İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TRIZ: YARATICI PROBLEM ÇÖZME TEORİSİ VE DİĞER PROBLEM ÇÖZME YÖNTEMLERİYLE KARŞILAŞTIRMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Y. Müh. Serbülent Dirim ŞENER

Anabilim Dalı: ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Programı: MÜHENDİSLİK YÖNETİMİ

HAZİRAN 2006

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TRIZ: YARATICI PROBLEM ÇÖZME TEORİSİ VE DİĞER PROBLEM ÇÖZME YÖNTEMLERİYLE KARŞILAŞTIRMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Y. Müh. Serbülent Dirim ŞENER
(507011169)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 8 Mayıs 2006
Tezin Savunulduğu Tarih: 15 Haziran 2006

Tez Danışmanı: Öğr. Gör. Dr. Bülent CERİT

Diğer Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Semra DURMUŞOĞLU

Öğr. Gör. Dr. Cemil CEYLAN

HAZİRAN 2006

ÖNSÖZ

Günümüz dünyasında, bireylerin ve işletmelerin daha üretken, daha verimli olmak ve bunun karşılığını görmek için gereksinimlerinde hızlı ve büyük bir değişkenlik var. Bu hıza ve büyümeye ayak uyduran bilimsel ve teknolojik gelişmeler sayesinde ihtiyaçlara cevap verilmeye çalışılmaktadır. Doğal olarak isteklerin ve gereksinimlerin değişkenliği arttıkça bunu karşılayacak unsurların da yenilenmesi veya yeni unsurların ortaya çıkarılması gerekmektedir. Bu durum yenilikçi ve yaratıcı bakış açısının üretim ve hizmet süreçlerinin temeline yerleştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Çeşitli kaynaklar dolayısıyla karşılaşılan sürekli değişiklik isteği ürün ve hizmetlerin yapısını karmaşıklığa yönlendirirken problemleri de zorlaştırmaktadır. Bu nedenle süreci sağlıklı bir şekilde yürütmek için bilimsel ve sistematik yapıya sahip yenilikçi yöntemlere ihtiyaç vardır. Bu muhakeme temelinde çeşitli problem çözme yöntemleri incelendiğinde Yaratıcı Problem Çözme Teorisi (TRIZ) ile karşılaşılır.

Bu çalışmada TRIZ yönteminin detaylı bir şekilde ele alınmasının yanında, yaratıcılık ve yenilikçilik kavramlarına geniş bir tarihsel perspektiften bakarak TRIZ dışında kalan problem çözme yöntemlerinin özelliklerini belli ölçüde tanıtmak amaçlanmıştır. Bu sayede özellikle TRIZ ve bu yöntemi geliştirmiş ve geliştirmekte olan bilim insanları ve mühendislerin bakış açısı dikkate alınarak diğer problem çözme yöntemleriyle karşılaştırması yapılmış ve TRIZ'in üstün veya zayıf olduğu yerlerin irdelenmesiyle beraber ikili veya üçlü olarak yöntemler arası işbirliğinin olasılığı sorgulanmıştır.

Her ne kadar yaklaşık 50 yıl önce keşfedilmiş olsa da dünya genelinde tanınması son 15 yılı kapsayan bu yöntemle tanışmamı sağlayan ve çalışma süresince değerli düşünce ve yorumlarıyla bana destek olan sevgili hocam Sn. Bülent Cerit'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bu tezi hazırlarken, hiçbir zaman eksik etmediği ilgi ve sevecenliği için sevgili anneme, gösterdiği anlayışla işimin çok kolaylaşmasını sağladığı için sevgili babama, yanımda olduğu için sevgili kardeşime, aileme, her fırsatta yardım eli uzatmayı teklif ederek bana moral veren arkadaşlarıma ve bu çalışma dönemi boyunca yanımda olan ve karşılıksız maddi, manevi desteğini ve iyiliğini esirgemeyen Ceren'e çok teşekkür ederim.

Mayıs, 2006 **S. Dirim ŞENER**

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR……vi
TABLO LİSTESİ……..vii
ŞEKİL LİSTESİ……...viii
SEMBOL LİSTESİ……ix
ÖZET……... x
ABSTRACT……xi

1. GİRİŞ……1
1.1. Yenilik ve Yenilikçilik Anlayışı.....1
1.2. Problem Çözme ……4
1.2.1. Mühendislik Problemleri ……5

2. PROBLEM ÇÖZME TEKNİKLERİ .. ……8
2.1. Problem Çözümüne Geleneksel Yaklaşımlar……8
2.1.1. Deneme-Yanılma Yöntemi ……8
2.1.1.1. Psikolojik Atalet……10
2.1.2. Beyin Fırtınası……...13
2.1.3. Morfolojik Analiz ……17
2.1.4. Sinektik ……19
2.1.5. Pareto Analizi……20
2.1.6. Dağılım Diyagramları ……...24
2.1.7. Kontrol Çizelgeleri……25
2.1.8. Neden-Sonuç Diyagramları……...27
2.1.9. Histogramlar……..29
2.1.10. Poka-Yoke (Hatadan Sakınma) Analizi……..30
2.2. Problem Çözümüne Yaratıcı Yaklaşımlar……...31
2.2.1. Kalite Fonksiyon Yayılımı……31
2.2.2. Taguchi Yöntemleri……...36
2.2.3. Altı Sigma Yöntemi……...40
2.2.4. Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA)……..43
2.2.5. Deneysel Tasarım……..49

3. TRIZ: YARATICI PROBLEM ÇÖZME TEORİSİ ……54
3.1. Yaratıcı Düşünce ve Yaratıcı Problemler……54
3.2. TRIZ: Yaratıcı Problem Çözme Teorisi ……..58
3.3. TRIZ'in Doğuşu ve Gelişimi ……67
3.3.1. Genrich Saulovich Altshuller……67
3.3.2. TRIZ'in Yaratılış Süreci ve Gelişimi……68
3.4. TRIZ'in Temel Kavramları ……..74
3.4.1. Teknik Sistemler ve Teknik Sistemlerin Evrim Kalıpları……74
3.4.1.1. Teknik Sistemlerin Evrim Kalıpları ……75
3.4.2. Buluş Seviyeleri……80
3.4.3. Çelişkiler……...91
3.4.4. İdeal Nihai Sonuç……..96
3.5. TRIZ'in Problem Çözme Araçları ……100
3.5.1 Çelişkiler Analizi……..100
3.5.2. Madde – Alan Analizi……124
3.5.3. Standart Çözümler……...133
3.5.4. Yaratıcı Problem Çözme Algoritması (ARIZ)……142
3.5.5. Bilimsel ve Teknik Etkiler……...151
3.6. TRIZ Pazarı ……152
3.6.1. TRIZ Eğitimi ve TRIZ'in Geniş Kitlelere Yayılması……152
3.6.2. TRIZ Yazılımları……155

