Çelişkiler ve ideal çözümler ile çözüm matrisi sunulmuştur. Bu matris, her bir çelişki için uygun çözüm önerilerini ve uygulanabilecek stratejileri sistematik bir şekilde göstermektedir (Çizelge 3.2).

Çözüm matrisi, ekip üyeleri tarafından yürütülen analizlerin çıktıları doğrultusunda yapılandırılmış problem türü, çelişki alanı, ideal sonuç tanımı, çözüm önerisi ve uygulanabilirlik derecesi gibi başlıklardan oluşan çok boyutlu bir yapı olarak tasarlanmıştır.

Çizelge 3.2 : Çelişki, çözüm önerisi ve uygulama stratejileri.

Çelişki	Çözüm Önerisi	Uygulama Stratejisi
Hammadde Kalitesi vs. Maliyet	Geri dönüşümlü malzeme kullanımı.	Yerel tedarikçilerden tedarik sağlamak ve geri dönüşüm süreçlerini optimize etmek.
	Yerel tedarik kaynaklarının kullanımı.	Alternatif yerel malzemeler için kalite analizleri yapmak.
	Malzeme yenilikçiliği için AR-GE yatırımları.	Yenilikçi malzemeler geliştirmek için araştırma projeleri başlatmak.
İşçilik Maliyeti vs. Verimlilik	Otomasyon ve dijitalleşme ile iş gücü maliyetlerinin azaltılması.	Üretim hatlarında robotik sistemlerin devreye alınması
	İş gücünün dijital üretim süreçlerine uyumunun sağlanması.	Çalışanlar için dijital beceri eğitimleri düzenlemek
Finansman Maliyetleri vs. Süreklilik	Sabit faizli krediler veya finansal kiralama (leasing) yöntemlerinin kullanılması.	Bankalarla sabit faizli kredi anlaşmaları yapmak ve leasing seçeneklerini değerlendirmek.
	Kur farkı riskini azaltmak için döviz pozisyonu koruma stratejileri kullanımı.	Döviz pozisyonları için türev finansal araçlar kullanmak.
	Devlet teşviklerinden yararlanma.	Devlet teşvikleri ve düşük faizli kredi programlarına başvurmak.

Çizelge 3.2 (devam): Çelişki, çözüm önerisi ve uygulama stratejileri.

Çelişki	Çözüm Önerisi	Uygulama Stratejisi
Üretim Yatırımları vs. İlk Maliyet	Modüler üretim hatları ile esnek ve düşük maliyetli üretim. İlk yatırım maliyetlerini düşürmek için kiralama (leasing) kullanımı.	Üretim hatlarında modüler sistemler kurarak uzun vadeli maliyet avantajı sağlamak. Yatırımlar için finansman alternatiflerini analiz ederek uygun leasing seçeneklerini kullanmak.
Lojistik Hız vs. Maliyet	Bölgesel lojistik merkezleri ile teslimat hızının artırılması. Çoklu taşıma modlarının (kara, deniz) kullanımı.	Ana müşterilere yakın bölgelerde lojistik merkezleri kurmak. Nakliye süreçlerinde hem maliyet hem hız avantajı sağlayacak taşıma yöntemlerini entegre etmek.
Talep Dalgalanmaları vs. Planlama	Yapay zeka ve veri analitiği ile talep tahmin doğruluğunu artırma. Üretim hatlarının esnek hale getirilmesi.	Talep tahmin yazılımlarını entegre ederek sipariş planlama süreçlerini optimize etmek. Modüler ve esnek üretim hatlarının uygulanması.
Kalite ve Standartlar vs. Üretim Hızı	Dijital kalite kontrol sistemleri ile kaliteyi korurken hızın artırılması. Kalite standartlarının otomatik ölçüm sistemlerine entegre edilmesi.	IoT ve yapay zeka destekli kalite kontrol cihazlarının üretim hatlarına entegre edilmesi. Otomatik kalite kontrol sistemleri için yazılım ve donanım yatırımları yapılması.
Fiyat Baskısı vs. Kârlılık	Uzun vadeli iş birliği ve maliyet paylaşımı odaklı sözleşmeler. Fiyat sabitleme politikalarının uygulanması.	Müşteriyle uzun vadeli fiyat anlaşmaları yapmak. Fiyat dalgalanmalarını kontrol etmek için sabit fiyat politikasını müşteriye sunmak.

Çizelge 3.2 (devam): Çelişki, çözüm önerisi ve uygulama stratejileri.

Çelişki	Çözüm Önerisi	Uygulama Stratejisi
Rekabetçi Pazar Koşulları vs. Sürdürülebilirlik	Geri dönüşüm süreçlerini artırarak maliyetlerin düşürülmesi. Yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş.	Atık malzemelerin geri dönüştürülmesi ve sürdürülebilir üretim uygulamaları. Üretim tesislerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının devreye alınması.

3.6 Genel Uygulama Planı

Analiz ve önceliklendirme:

Çelişkiler ve çözüm önerileri arasından işletmenin mevcut ihtiyaçlarına en uygun çözümler belirlenir.

Finansal, operasyonel ve rekabet avantajları göz önüne alınarak çözüm önerileri önceliklendirilir.

Pilot uygulama:

Her çözüm önerisi, belirli bir süreçte veya birim düzeyinde test edilir.

Pilot uygulama sonuçları analiz edilerek iyileştirme yapılır.

Tam uygulama ve entegrasyon:

Başarılı pilot uygulamalar, tüm süreçlere entegre edilir.

Teknoloji yatırımları, personel eğitimi ve müşteri ilişkileri süreçleri optimize edilir.

İzleme ve sürekli iyileştirme:

Çözüm uygulamalarının performansı düzenli olarak izlenir.