4. TRIZ İLE VAKA ÇALIŞMALARI VE UYGULAMALAR ……..158
4.1. Büyüme Stratejisi……158
4.2. İnsan İlişkileri Problemi……..159
4.3. Bilgisayar Sabit Disk Problemi……...162
4.4. Akışkan Görüntüleme Sistemi ……164

5. TRIZ İLE GELENEKSEL PROBLEM ÇÖZME YAKLAŞIMLARININ KARŞILAŞTIRILMASI ……....165

6. TRIZ İLE DİĞER YARATICI YÖNTEMLERİN İŞBİRLİĞİ …….175
6.1. TRIZ ve Altı Sigma ……..175
6.2. TRIZ, Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY) ve Taguchi Yaklaşımı…….177
6.3. TRIZ ve Kalite……..180

7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA ……...183

KAYNAKLAR …….189

EKLER…….199

ÖZGEÇMİŞ…….210

KISALTMALAR

TRIZ : Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadatch

KFY : Kalite Fonksiyon Yayılımı

HTEA : Hata Türü ve Etkileri Analizi

AR-GE: Araştırma ve Geliştirme

SSCB : Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği

ABD : Amerika Birleşik Devletleri

TABLO LİSTESİ

		Sayfa No
Tablo 1.1	Mühendisliğin Gelişimi……..	6
Tablo 1.2	Mühendislikte Problem Çözmenin Gelişimi……..	7
Tablo 2.1	Temel İnsani Fonksiyonlar……..	11
Tablo 2.2	Beynin sağ ve sol tarafı için düşünme kalıpları……..	15
Tablo 2.3	Yıl içinde reddedilen 500 adet sırtın ret nedenleri ve sıklığı……..	22
Tablo 2.4	Faktörlerin sıklığa göre büyükten küçüğe sıralanması……	22
Tablo 2.5	Her faktörün toplam içindeki yüzdesinin bulunması……..	23
Tablo 2.6	Altı Sigma Seviyeleri…….....	43
Tablo 3.1	Problem Türleri…….....	54
Tablo 3.2	Taşıma Sistemindeki Alt ve Üst Sistemler……..	75
Tablo 3.3	Engelmeyer'in Yaratıcı Süreç Modeli……	81
Tablo 3.4	Yaratıcı süreç diyagramı……..	84
Tablo 3.5	Buluş Seviyeleri…….....	87
Tablo 3.6	1. ve 4. Seviye Problemlerin Farkları……..	90
Tablo 3.7	ARIZ 1. aşama adımları……..	145
Tablo 3.8	ARIZ 2. aşama adımları……..	146
Tablo 3.9	ARIZ 3. aşama adımları ……..	147
Tablo 3.10	ARIZ 4. aşama adımları ……..	148
Tablo 3.11	ARIZ 5. aşama adımları ……..	149
Tablo 3.12	ARIZ 6. aşama adımları ……..	149
Tablo 3.13	ARIZ 7. aşama adımları ……..	150
Tablo 3.14	ARIZ 8. aşama adımları ……..	150
Tablo 3.15	ARIZ 9. aşama adımları ……..	151
Tablo 5.1	TRIZ ile Altı Sigma'da Kullanılan Geleneksel Yöntemlerin Karşılaştırılması…….....	166
Tablo 5.2	TRIZ ile Beyin Fırtınasının Çeşitli Ölçütlere Göre Karşılaştırılması……..	169
Tablo 5.3	TRIZ ile Sinektik'in Karşılaştırması……	172
Tablo 6.1	TRIZ ile KFY'nin Beraber Kullanımı……..	179
Tablo A.1	TRIZ Çelişkiler Matrisi……..	199
Tablo A.2	TRIZ ve Geleneksel Yöntemlerin Karşılaştırılması……	207

ŞEKİL LİSTESİ

		Sayfa No
Şekil 1.1	Genel Problem Çözme Modeli……	4
Şekil 2.1	Deneme-Yanılma Yöntemi……..	9
Şekil 2.2	İdeal Çözüm Uzmanlık Alanının Dışında Olabilir……..	13
Şekil 2.3	Faktörlerin sıklık sırasına göre grafik şeklinde çizilmesi……	22
Şekil 2.4	Balık Kılçığı Diyagramı……..	27
Şekil 2.5	Ağaç Diyagramı……...	28
Şekil 2.6	Kalite Evi…….	34
Şekil 2.7	Üretim/Kalite Çemberi……	37
Şekil 2.8	Toplumun Kaybının Yapısı…….	38
Şekil 2.9	Kalite Kayıp Fonksiyonu…….	38
Şekil 2.10	Hata Türü ve Etkileri Analizi Süreci……...	47
Şekil 3.1	TRIZ ile Problem Çözümü……..	60
Şekil 3.2	TRIZ'in Yapısı……	61
Şekil 3.3	TRIZ'in Gelişimi…….	73
Şekil 3.4	"S" Eğrisi…….	77
Şekil 3.5	TRIZ'in çelişkilerin çözümündeki etkisi…….	95
Şekil 3.6	Teknik ve Fiziksel Çelişkilerin Karşılaştırılması……	96
Şekil 3.7	Fonksiyonun sistem ile nesne arasında kurduğu bağ……..	97
Şekil 3.8	Tasarım Verimliliğini Arttırma Yaklaşımları……..	99
Şekil 3.9	Çelişkiler Matrisi ile teknik çelişkilerin yok edilmesi…….	105
Şekil 3.10	Çelişkiler Matrisinin bir bölümü…….	121
Şekil 3.11	Madde-Alan Modeli (Üçgeni) ……	125
Şekil 3.12	Madde-Alan analizi diyagramı……	127
Şekil 3.13	Madde-Alan analizindeki ilişkiler……...	128
Şekil 3.14	Madde - Alan modeli elemanları…….	129
Şekil 3.15	Madde - Alan Modelinin tamamlanması…….	129
Şekil 3.16	Zararlı bütün sistem…….	130
Şekil 3.17	Modele farklı bir alan eklenmesi…….	130
Şekil 3.18	Modele başka bir madde ve alan tanıtılması……...	131
Şekil 3.19	Etkin olmayan bütün sistem……	131
Şekil 3.20	Etkili olmayan bütün sistemlere farklı bir madde eklenmesi……..	132
Şekil 3.21	Etkin olmayan bütün sisteme madde, alan tanıtılması……	132
Şekil 3.22	76 Standart çözümün kullanımı akış diyagramı……..	141
Şekil 3.23	ARIZ Yapısı……	143
Şekil 3.24	TRIZ'in Yararlandığı Kaynaklar…….	155
Şekil 4.1	Sabit Disk……	162
Şekil 4.2	Sabit Disk Probleminin Madde-Alan modeli……..	163
Şekil 5.1	TRIZ ile Geleneksel Yöntemler Arasındaki Fark……	166
Şekil 5.2	TRIZ ile Diğer Yaratıcı Yöntemlerin Karşılaştırması…….	174
Şekil 6.1	TRIZ Araçlarının Altı Sigma'ya Uygulanması……...	177

SEMBOL LİSTESİ

K : Kalite kaybı

T : Hedef değer

Y : Değişkenin ölçülen değeri

k : Sapmayı para birimine çeviren katsayıyı

S : Madde

F : Alan

$\sum Yi$: Sistemin yararlı etkilerinin toplamı

$\sum Zj$: Sistemin zararlı etkilerinin toplamı

TRIZ: YARATICI PROBLEM ÇÖZME TEORİSİ VE DİĞER PROBLEM ÇÖZME YÖNTEMLERİYLE KARŞILAŞTIRMA

ÖZET

Çağdaş dünyada üretken, verimli ve karlı işler kurarak yüksek rekabet ortamında hayatta kalabilmek ve istek ve gereksinimlerin hızlı değişkenliğine ayak uydurmak için teknolojik ve bilimsel gelişmeleri üretmek veya yakından takip ederek uygulamak gerekmektedir. Sürekli geliştirilmesi ve farklılaştırılması gereken ürünler, hizmetler ve bunlarla ilgili süreçler giderek zorlaşan teknik ve teknik olmayan problemleri ortaya çıkarmaktadır. Geleneksel yöntemlerle çözülemeyen bu problemlerin üstesinden gelmek için yenilikçi ve yaratıcı bakış açısına ihtiyaç vardır. Zor yaratıcı problemlerin çözümünü kolaylaştırmak ve tüm insanlığın bu kolaylıktan yararlanmasını sağlamak isteyen G. Altshuller tarafından geliştirilen TRIZ (Yaratıcı Problem Çözme Teorisi) bu ihtiyacı karşılamayı amaçlamaktadır. Özellikle yenilikçi problem çözme felsefesine sahip olması, geniş bir bilgi kaynağı kullanımını olanaklı kılması ve sistematik yaklaşımıyla diğerlerinden farklılaşan TRIZ, bu çalışmada detaylı olarak ele alınmıştır. Bu kapsamda yöntemin tanımı, doğuşu ve gelişimi, temel kavramları, sunduğu problem çözme araçları, geliştirilen yazılımlar ve eğitim programları ve yapılan uygulamalar konu edilmiştir. Ayrıca diğer problem çözme yöntemlerinin kısa tanıtımını içeren bu çalışmanın amacı TRIZ ile bu yöntemlerden bir kısmının karşılaştırması yaparak TRIZ'in üstün ve zayıf yönlerinin açığa çıkarılmasını sağlamaktır. Buna ek olarak TRIZ'in tek çözüm sağlayıcısı olarak seçilmesi yerine diğer problem çözme teknikleriyle beraber kullanılabilme olasılığı sorgulanmıştır.

TRIZ: THEORY OF INVENTIVE PROBLEM SOLVING AND COMPARISON WITH OTHER PROBLEM SOLVING METHODS

SUMMARY

In modern world, in order to survive in a highly competitive environment by establishing productive, efficient and profitable businesses and to keep abreast of the rapid changes of the needs, it is obligatory to produce or closely follow and apply the technological and scientifique developments. Products, services and related processes, which have to be developed and differentiated continuously, create technical and non-technical problems, which become gradually more difficult. To solve these problems, which can't be handled by using traditional methods, inventive and innovative point of view is needed. TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving), which has been developed by G. Altshuller, who wanted to facilitate the resolution of difficult inventive problems and to provide this facilitation to all humanity, aims to respond to this need. In this study, TRIZ, being different with the possession of inventive problem solving philosophy, the provision of the possibility to use extensive knowledge base and its systematic approach, is discussed in detail. In this context, the definition of the method, its birth and development, its basic concepts, the problem solving tools that provides, related developed software packages and training programs and its applications are treated. Besides the purpose of this study, which contains brief representations of other problem solving methods, is to reveal the strong and weak characteristics of TRIZ while providing the comparison with some of these other methods. In addition there is the discussion of the possibility to use TRIZ together with the other problem solving techniques instead of selecting the method as single solution provider.