Yeni ekonomik veya operasyonel koşullara uygun iyileştirmeler yapılır.

Bu matris, problemlerin sistematik çözümüne yönelik bir çerçeve sunmaktadır.

3.6.1 Matrisinin oluşturulması

İlk olarak, çözüm matrisindeki her bir çelişki için üç önemli parametreyi belirlenmiştir:

- *Fayda (5 üzerinden):* Çözümün sağlayacağı potansiyel fayda. Örneğin, iş gücü maliyetlerini düşürmek, üretim hızını artırmak veya sürdürülebilirlik hedeflerine katkıda bulunmak gibi.
- *Maliyet (5 üzerinden, düşük daha iyi):* Çözümün uygulanması için gereken maliyet. Örneğin, yeni sistemler kurma, teknolojik yatırımlar veya lojistik süreçlerin yeniden yapılandırılması maliyetleri.
- *Uygulanabilirlik (5 üzerinden):* Çözümün teknik ve pratik olarak uygulanabilirliği. Örneğin, mevcut altyapıya uygunluk veya gereken kaynakların bulunabilirliği.

Bu parametreler, her bir çelişki için tahmin edilen değerlere dayalı olarak bir tablo halinde düzenlendi.

3.6.2 Çözümün puanlanması

Çözümleri karşılaştırmak için bir puanlama sistemi kullanıldı. Her çelişki için toplam bir puan hesaplandı (4.1):

$$\text{Toplam Puan} = \text{Fayda} + \text{Uygulanabilirlik} - \text{Maliyet} \quad (4.1)$$

- *Fayda:* Çözümün ne kadar yararlı olduğu. Örneğin, "İşçilik Maliyeti vs. Verimlilik" için otomasyon ve dijitalleşmenin sağlayacağı fayda yüksek olduğu için 5 puan verilmiştir.
- *Maliyet:* Düşük maliyetli çözümler tercih edilir. Örneğin, dijitalleşme ve otomasyon maliyeti görece düşük olduğu için 2 puan verilmiştir.
- *Uygulanabilirlik:* Çözümün gerçek dünyada uygulanabilirliği. Örneğin, robotik sistemlerin uygulanabilirliği yüksek olduğu için 5 puan verilmiştir.

Puanlar 5 üzerinden otomotiv sektöründe çalışan maliyet, kalite ve satış ekipleri ile değerlendirilmiştir. Toplam puan ve idealite formülüne göre puanlar toplandı ve maliyet negatif bir değer olarak çıkarılarak en yüksek puanı alan çözümler önceliklendirildi.

3.6.3 Sonuçların sıralanması

Çözümler, "Toplam Puan" değerine göre sıralandı. En yüksek puanı alan çözümler:

- İşçilik Maliyeti vs. Verimlilik (*Toplam Puan: 8, İdealite: 2.50*)
- Kalite ve Standartlar vs. Üretim Hızı (*Toplam Puan: 8, İdealite: 2.50*)

Bu iki çelişki, fayda, uygulanabilirlik ve maliyet dengesi açısından en uygun çözümler olarak belirlendi (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3: Çelişki puanlanması.

Çelişki	Fayda	Maliyet	Uygulanabilirlik	Zararlar (5-Uyg.)	Toplam Puan	İdealite
Hammadde Kalitesi vs. Maliyet	4	3	4	1	5	1
İşçilik Maliyeti vs. Verimlilik	5	2	5	0	8	2.50
Finansman Maliyetleri vs. Süreklilik	3	4	3	2	2	0.50
Üretim Yatırımları vs. İlk Maliyet	4	3	4	1	5	1
Lojistik Hız vs. Maliyet	3	3	4	1	4	0.75
Talep Dalgalanmaları vs. Planlama	4	3	4	1	5	1
Kalite ve Standartlar vs. Üretim Hızı	5	2	5	0	8	2.50
Fiyat Baskısı vs. Kârlılık	3	3	4	1	4	0.75
Rekabetçi Pazar Koşulları vs. Sürdürülebilirlik	5	4	5	0	6	1.25

3.6.4 Seçilen çözümlerin incelenmesi

İşçilik maliyeti vs. verimlilik:

- *Çözüm önerisi:* Otomasyon ve dijitalleşme ile iş gücü maliyetlerinin azaltılması.
- *Uygulama stratejisi:* Üretim hatlarında robotik sistemlerin devreye alınması ve çalışanların dijital becerilerinin artırılması.
- *Faydası:* İş gücü maliyetlerini düşürerek verimliliği artırır. Aynı zamanda uzun vadeli bir yatırım getirisi sunar.

Kalite ve standartlar vs. üretim hızı:

- *Çözüm önerisi:* Dijital kalite kontrol sistemleri ile kaliteyi korurken hızın artırılması.
- *Uygulama stratejisi:* IoT ve yapay zeka destekli kalite kontrol cihazlarının üretim hatlarına entegre edilmesi.
- *Faydası:* Hem kalite standartlarının korunmasını sağlar hem de üretim hızını artırır.

3.6.5 En uygun çözümün belirlenmesi

İki çözüm arasında bir seçim yapmak gerekirse:

- "İşçilik Maliyeti vs. verimlilik" çelişkisi, hem uygulanabilirliği yüksek hem de maliyeti düşük olduğundan ilk tercih olarak önerilebilir. Bu çözüm, dijitalleşme ve otomasyonun kolayca uygulanabileceği süreçlerde özellikle etkilidir.
- Eğer kalite veya üretim hızını artırmak daha kritikse, "Kalite ve standartlar vs. üretim hızı" çelişkisi ikinci tercih olabilir.

3.6.6 Pilot uygulama

Pilot uygulama, çözüm önerisinin küçük ölçekte test edilmesini ve sonuçların değerlendirilmesini içerir. İşçilik maliyetlerini azaltırken verimliliği artırma hedefiyle adımlar belirlenir. Pilot alan seçiminde üretim hattı veya bir süreç seçilir. Bu alan, uygulamanın etkisini kolayca ölçebileceğiniz, iş gücü maliyetlerinin yüksek olduğu ve dijitalleşmeye uygun bir alan olmalıdır.

Otomasyon ve dijitalleşme araçların tespit edilmesi süreç için oldukça önemlidir bu araçlar robotik sistemler, otomatik montaj hatları veya taşıma sistemleri gibi otomasyon temelli araçlar olduğu gibi, IoT cihazları ve üretim yönetim yazılımları gibi dijitalleşme temelli araçlarda olabilir. Bu araçlar belirlenirken çalışanların iş yükünü azaltacak ve tekrarlı görevleri üstlenecek teknolojiler uygulanır.

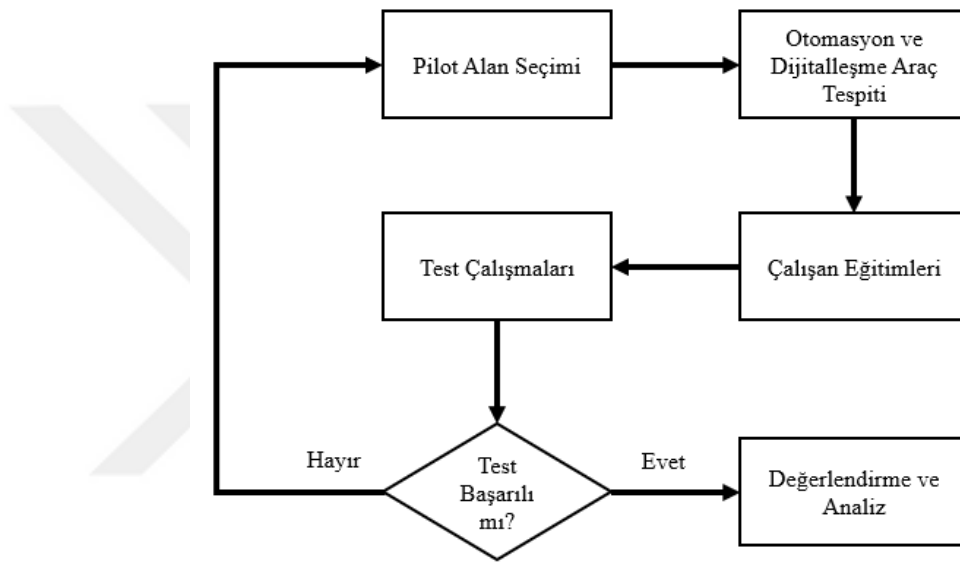
Araçlar tespit edildikten sonra çalışan eğitimleri planlanmaktadır. Dijital üretim araçlarını nasıl kullanacakları öğretilir. Bu, dijitalleşmeye geçiş sürecini kolaylaştırır ve direnç riskini azaltır.

Yeni sistem birkaç hafta boyunca test edilir. Verimlilik, işçilik maliyetleri ve hataları ölçmek için KPI'lar (anahtar performans göstergeleri) belirlenir.

Örnek KPI'lar:

- İşçilik maliyetlerindeki azalma oranı.
- Ürün hata oranındaki düşüş.
- Süreç verimliliği (%).

KPI değerlendirme sonuçlarına göre pilot uygulamanın sonuçları değerlendirilir. Verimlilik artışı ve maliyet tasarrufu sağlanıp sağlanmadığı analiz edilir. Test başarılı olmadığı durumda yeni bir pilot alan seçimine gidilmektedir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Pilot uygulama

Bu çalışma kapsamında otomotiv sektöründe dijitalleşme ve otomasyonun etkili şekilde test edilmesi amacıyla montaj hattı pilot uygulama alanı olarak seçilir. Bu alan, yoğun iş gücü gerektirmesi ve tekrarlayan işlemlerin fazlalığı nedeniyle dijital dönüşüme oldukça uygundur. Süreçte cıvata sıkma, parça taşıma ve montaj gibi görevlerin daha verimli hale getirilmesi için robotik kollar, otomatik tork anahtarları, AGV (otonom taşıyıcılar) ve IoT sensörleri gibi teknolojiler tercih edilir. Bu sistemlerin devreye alınmasından önce çalışanlara kapsamlı eğitimler verilir böylece teknolojilere olan adaptasyon artırılır ve direnç en aza indirilir.

Pilot uygulama, birkaç hafta boyunca aktif üretim ortamında test edilir. Bu süre zarfında KPI'lar izlenir. Bu KPI'lar:

İşçilik süresi (dk/ürün): Bir ürünün tamamlanması için harcanan ortalama iş gücü süresi. Dijitalleşmeyle bu sürenin azalması beklenir ve ölçüm sonuçlarına göre %40 iyileşme gözlemlenmiştir.

- Dijitalleşme öncesi: $1.000 \text{ dk} / 100 \text{ ürün} = 10 \text{ dk/ürün}$
- Dijitalleşme sonrası: $600 \text{ dk} / 100 \text{ ürün} = 6 \text{ dk/ürün}$

Üretim hızı (adet/saat): Belirli bir zaman diliminde üretilen ürün adedi. Otomasyonun üretim hızını artırıp artırmadığı gözlemlenir ve ölçüm sonuçlarına göre %50 artış mevcuttur.