1. GİRİŞ

1.1. Yenilik ve Yenilikçilik Anlayışı

Çeşitli kaynaklar tarafından farklı şekillerde algılanarak tanımı yapılan yenilik kavramı kullanılabilir olması amaçlanan yeni fikirlerin, ürünlerin, hizmetlerin ve uygulamaların kullanıma sunulması olarak tarif edilebilir. Drucker'e göre yenilenme, şimdiye kadar görülmemiş hızla değişmekte olan pazarlara uyum sağlayacak şekilde, ürün ve hizmetlerin değiştirilmesidir. 1995 yılında Türkiye'de araştırma-geliştirme projelerini desteklemeye yönelik olarak Para, Kredi ve Koordinasyon Kurulu tarafından çıkarılan karara göre yenilik "bir fikri satılabilir yeni ya da gelişmiş ürün, ya da mal ve hizmet üretiminde kullanılan yeni ya da geliştirilmiş bir yöntem haline dönüştürmek" olarak tanımlamıştır [1]. Yenilik ister yeni teknolojik olanaklar temelinde arz edilmiş ister sosyal ihtiyaçlar ve pazar gereksinimleri temelinde talep edilmiş olsun çok tartışılan bir konudur. Marquis ise "başarılı bir yenilikte talebin tanınmasının teknik potansiyelin tanınmasından daha sık karşılaşılan bir faktör" olduğunu belirtir [2].

Değerlendirmeyi yapan bakış açısına göre değişen yenilik kavramı, herhangi bir firmanın bugüne kadar üretmediği ürünleri üretmeye başlaması ya da pazarda bulunmayan bir ürünün piyasaya sunulmuş olması olarak görülebilir. MacCarthny'ye göre yenilik; buluş, ikame ve taklit olmak üzere üç sınıfta toplanmaktadır. Buluş, gerçek anlamda bugüne kadar hiç olmayan bir ürünün ortaya çıkarılması; ikame, mevcut ürünlerle karşılaştırıldıklarında belirgin farklılıklar arz eden ürünler ve son olarak taklit, herhangi bir firma için yeni, ancak pazarda yeni olmayan ürünler olarak tanımlanmıştır.

Yaratıcılığın ön plana çıktığı bir ortamda, yaratıcılık kabiliyetini, yeni ürün veya yeni teknolojilerin geliştirilmesinde kullanarak bunları pazarda satılabilir varlıklar haline dönüştürmenin gerekliliği yeniliği ve yenilikçilik kavramını öne çıkarmaktadır. Yenilikçilik, "yeni fikirlerin yaygın kullanımını ve hayata geçirilmesini sağlayan süreç" olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla yeni ürün geliştirme ve bu ürünü pazara

sunma sürecinin kapsamında değerlendirilmelidir. Yenilikçilik konusunda yeterli kapasiteye sahip firmalar bu süreçte başarıyı sağlayabilmektedir. Bu noktada vurgulanması gereken yenilikçiliğin sadece yeni fikir üretme süreci olmadığı aynı zamanda bu fikirlerin değer yaratan ürün ve hizmetlere dönüştürülmesini de içerdiğidir [1]. Yeni fikirlerin üretilmesini, uygulanabilir olanların seçimini, uygulamanın gerçekleştirilmesini ve ürün ya da hizmetin müşteriye sunumunu kapsayan sürecin bütününde yenilikçi kapasitenin kullanımı mümkündür.

Üretim ortamlarının değişkenliği ve hızlı gelişimiyle beraber niceliği artan bilgiye ulaşmanın öneminin artması, önceden araştırma ve geliştirme için zamanı kullanarak çalışan işletmelerin rekabetçi kalabilmek için strateji değişikliğine gitmesine sebep olmuştur. Yenilikçi yaklaşım, yaratıcılığa verilen önem ve yaratıcı problem çözme araçlarının kullanımı başarılı olmanın önemli koşulları haline gelmiştir [3]. Bunu sağlayabilmek için işletmelerin yenilikçi yaklaşıma yönelik bir çalışma kültürü geliştirmeleri ve uygulamaları gerekmektedir. Bunun için yaratıcılığı teşvik eden teknolojiler ile kişisel yaratıcı düşünmeyi birleştirme yoluna gidilmektedir. Horibe, bu gelişim içinde işletmeleri yok edecek unsurun bir işin daha iyi yapılmasından ziyade daha farklı yapılması haline gelmesi nedeniyle karlı ve sürdürülebilir büyüme için yenilikçilik anlayışının benimsenmenin önemine işaret etmektedir [4].

Sony, Motorola, Hewlett Packard gibi şirketlerin yenilikçi stratejilerden 2 yıllık sürede %30 gelir elde etmeyi başarmaları ve Sony'nin her sene pazara yaklaşık 50 yeni ürün sunması gibi örnekler küçük kaynaklarla yeni ürünlerin icat edilmesinin ve mevcut ürünlerde yeniliklerin yapılmasının önemini ortaya koymaktadır [5]. Bu bağlamda, problemlere yenilikçi çözümler arayan işletmelerin pazarda rekabetçi kısmı oluşturduğu ortaya çıkmıştır.

Yenilikçilik kavramının yeni fikirlerin ve bilginin yaratılmasını kapsadığını düşünmek bu kavrama dar bir pencereden bakmak anlamına gelir. Yenilikçilik bu fikirlerin uygulamaya konulmasını da içermektedir. Dolayısıyla, yenilikçi olabilmek için fikirlerin hem yaratıcı hem uygulanabilir olması gerekir. Rekabetçi olabilmek için ise bu fikirlerin ileriye doğru büyük bir sıçrama sağlaması gerekir. Bir başka deyişle yenilik, yaratıcı düşüncenin üretim sürecini olumlu etkileyecek şekilde eyleme dönüşmüş halidir [6].

Bazı işletmeler genel olarak yenilikçi yaklaşıma sadece kriz durumunda başvururken, bazıları da tam tersi, satışların ve karın arttığı dönemlerde bu konuya önem vermektedir. Kriz durumunda kullanılan yenilikçi anlayış belli bir süre geniş bir program kapsamında değerlendirilirken bir süre sonra sadece zor dönemlerde kullanılmak üzere rafa kaldırılmaktadır. Karlılığın yüksek olduğu durumda yenilikçilikle ilgilenenler ise satışların düştüğü noktada bu durumun nedenlerini araştırırken de yenilikçi yönteme başvurmalıdır. Bu sayede müşteri ihtiyacının karşılanmaması ya da maliyetlerin yüksekliği gibi problemlerin yaratıcı çözümler üreterek ortadan kaldırılabilmesi mümkün olabilecektir.