- Öncesi: $80 \text{ ürün} / 8 \text{ saat} = 10 \text{ adet/saat}$
- Sonrası: $120 \text{ ürün} / 8 \text{ saat} = 15 \text{ adet/saat}$

Makine kullanım oranı (%): Otomasyon sistemlerinin ne kadar süre aktif çalıştığı ve boşta kalma süreleri değerlendirilir ve aktif çalışma süresinde %40 artış mevcuttur.

- Öncesi: $5 \text{ saat aktif} / 8 \text{ saat üretim} = \%62.5$
- Sonrası: $7 \text{ saat aktif} / 8 \text{ saat üretim} = \%87.5$

Ürün hata oranı (%): Toplam üretim içinde kalite standartlarına uymayan ürünlerin oranı. Otomatik sistemlerle bu oran %66 hata azalması ile sonuçlanmıştır.

- Öncesi: $12 \text{ hatalı} / 100 \text{ ürün} = \%12$
- Sonrası: $4 \text{ hatalı} / 100 \text{ ürün} = \%4$

Test sonuçları olumlu olduğundan, sistemin kalıcı olarak devreye alınması ve diğer hatlara yaygınlaştırılması yönünde adımlar atılır.

3.6.7 Tam uygulama

Pilot uygulama başarıyla sonuçlandıktan sonra, çözümün tüm operasyonel süreçlere genişletilmesi planlanır.

3.6.7.1 Tüm süreçlerin haritalandırılması

Pilot uygulamanın ardından tam dijital dönüşüme geçebilmek için tüm üretim süreçlerinin uçtan uca haritalandırılması gereklidir. Bu kapsamda, parça tedarikinden montaj hatlarına, kalite kontrolden sevkiyata kadar tüm makro süreçler belirlenir ve her birinin alt adımları detaylı şekilde iş akışlarıyla tanımlanır. Süreçlerde hangi dijital

araçların (IoT, MES, ERP, RPA vb.) entegre edileceği netleştirilir, sorumluluklar ve yetkiler atanır. Böylece dijitalleşme yalnızca teknolojik değil, aynı zamanda süreçsel bir dönüşüm olarak sistematik ve sürdürülebilir şekilde hayata geçirilir.

Örneğin, depo yönetimi, kalite kontrol veya montaj hatları.

3.6.7.2 Teknolojik yatırımların ölçeklendirilmesi

Pilot uygulamada kullanılan sistemlerin ölçeği büyütülür. Daha fazla robotik sistem, sensör veya yazılım modülü devreye alınır. Bu aşamada, test sürecinde elde edilen performans verileri temel alınarak ihtiyaç duyulan ekipman, yazılım ve altyapı yatırımları netleştirilir, maliyet-etkinlik analizi yapılır ve tedarik planlaması oluşturulur.

3.6.7.3 Çalışan dönüşümü ve rol dağılımı

Otomasyondan etkilenen çalışanların yeni rollere geçişi sağlanır. Örneğin, manuel iş yapan çalışanlar denetim, kontrol veya sistem operasyon rollerine kaydırılır. Çalışanlara sürekli eğitimler verilir. Eğitim programları düzenli hale getirilir.

3.6.7.4 Süreç entegrasyonu

Dijitalleşen süreçler birbirine entegre edilir. Örneğin, üretim yönetim yazılımı (ERP) ile kalite kontrol sistemleri senkronize edilir.

3.6.7.5 Finansal ve operasyonel izleme

Teknolojik yatırımların geri dönüş oranı (ROI) hesaplanır (3.2). Bunun yanında, otomasyonun üretim hızına ve hata oranlarına etkisi ölçülür.

$$ROI = \frac{\text{Yatırımdan Elde Edilen Kar}}{\text{Yatırım Maliyeti}} \times 100 \quad (3.2)$$

Pilot uygulama onaylandıktan sonra tam uygulama kapsamında bu projelerin 5 hatta yapılması planlanmaktadır. Her hat için otomatik tork sistemleri, AGV, IoT sensörleri, yazılım lisansları ve eğitim gerekliliği mevcuttur.

- Donanım ve yazılım (5 hat × 550.000₺) = 2.750.000 ₺
- Ek eğitim ve sistem entegrasyon giderleri = 250.000 ₺

- Toplam Yatırım =3.000.000 ₺

Bu yatırımlar kapsamında sağlanan toplam kazanç yatırımların geri dönüş oranını hesaplamak için gereklidir.

- İşçilik maliyeti tasarrufu = 1.500.000 ₺
- Hatalı ürün azalışı ile kazanç = 500.000 ₺
- Verimlilik artışı ile ek üretim geliri = 1.200.000 ₺
- Toplam Yıllık Kazanç =3.200.000 ₺

$$ROI = \frac{3.200.000 - 3.000.000}{3.000.000} \times 100 = 6,67\%$$

Tam uygulama kapsamında 3 milyon TL’lik yatırım yapılarak, yılda 3,2 milyon TL kazanç sağlanması beklenmektedir. Bu da yaklaşık %6,67 ROI anlamına gelir. Bu oran ilk yıl içinde yatırımın büyük kısmının geri kazanıldığını, takip eden yıllarda ise doğrudan kâra geçileceğini gösterir.

3.6.8 İzleme ve değerlendirme

Tam uygulama sonrasında izleme daha geniş kapsamlı, veri odaklı ve sistematik bir yapıya oturtulur. Tüm üretim hatlarında entegre edilen dijital ve otomasyon sistemlerinden elde edilen veriler, merkezi bir Üretim Yürütme Sistemi (MES) veya ERP platformu aracılığıyla anlık olarak izlenir.

3.6.8.1 Performans göstergelerinin takibi

Pilot uygulamada belirlenmiş ve test edilmiş olan performans göstergeleri tam uygulamaya geçiş yapıldığında düzenli olarak test edilir. Verimlilik, işçilik maliyetleri, üretim hızı, makine kullanım oranı ve hata oranları ölçülür. KPI’lar gözden geçirilir. Belirlenen KPI’lar tüm birimler için standart hale getirilir ve bu göstergeler aylık/çeyreklik performans raporlarına yansıtılır. KPI’ların takibi yapılır ve buna yönelik aksiyonlar geliştirilir.

3.6.8.2 Çalışan geri bildirimi

Çalışanların otomasyon sistemlerine adaptasyonu düzenli olarak değerlendirilir. Sistemsel izleme dışında, saha gözlemleri, denetimler ve çalışan geri bildirimleriyle birlikte teknolojinin iş süreçlerine etkisi çok boyutlu değerlendirilir. Eğitim

programları ve destek hizmetleri sunularak çalışanların sisteme entegrasyonu güçlendirilir.

3.6.8.3 Sorunların tespiti ve çözümü

Otomasyon sistemlerinde yaşanan sorunlar için teknik destek ekibi oluşturulur. Sistemlerdeki aksaklıkların giderilmesi için hızlı bir bakım ve iyileştirme planı uygulanır.

Örneğin, beklenmedik duruşlar, hata oranlarında artış veya verimlilikte düşüş gibi göstergeler, potansiyel sorunlara işaret eder. Bu tür durumlarda, sorun kaynakları hızla analiz edilir ve gerekirse sahada gözlem yapılır, sistem logları incelenir ve ilgili ekiplerle teknik değerlendirme gerçekleştirilir.

3.6.8.4 Geliştirme ve yatırım planları

İleriye dönük iyileştirme fırsatları belirlenir. Daha ileri otomasyon teknolojilerine geçiş yapılabilir. . Tam uygulamanın ardından elde edilen performans verileri ve geri bildirimler doğrultusunda mevcut sistemlerin ölçeklendirilmesi, ileri düzey otomasyon çözümlerinin entegrasyonu (örneğin yapay zekâ destekli kalite kontrol, ileri veri analitiği) ve üretim süreçlerinde daha fazla dijitalleşme hedeflenir.

Örneğin, yapay zeka tabanlı tahmin sistemleri veya tam otonom üretim hatları.

3.6.8.5 Düzenli raporlama

Yönetim ekibine düzenli raporlar sunularak uygulamanın etkinliği ve yatırımların geri dönüşü değerlendirilir. Bu adımları takip ederek, otomasyon ve dijitalleşme süreci başarılı bir şekilde planlanabilir ve uygulanabilir. İzleme aşaması sayesinde sistemin performansı sürekli optimize edilebilir ve yatırımların geri dönüşü en üst düzeye çıkarılabilir.

4. ÖNERİLER

OTSM-TRIZ yaklaşımının otomotiv sektöründeki maliyet, kalite ve satış çelişkileri temelinde uygulanması, literatürde eksik kalan sektörel çözüm örneklerine yönelik önemli bir açılım sunmaktadır. Bu nedenle, gelecekte yapılacak araştırmalarda, farklı alt sektörlerde (örneğin üretim planlama, tedarik zinciri, satış sonrası hizmetler) karşılaşılan çelişkilerin OTSM-TRIZ ile çözümüne yönelik analizlerin yapılması önerilmektedir. Bu tür çalışmalar yöntemin sektörel bağlamda yaygınlaştırılması ve literatürdeki uygulama boşluğunun giderilmesine katkı sağlayacaktır.

Ayrıca, OTSM-TRIZ yaklaşımının daha geniş ölçekte test edilerek, dijital karar destek sistemlerine entegre edilmesi önerilmektedir. Özellikle yapay zeka destekli analiz araçlarıyla birlikte kullanıldığında OTSM-TRIZ'in sunduğu çözüm önerilerinin hem hız hem de doğruluk açısından güçlendirilebileceği düşünülmektedir. Bu bağlamda geliştirilecek modeller hem akademik literatürde yöntemsel yenilikler sunacak hem de endüstriyel uygulamalarda somut faydalar yaratacaktır. Böylece sistematik problem çözümüne dair mevcut yaklaşımlar zenginleştirilmiş olacaktır.

Son olarak, literatürde sınırlı kalan OTSM-TRIZ'in teorik boyutuyla pratik uygulamalar arasındaki ilişkiyi güçlendirecek karşılaştırmalı çalışmaların yapılması önem arz etmektedir. Örneğin, TRIZ, AHP ve QFD gibi yaygın kullanılan problem çözme yöntemleriyle OTSM-TRIZ'in karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi, bu yöntemin kuramsal temelleri, uygulama alanları ve çözüm derinliği açısından güçlü ve sınırlı yönlerinin daha açık biçimde ortaya konmasını sağlayacaktır. Bu tür karşılaştırmalı analizler araştırmacılara yöntem seçiminde yapılandırılmış bir rehberlik sunmanın yanı sıra, literatürde yöntemler arası entegrasyona dayalı bütünleşik çözüm modellerinin geliştirilmesine de önemli katkılar sağlayacaktır.