Yeni başlangıç yapan bir işletme zihinsel özelliklerini artırmak, yapılan yatırımı korumak ve rekabetçi olmak için patent konusunda öncü olmaya çalışacak ve bunları başarmak için de yenilikçiliğe ihtiyaç duyacaktır. Ortak araçların ve pazarların bulunduğu bugünün dünyasında her iş için uzun dönemde başarıyı ve başarısızlığı ayırt edecek tek fark yenilikçilik ve yaratıcılıktır [7]. Yenilikçi araçları kullanan işletmeler aynı rekabetçi seviyede yer alabileceklerdir.

Ancak güvenilirliği kanıtlanmış ürünlerden yenilikçi ürünlere geçiş, uzman eğitimi, alışkanlıklar, değerler dizisi, çalışılan ortam, insan doğası gibi yenilikçi düşünceyi sınırlayan unsurlardan dolayı çok kolay olmamaktadır. Genel olarak Psikolojik Atalet olarak tanımlanan bu sınırlandırıcı kavram, kronik teknik problemlere yenilikçi çözüm kavramları getirmek için yenilmesi gereken bir olgudur [5].

Bireyler için yaratıcı kabiliyet ve organizasyonlar için problem çözme yeteneği temel olarak insan aklına bağlı olan soyut kavramlardır [8]. Yaratıcılık için esin gerekli olmakla beraber sınırların ötesini düşünebilmek esastır. Uzmanların kendi alanlarında bilgi ve deneyimlerini artırırken yaratıcı yeteneklerinden kaybettikleri belirtilmektedir. Bu noktada yaratıcı yeteneğin nasıl artırılabileceği sorgulanmış ve öncelikle psikolojik alanda araştırmalar yapılmıştır. Ancak endüstriyel problemlere çözüm getirirken sadece psikolojik araçlardan yararlanmanın yeterli olmadığı ve sistematik ve yapısal somutluğa sahip yöntemlere gereksinimin olduğu ortaya çıkmıştır.

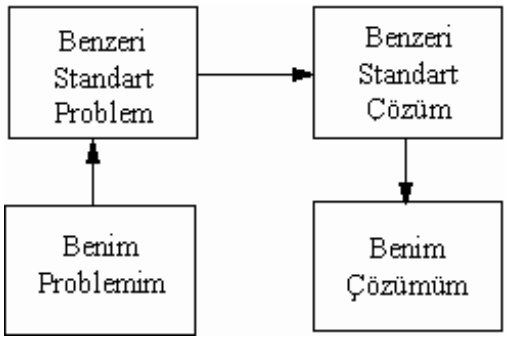
Bu bilgiler ışığında, sonuç olarak küresel ölçekte teknolojideki ve hizmetlerdeki rekabetin giderek daha sertleşmesinden dolayı herhangi bir alanda var olan sorunları yeni fikirler yaratıp; bunları uygulamaya koyarak çözenlerin ayakta kalabileceği

anlaşılmaktadır. Dolayısıyla yenilikçi anlayış ve yaratıcı problem çözebilme yeteneği organizasyonlar ve bireyler için vazgeçilmez olmuştur. Yenilikçi kavramlara dayanan buluşlar sosyal, politik ve teknolojik olanlar dahil, insan hayatındaki değişimlerde önemli rol oynamıştır. Medeniyet tarihi yenilikçilik tarafından sürüklenmiş olup önemi hiçbir zaman küçümsenemez. Bugün de Bilgi Teknolojisi çağında çağdaş toplumlar geliştikçe yenilikçilik de büyümeye devam etmektedir. Bu bağlamda Arciszewski ve Zlotin gelecek dönemi "Yenilikçilik Çağı" olarak adlandırmışlardır [9].

1.2. Problem Çözme

İnsanların karşılaştığı iki grup problem vardır. Bunlar genellikle çözümleri bilinenler ve çözümleri bilinmeyenler olarak isimlendirilebilir. Çözümü bilinenler, genellikle kitaplardaki ve teknik bültenlerdeki bilgilerle veya konusunda uzman kişilerin bilgileriyle çözülebilenlerdir. Bu tür çözümler Şekil 1.1'de gösterilen problem çözme yolunu izlerler [10]. Burada özel bir problem, standart bir probleme veya benzerine dönüştürülür. Standart problemin çözümü bilinmektedir ve bu çözüm özel problemin çözümü olarak alınır.

Örneğin, diskli kesme makinasının tasarımı "benim problemim" olarak kabul edilir. Güçlü ancak düşük devirli motora gereksinim olacaktır. AC motorlarının birçoğunun yüksek devirde (3600 d/dk) dönmesinden dolayı, benzer standart problem motorun hızının nasıl azaltılabileceği olmaktadır. Benzer standart çözüm, bir dişli kutusunun kullanılmasıdır. Böylece uygun boyutta, ağırlıkta, güçte ve devirde bir dişli kutusunun tasarlanması "benim çözümüm" olarak bulunabilir.



Şekil 1.1 Genel Problem Çözme Modeli

Diğer bir problem tipi de çözümü bilinmeyen ve bu nedenle yaratıcılık/yenilikçilik gerektiren, çelişki içeren problemler olup yaratıcı problem olarak adlandırılırlar.

Yaratıcı/yenilikçi problem çözümü genellikle beyin, bilgi kavrama ve buluş yeteneği arasındaki bağlantıların ortaya çıkarılması çalışmalarının sürdürüldüğü psikoloji alanında değerlendirilmiştir. Buna bağlı olarak bu tür problemlerin çözümüne psikolojik tabanlı beyin fırtınası ve deneme yanılma gibi yöntemler önerilmiştir. Ancak problemin zorluğunun ve karmaşıklığının artması yapılan denemelerin sayısının artmasına neden olmaktadır. Eğer çözüm kişinin uzmanlık alanındaysa, deneme sayısında biraz azalma olabilir. Bu durumda da eğer çözüme erişilemezse, o zaman araştırmacı kendisinin uzmanlık veya bilgi alanının ötesindeki yeni alanlara yönelmektedir. Ancak burada da araştırmacının beyin fırtınası, sezgi ve yaratıcılık gibi psikolojik araçlarda ne kadar usta olduğuna bağlı olarak deneme sayısının daha da artması söz konusudur. Ayrıca problem çözme tecrübesi paylaşılırken, sezgi ve deneyim gibi psikolojik araçların bir başka kişiye aktarılmasında zorluklarla karşılaşılmaktadır. Bu durum kişinin problem çözümü için sadece kendi deneyim ve alışkanlıklarını göz önüne almasına ve yeni kavramlar geliştirmek için alternatif teknolojilere bakmamasına sebep olan psikolojik atalete yol açmaktadır [10].