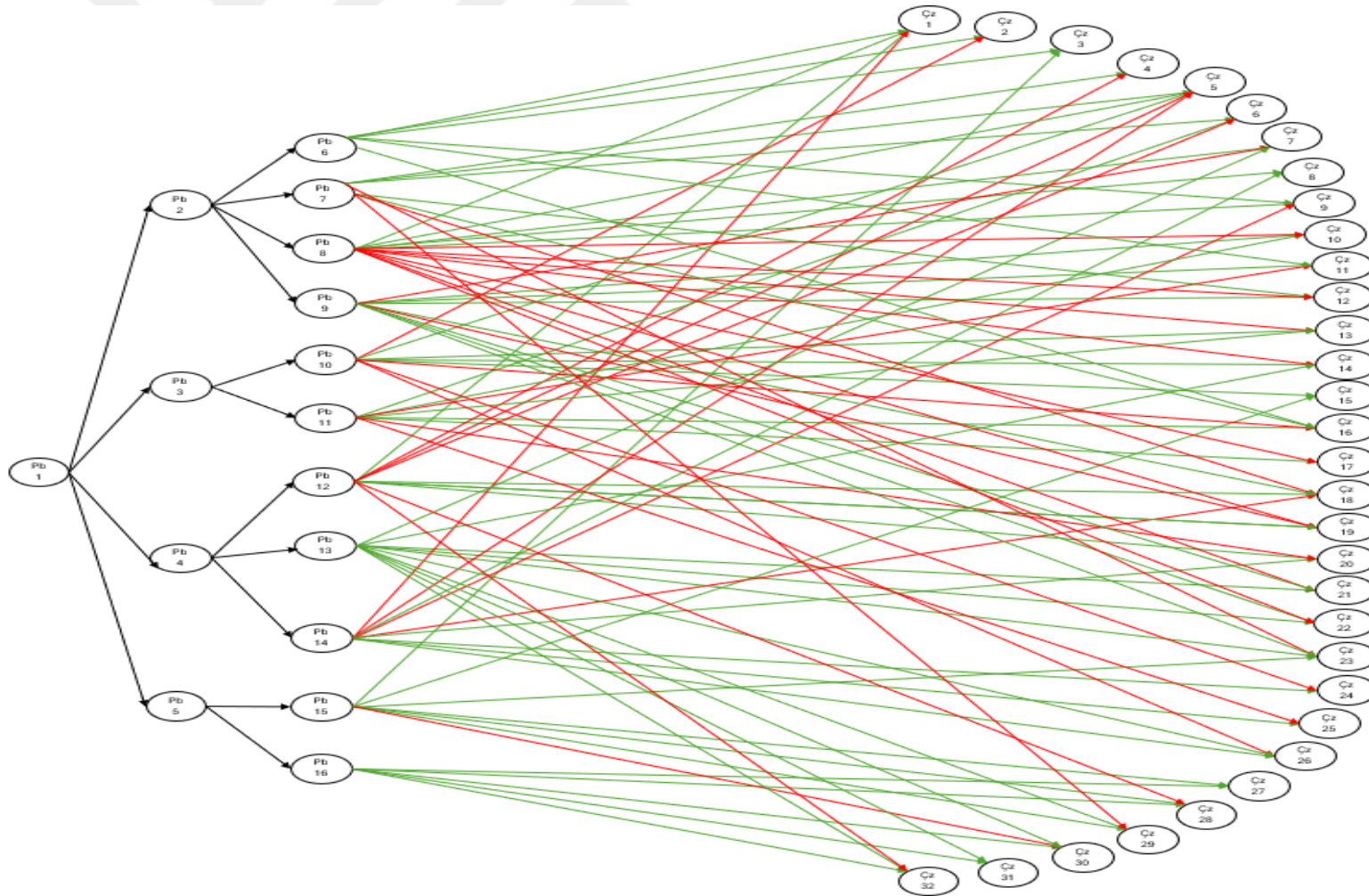
5. SONUÇ

Bu çalışma, otomotiv sektöründe yedek parça üreticileri ile ana otomotiv firmaları arasındaki maliyet ve satış odaklı problemlerin derinlemesine analiz edilmesini ve bu problemlere yönelik sistematik çözüm önerilerinin geliştirilmesini amaçlamıştır. Artan maliyetler, değişken piyasa koşulları ve kalite standartlarına uyum gibi sorunlar, hem tedarikçi hem de ana sanayi açısından sürdürülebilir bir iş modelinin oluşturulmasını zorlaştırmaktadır. Çalışma kapsamında, bu sorunların teknik ve ekonomik çelişkiler temelinde incelenmesi ve TRIZ metodolojisine dayalı ideal çözümlerin sunulması, çözümlerin TRIZ'in 40 Yaratıcı Prensipleri ile eşleştirilerek sürecin daha verimli ve stratejik bir şekilde ele alınmasını sağlamıştır.

Problemler, maliyet ve satış süreçleri açısından sınıflandırılmış ve bu süreçlerdeki çelişkiler detaylı bir şekilde tanımlanmıştır. Örneğin, "kaliteyi artırma" hedefi ile "maliyetleri düşürme" çabası arasındaki çelişki, sektörde sıkça karşılaşılan bir problem olarak ele alınmış ve geri dönüşümlü malzeme kullanımı, otomasyon yatırımları ve dijital kalite kontrol sistemlerinin entegrasyonu gibi çözüm önerileri sunulmuştur. Ayrıca, sipariş dalgalanmaları, lojistik maliyetler ve finansman zorlukları gibi diğer sorunlar için de yapay zeka tabanlı tahmin modelleri, bölgesel lojistik merkezleri ve sabit faizli finansman modelleri gibi stratejik yaklaşımlar önerilmiştir.

Bu bağlamda, çalışma, hem otomotiv sektöründeki firmalar için pratik uygulanabilir çözüm yolları sunmuş hem de sistematik problem çözme yöntemlerinin bu tür karmaşık süreçlere nasıl entegre edilebileceğini göstermiştir. Bu çalışma, sektörel problemlerin çözümüne katkı sağlamayı ve daha verimli, rekabetçi ve sürdürülebilir iş modelleri oluşturmayı hedeflemiştir.

OTSM-TRIZ yaklaşımını kullanarak otomotiv sektöründe maliyet, kalite ve satış problemlerini bütüncül şekilde ele alan çalışmalar literatürde oldukça sınırlıdır. Bu çalışma ise çoklu çelişkileri sistematik olarak analiz etmesi ve satış performansını teknik problem çözme yöntemleriyle ilişkilendirmesiyle özgün bir katkı sunmaktadır.



Şekil 5.1: Problem çözüm akış ağı

KAYNAKLAR

- Altshuller, G. S.** (1984). *Creativity as an exact science*. Gordon and Breach.
- Altshuller, G. S.** (1999). *The Innovation Algorithm: TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity*. Technical Innovation Center, Inc.
- Ang, M. C., Ng, K. W., Cher, D. T.** (2015). Verifying innovative solutions of TRIZ engineering contradiction matrix using Substance-Field Analysis in manufacturing. *Applied Mechanics and Materials*, 761, 196–201. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.761.196>
- Becattini, N., Cascini, G., Rotini, F.** (2015). OTSM-TRIZ Network of Problems for Evaluating the Design Skills of Engineering Students. *Procedia Engineering*, 131, 689–700. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.12.356>
- Canbulut, F., Demitras, B.** (2019). Using TRIZ and brainstorming in design: With the case study of a bed base scissors lift system. *GU Journal of Science Part C*, 7(3), 614-626.
- Cavallucci, D., Khomenko, N.** (2007). From TRIZ to OTSM-TRIZ: Addressing complexity challenges in inventive design. *HAL Science*. Retrieved from <https://hal.science/hal-00686768>
- Chechurin, L., Borgianni, Y.** (2016). Understanding TRIZ through the review of top-cited publications. *Computers in Industry*, 82, 119–134. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.06.002>
- Chopra, S., Meindl, P.** (2019). *Supply chain management: Strategy, planning, and operation* (7th ed.). Pearson.
- Christopher, M.** (2016). *Logistics and supply chain management* (5th ed.). Pearson.
- Davide, R., Duci, S.** (2015). How to exploit Standard Solutions in problem definition. *Procedia Engineering*, 131, 951-962.
- Ekmekci, I., Nebati, E. E.** (2019). TRIZ Methodology and Applications. *Procedia Computer Science*, 158, 303–315. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.056>
- García-Manilla, H. D., Delgado-Maciel, J., Tlapa-Mendoza, D., Báez-López, Y. A., Riverda-Cadavid, L.** (2019). Integration of design thinking and TRIZ theory to assist a user in the formulation of an innovation project. *Managing Innovation in Highly Restrictive Environments: Lessons from Latin America and Emerging Markets*, 303-327.
- Ghane, M., Ang, M. C., Cavallucci, D., Kadir, R. A., Ng, K. W., Sorooshian, S.** (2024). Semantic TRIZ feasibility in technology development, innovation, and production: A systematic review. *Heliyon*, 10(1).

- Jafari, M., Akhavan, P., Reza Zarghami, H., Asgari, N.** (2013). Exploring the effectiveness of inventive principles of TRIZ on developing researchers' innovative capabilities. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 24(5), 747–767. <https://doi.org/10.1108/17410381311327990>
- Kapucu, S., Baykasoğlu, A., Dereli, T.** (2001). Toplam kalite yönetimi uygulamalarında kullanmak için yenilikçi-yaratıcı problem çözme yaklaşımı: TRIZ. *Mühendis ve Makine*, 42(499), 40–47.
- Khomenko, N.** (2010). *General Theory of Powerful Thinking and Its Application to Complex Problem Solving*. OTSM-TRIZ Technologies.
- Khomenko, N., Kucharavy, D.** (2002). OTSM-TRIZ problem solving process: solutions and their classification. In *Proceedings of TRIZ Future Conference* (pp. 6-8).
- Khomenko, N., De Guio, R.** (2007). OTSM system of axiom and its application for modeling of innovative design process. *Proceedings of the 2007 International TRIZ Conference*.
- Kilpatrick, J.** (2001). Lean principles. *Utah Manufacturing Extension Partnership*. Retrieved from <https://www.mep.utah.edu>
- Kucharavy, D., Kouryan, A.** (2018). *Heritage of Nikolai Khomenko*. OTSM-TRIZ Research Group.
- Lambert, D. M., Cooper, M. C.** (2000). Issues in supply chain management. *Industrial Marketing Management*, 29(1), 65–83. [https://doi.org/10.1016/S0019-8501\(99\)00113-3](https://doi.org/10.1016/S0019-8501(99)00113-3)
- Majchrzak, J., Michałowska, I.** (2023). TRIZ in marketing management: study of current situation. In *International TRIZ Future Conference* (pp. 378-389). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Makino, K., Sawaguchi, M., Miyata, N.** (2015). Research on Functional Analysis Useful for Utilizing TRIZ. *Procedia Engineering*, 131, 1021–1030. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.12.356>
- Mann, D.** (2002). *Hands-on Systematic Innovation*. CREAX Press, Belgium.
- Mann, D., Domb, E.** (2001). Using TRIZ to overcome business contradictions: Profitable e-commerce. *TRIZ Journal*.
- Moehrle, M. G.** (2005). What is TRIZ? From Conceptual Basics to a Framework for Research. *Creativity and Innovation Management*, 14(1), 3–13. <https://doi.org/10.1111/j.1476-8691.2005.00320.x>
- Navas, H. V. G., Tenera, A. M. B. R., Machado, V. A. C.** (2015). Integrating TRIZ in Project Management Processes: An ARIZ Contribution. *Procedia Engineering*, 131, 224–231. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.12.38>
- Otsuka, Y., Hasegawa, H.** (2024). Development of a TRIZ-Based Design Methodology for Digital Transformation. In *International TRIZ Future Conference* (pp. 173-184). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Park, K., Min, H.** (2011). Evaluating the perspectives of third-party logistics service users and providers on supply chain collaboration. *International*