1.2.1. Mühendislik Problemleri

Tablo 1.1'de gelişimi gösterilen ve uzun bir geçmişe sahip olan mühendislik kavramında karar verme süreci 17 yüzyılın sonuna kadar, geçmişten gelen ve deneysel olarak gelişmiş projelerdeki ticaretin kuralları biçiminde oluşmuş deneyimlere dayanmıştır. Bu nedenle, bu dönem Tecrübe Çağı olarak isimlendirilmiştir. 18. yüzyılla beraber matematikteki ve özellikle mantıktaki gelişmelerin mühendislik sistemlerinin davranışlarını anlamayı rasyonelleştirilmesi ve gelişen bu anlayışın uygulamaya alınması Sebep Çağı'nı başlatmıştır. 19. yüzyılda, analitik yöntemlerdeki gelişmeler mühendislik sistemlerinin davranışlarını tanımlayan çeşitli matematik modellerin gelişimini sağlamıştır. Matematiksel modelleme üzerine yoğunlaşan Matematik Çağı, karmaşık matematiksel modellerin bilgisayar uygulamalarının ve bunların analizini yapabilen dijital bilgisayarların gelişiyle 1950'lerin başında sona ermiştir. Bilgisayar Çağı ise 1980'lere kadar sürmüştür. Bilgi Teknolojilerindeki gelişmeler bilgisayar analizleriyle problem çözümünden, probleme dair bilginin edinimi, işlenmesi ve bundan yararlanılması için Bilgi Teknolojisinin kullanılmasına doğru bir kayma sağlamıştır. Bilgi Teknolojisi Devrimi olarak adlandırılan bu değişimle, bilginin en önemli varlık olduğu Bilgi Teknolojisi Çağı başlamıştır. Bu gelişimin araçları, mühendislere çalıştıkları

organizasyonların rekabetçi avantajlarını geliştirmeleri için karmaşık analitik çalışmalar yapmak yerine buluş yapmaya odaklanmalarının yollarını açmaktadır. Bu nedenle bir sonraki adım Yenilikçilik Çağı olacaktır [9].

Tablo 1.1 Mühendisliğin Gelişimi [9]

DÖNEM	DÖNEMİN ADI	ODAK NOKTASI
17. yy sonuna kadar	Tecrübe Çağı	Deneysel Tecrübe
18. – 19. yy	Sebep Çağı	Kavramsal Anlama
19. yy - 1950	Matematik Çağı	Matematiksel Modelleme
1950 – 1980	Bilgisayar Çağı	Bilgisayar Modelleri
1980 – 21. yy	Bilgi Teknolojileri Çağı	Bilginin kazanılması ve kullanılması
21. yy	Yenilikçilik Çağı	Yenilikçi ürünler

Mühendislikte yaratıcı problem çözme kavramı da uzun bir geçmişe sahiptir ve Filippo Brunellesschi, Mariono di Iacopo ve elbette Leonardo da Vinci'nin buluşları ve yenilikçi tasarımlarının oluştuğu 15. yüzyılın başına yani Rönesans'ın başlangıcına dayanmaktadır. Thomas Edison, Graham Bell, vb. 18. ve 19. yüzyılın mucit ve mühendislerinin, mühendisliği geliştirdikleri süreçte, toplumu da değiştirerek refah düzeyini artırmış ve geleceği bu yolla güvenli kılmışlardır.

Yaratıcı problem çözmenin gelişiminde Tablo 1.2'de gösterildiği gibi dört dönemden bahsedilebilir. 1960'lara kadarki Klasik Çağ süresince, birçok yaratıcı problem çözme yöntemini tanıtmak için tanımlayıcı bir yaklaşım kullanılmış ve bu yöntemler elle kullanım için düşünülmüştür. Matematiksel modellemedeki gelişim ve bilgisayarların girişi modellerin kurulumu için birçok yaratıcı problem çözme yönteminin tanımlanarak bilgisayar programlarına konulmasını içeren değişime yol açmış ve 1980 yılına kadar süren Bilgisayar Çağı'nı başlatmıştır. 1980'lerde Bilgi Teknolojileri'nin ortaya çıkışı, problem çözme ve kavramsal tasarım için bilgisayar tasarım destek araçlarının oluşturulmasında bilgi tabanlı yaklaşımın geniş bir biçimde kullanılmasına yol açmıştır. Dolayısıyla bu dönem henüz sona ermemiş olan Bilgi Teknolojileri Çağı olarak isimlendirilebilir. Ağ Bilgisayar Teknolojisi'nin ortaya çıkışı, bu alandaki araştırmalar tarafından gösterildiği üzere, yaratıcı problem çözmede önemli bir etkiye sahip olacaktır. Bu bağlamda önümüzdeki yıllarda yeni nesil problem çözme yöntemlerinin ve araçlarının bu alanda geliştirileceğini öngörmek zor değildir. Bu durum bizi problem çözmenin sanal dünya yaklaşımı ile

bilgisayar ağları üzerinden, üyeleri farklı yerlerde bulunan ve akıllı araçlar kullanan takımlar tarafından yönetileceği Ağ Bilgisayarlaşması Çağı'na taşıyacaktır.

Tablo 1.2 Mühendislikte Problem Çözmenin Gelişimi

DÖNEM	DÖNEMİN ADI	ODAK NOKTASI
1960'lara kadar	Klasik Çağ	Tanımlayıcı yöntemler
1960 – 1980	Bilgisayar Çağı	Matematiksel modeller kurmak ve bilgisayarda uygulama yapmak
1980 - 1990'ların sonu	Bilgi Teknolojileri Çağı	Bilgi tabanlı yaklaşım
1990'ların sonu - 21. yy	Ağ Bilgisayarlaşması Çağı	Gerçek dünya yaklaşımı

Geçmiş yıllarda bilgi teknolojilerindeki gelişim disiplinler arası mühendislik bilimlerinin, örneğin Tasarım Mühendisliği'nin, ortaya çıkmasına yol açmıştır. Tasarım Mühendisliği'nden de, tasarımda ve genel olarak mühendislikte yenilikçiliğin öneminin artması ve tasarım araştırmalarındaki gelişmeler sayesinde, yeni bir alan olan Yaratıcı Mühendislik türemektedir. Yaratıcı Mühendislik, Bilgi Teknolojisi ile beraber mühendislik bilimlerinin gelişmesini ve medeniyetin yeni yüzyılda doğacak olan ihtiyaçlarını karşılamasını sağlayacak önemli bir unsur olarak kabul edilmektedir.

Medeniyet tarihi, ilerlemenin ve değerlerdeki değişimin, bilim ve teknolojideki yeni gelişmelerle sağlandığını gösteren örneklere sahiptir. 21. yüzyılda da toplumları geleceğe taşıyacak yönlerin arayışında ve onların zenginliklerinin oluşması sürecinde yenilik ve mühendislikteki önemli değişim ve gelişmelerin hızlı büyüme ve rekabetçi avantajı sağladığı görülmektedir. Dolayısıyla, geleceğin inşasında etkili olacak mühendislik bilimlerinin tanımlanması ve hızlıca geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda, mühendislikte yeniliğin kanıtlanmış önemini ve tüm mühendislik sürecinin evrimini göz önüne alarak, Yaratıcı Mühendislik'in gelecekte çok önemli bir mühendislik bilimi olacağını ve Yenilikçilik Çağı'nı kurmak için bir köprü görevi görebileceğini söylemek mümkündür.

Tasarım ve Bilgi Teknolojileri araştırmaları, Yaratıcı Mühendislik'i tamamen yerleştirmek için gerekli yeni nesil tasarım yöntemleri ve araçlarını bulacaktır. Özellikle, tasarımda yenilik, akıllı araçlar, otomatik bilgi edinimi ya da tasarım mantıksal temelleri üzerine yapılan araştırmalar, mühendislik ve Bilgi Teknolojileri'nin tasarım bağlamında birleşmelerini sağlayacaktır [9].

2. PROBLEM ÇÖZME TEKNİKLERİ

2.1. Problem Çözümüne Geleneksel Yaklaşımlar

2.1.1. Deneme-Yanılma Yöntemi

Bir problemi bir adımda çözmeye çalışmak ve problemin tanımlanmasının hemen ardından bir çözüm ortaya koymak yaygındır. Eğer üretilen fikir işe yaramıyorsa, işe yarar bir çözüm elde edene kadar yeni bir fikir üretilmelidir. Bu problem çözme tekniği, Deneme-Yanılma yöntemi olarak adlandırılmaktadır [11]. Deneme-yanılma, bilgi edinmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde kişi bir seçeneği dener ve işe yarayıp yaramadığına bakar. Eğer işe yarıyorsa çözümü elde etmiş demektir. Aksi halde bir hata olduğuna hükmeder ve yeni bir seçeneği dener. Deneme-yanılmada öncelikli görülen seçenek genellikle ilk denenen olur ve seçenekler bir çözüm bulunana ya da tüm seçenekler bitine kadar öncelik sırasına göre denenir. Bazen bu seçenekler rastlantısal olarak denenirler.

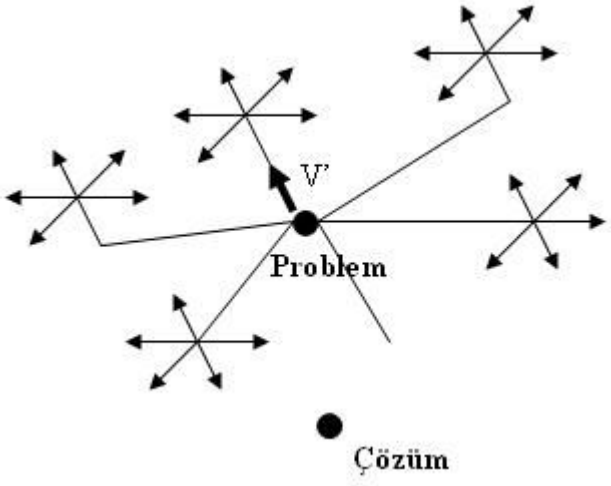
Deneme-yanılma yönteminin özellikleri arasında aşağıdakiler yer almaktadır [12],

- Çözüme yöneliktir: bir çözümün neden işe yaradığını keşfetmeyi denemez, sadece çözümle ilgilenir.
- Probleme özgüdür: bulunan çözümü diğer problemlere genelleştirmeyi denemez.
- Optimal değildir: deneme-yanılma bütün çözümleri ve en iyi çözümü değil; sadece bir çözüm bulmaya yönelik bir denemedir.
- Az bilgi birikimi yeterlidir: konu hakkında az bilginin bulunduğu veya hiçbir bilginin bulunmadığı durumlarda devam eder.

Psikologların tanımladığı deneme-yanılma yönteminde, rastlantısal olarak çözüm arayışı gerçekleştirilir. Sonunda bir düşüncenin belirmesinin ardından teorik ve uygulamalı olarak sınanması gelir. Başarısız olan her fikrin bir yenisi ile ikame edildiği bu süreç, Şekil 2.1'de diyagram olarak gösterilmiştir.

Yaratıcı kişi, problem noktasından son konumu belli olmayan sonuç noktasına ulaşmaya çalışır. Bunun için bir doğrultuda araştırma kavramı geliştirir ve deneme

başlar. Yanlış kavramın seçimi ve başarısızlık, yeni bir kavramın ortaya konması ve başlangıç noktasına dönmeyi gerektirir. Sonuç bulunana kadar süren bu süreçte denemelerin sayısı oldukça fazladır. Bu yöntemin belirgin bir özelliği Şekil 2.1'de gösterildiği gibi birçok gidiş okunun çözümün aksi yönünü işaret etmesidir. Başlangıçta, yaratıcı kişinin deneyimlerine göre Atalet Vektörü (V') yönünde ilerleyen ve karmaşık olmayan denemeler, süreç boyunca sayıca artarken, kişinin problemden uzaklaşmasına da sebep olmaktadır.