- Journal of Logistics Research and Applications*, 14(2), 99–115.
<https://doi.org/10.1080/13675567.2010.531284>
- Pidd, M.** (2004). *Computer simulation in management science* (5th ed.). Chichester, UK: Wiley.
- Razmi, J., Haghighi, D., Babazadeh, R.** (2018). A knowledge-based algorithm for supply chain conflict detection based on OTSM-TRIZ problem flow network approach. *Scientia Iranica*, 25(6), 3700–3712.
- Russo, D., Spreafico, C.** (2015). TRIZ 40 Inventive Principles Classification through FBS Ontology. *Procedia Engineering*, 131, 737–746.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.12.367>
- Sarpong, N. Y. S., Akowuah, J. O., Amoah, E. A., Darko, J. O.** (2024). Enhancing cassava grater design: A customer-driven approach using AHP, QFD, and TRIZ integration. *Heliyon*, 10(16).
- Savransky, S. D.** (2000). *Engineering of creativity: Introduction to TRIZ methodology of inventive problem solving*. CRC Press.
- Souchkov, V.** (2007). Breakthrough thinking with TRIZ for business and management: An overview. ICG Training & Consulting, 3-12.
- Souchkov, V.** (2010). TRIZ and systematic business model innovation. In *Global ETRIA Conference 'TRIZ Future* (pp. 3-5).
- Spreafico, C., Russo, D.** (2016). TRIZ industrial case studies: A critical survey. *Procedia CIRP*, 39, 51–56. Retrieved from
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.165>
- Spreafico, M., Russo, D.** (2021). Identify New Application Fields of a Given Technology. In *International TRIZ Future Conference* (pp. 115-126). Cham: Springer International Publishing.
- Stratton, R., Mann, D.** (2003). Systematic innovation and the underlying principles behind TRIZ and TOC. *Journal of Materials Processing Technology*, 139(1–3), 120–126. [https://doi.org/10.1016/s0924-0136\(03\)00192-4](https://doi.org/10.1016/s0924-0136(03)00192-4)
- Tang, C. S.** (2006). Perspectives in supply chain risk management. *International Journal of Production Economics*, 103(2), 451–488.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2005.12.006>
- Tanoyo, T., Harlim, J.** (2022). TRIZ training within a continuous improvement (Kaizen) event–exploration and evaluation. In *International TRIZ Future Conference* (pp. 458-469). Cham: Springer International Publishing.
- Wang, Y., Peng, Q. J., Tan, R. H., Sun, J. G.** (2020). Implementation of low-end disruptive innovation based on OTSM-TRIZ. *Comput. Aided Des. Appl*, 17, 979-992.)
- Wu, Z., Liu, W., Nie, W.** (2021). Literature review and prospect of the development and application of FMEA in manufacturing industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 112(5-6), 1409–1436. <https://doi.org/10.1007/s00170-020-06425-0>

- Yang, M., Tsai, M. T.** (2021). Analysis and application of energy management in Industry 4.0 with TRIZ methodology. *International Journal of Systematic Innovation*, 6(3), 30-45.
- Zlotin, B., Zusman, A.** (2005). The concept of resources in TRIZ: past, present and future. Ideation International.
- Zlotin, B., Zusman, A.** (1999). Application of OTSM-TRIZ in Engineering Systems.
- Zusman, A., Smith, L. R.** (2016). I-TRIZ (Ideation TRIZ). In *The Innovation Tools Handbook, Volume 3* (pp. 191-234). Productivity Press.



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : İlayda Gökçe YENİGÜL

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2021, Balıkesir, Mühendislik, Endüstri Mühendisliği
- **Yüksek Lisans** : Devam, Bursa Teknik, Endüstri Mühendisliği, Yüksek Lisans

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- Martur Fompak International- Maliyet Analiz Uzmanı (2024-Devam)
- Beyçelik Gestamp- İş Geliştirme Uzmanı (2022-2024)
- Sistem Global Danışmanlık- Süreç Mühendisi (2021-2022)

TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Yenigül, İ. G., Altun, K.** (2024). OTSM TRIZ yaklaşımıyla otomotiv sektöründe çelişkilerin çözümü: Maliyet, kalite ve satış problemleri üzerine bir analiz bildirisi. *14. Uluslararası Mühendislik, Mimarlık ve Tasarım Kongresi.*

DİĞER ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Ekin, E., Cesur, İ. G.** (2022). Hizmet kalitesinin sayısal yöntemlerle ölçümü: Servqual ölçeği ve istatistiki analiz ile hizmet sektörü örneği. *Journal of Turkish Operations Management*, 6(2), 1196-1211. <https://doi.org/10.56554/jtom.1038025>.
- **Ekin, E., Cesur, İ. G.** (2022). Entropi tabanlı TOPSIS ve VIKOR yöntemleri ile bankaların finansal performanslarının değerlendirilmesine ilişkin bir uygulama. *Journal of Turkish Operations Management*, 6(2), 1327-1344. <https://doi.org/10.56554/jtom.1089989>.
- **Ekin, E., Cesur, İ. G.** (2023). Ağırlıklandırılmış risk değerlendirme tablosu ve SWARA yöntemi ile risk analizine ilişkin hibrit bir çalışma. *Bucak İşletme Fakültesi Dergisi*, 6(2), 191-213. <https://doi.org/10.38057/bifd.1328088>.
- **Ekin, E., Cesur, İ. G.** (2023). Genişletilmiş analiz yöntemine dayalı bulanık AHP ve TOPSIS yöntemi ile danışmanlık sektöründe sunulan hizmetlerin değerlendirilmesi. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi (AKAD)*, 15(28), 12-34. <https://doi.org/10.20990/kilisiibfakademik.1231038>