Şekil 2.1 Deneme-Yanılma Yöntemi [13]

Buharlı geminin buhar makinası icat edilmeden yaratılmamış olması ve buhar makinasının ekonomik şartların gerektirmesiyle icat edilmesi örneğine bakarak buluşların belirli evrim kanunlarına göre ortaya çıktıklarını söylemek mümkündür. Ancak genellikle buluşlar nesnel şartlar uygun olsa da geçerli nedenler olmadan hatta zaman zaman anlaşılmaz bir şekilde geç ortaya çıkmaktadır. Otomobil çağının başlangıcında motorların soğutulması için fanların kullanılması buna bir örnektir. Soğuk havalarda motoru soğutmanın gereği olmadığı gibi, aşırı soğutma motora zarar vermektedir. Ancak havanın soğuk olduğu durumlarda fanın bağlantısını kesecek manyetik kavrama uzun süre icat edilmediği için galonlarca benzin harcanarak önemli bir bedel ödenmiştir. Teknolojinin evrimindeki eğilimler de buluşların kendiliklerinden ortaya çıkacağını göstermemektedir. Günümüzde yeni fikirlerin geliştirilmesi bile düşük kapasiteli ve düşük kaliteli üretime neden olan geleneksel yöntemlerin kullanımını engelleyememektedir.

İlk bakışta karmaşık görünen deneme-yanılma yönteminin kendine ait bir sistemi vardır. Denemelerin sayısı arttıkça alışılmış bir yön bulmak kolaylaşır ancak bu

yöntemin zayıf noktası yaratıcı kişinin bilinçaltının da etkisiyle bu yön boyunca ilerleyerek yeni keşif yapmasının zorlaşmasıdır [13]. Kişi daha kolay çözümler üretebilecek noktaya gelmek yerine sadece karşısına çıkan engelleri bertaraf etmekle uğraşır ve kimi zaman bu yol içinde çözüme ulaşamadan kaybolur.

Deneme-yanılma yönteminde, problemin karmaşıklığına göre denemelerin sayısı değişecektir. Eğer çözüm, araştırmayı yapan kişinin uzmanlık alanındaysa denemelerin sayısı daha az olacaktır. Aksi halde yaratıcı kişi kendi deneyim ve bilgisinin dışında yeni alanlara bakacak ve bu durumda denemelerin sayısı kişinin deneme-yanılma gibi psikolojik bir aracı ne kadar iyi kullandığına bağlı olarak değişecektir. Bu, aranan çözümün yaratıcı kişinin kendi deneyimi doğrultusunda aranmasına ve yeni kavramlar geliştirmek üzere alternatif teknolojilere bakılmamasına, yani Psikolojik Atalete yol açmaktadır [7].

Sonuç olarak deneme-yanılma yöntemi hakkında aşağıdaki sonuçlara ulaşılabilir [13]:

1. Yaratıcı kişinin düşünceleri bilinen bir kavramdan bilinmeyen bir kavrama doğru yol alır. Önceden var olan bir araç, yaratıcı kişinin değiştirmeye çalıştığı ilk örnek olarak kullanılır. Bu durum bir dizi başarısız sonuç üretir. Atalet vektörü çözümden uzağa yönlendirme yapar.
2. Yaratıcı kişi doğru çözüm yönünde tamamen yeni bir yol seçmeye zorlanır. Bu yol da başlangıçta kendisi için bilinmezdir. Mantıksal ve güvenli bir şekilde bir başarısız fikirden diğerine bu yolda nasıl ilerlediğini açıklayabilir. Sonra yol aniden bitiverir. Mantıksal açıklamaların yerini fikirlerin kendisini nereye savurduğunu belirten açıklamalar alır.
3. Her ne kadar yaratıcı kişinin ulaştığı sonuç başarılı da olsa araştırması mükemmel olmaktan çok uzaktır.

2.1.1.1. Psikolojik Atalet

"Atalet" kelimesinin psikolojik anlamı, insanın değişimden rahatsız olması ve programlanması sebebiyle belirli bir şeye saplanması demektir. Bu kavram beynin içine yazılandan başka biçim kazanamayan ve alışkanlıklar tarafından yönlendirilmekten dolayı daha iyiye gidemeyen davranışın ifadesidir. Psikolojik Atalet, kişisel yaratıcılık ve problem çözme yeteneğinin önünde, kaynağı "alışılan

biçimde yapma yöntemi" olan birçok engeli temsil eder. Kişiye bazen herhangi bir eylemi yasaklayan, bazen de elindeki ya da kendisine öğretilen bilginin tek doğru olduğunu fısıldayan bir tür iç sestir. Dolayısıyla, psikolojik atalet bir yaklaşımı benimseyenlerin o yaklaşımdan sapamamalarına yol açar. Bu durumun sonuçlarından biri izleklerin standart hale gelmesidir. Ancak bu durum, kullanılan yaklaşımı güvenli kılsa da yeniliğin ve gelişimin engelleyicisi olur. Glenn Mazur, psikolojik ataletin, rasgeleliği yenerek kişiyi sadece kişisel deneyimin olduğu yerlere bakmaya yönlendirdiğini belirtmiştir [10]. Bu bağlamda psikolojik ataletin bilimsel gelişimi yavaşlatan bir unsur olduğu ortaya çıkmaktadır.

Psikolojik atalet incelenirken başta zihinsel fonksiyonlar olmak üzere insani fonksiyonlarla olan bağlantısına bakmak gerekmektedir. Çağdaş bilim, her ne kadar zihinsel fonksiyonlar hakkında tüm bilgilere sahip olmasa da; insan anatomisinin fonksiyonel izlerin tanımlayabilmektedir. Tablo 2.1'de birbirinden bağımsız ancak uyumlu bir şekilde işbirliği yapabilen dört tür insani fonksiyon yer almaktadır.

Tablo 2.1 Temel İnsani Fonksiyonlar [14]

	TEMEL İNSANİ FONKSİYONLAR			
Gereken Dikkatin Seviyesi	**İçgüdüsel Fonksiyon** (Vücut fonksiyonları ve hisler)	**Hareketsel Fonksiyon** (Hareketler ve uzaysal ilişkiler)	**Duygusal Fonksiyon** (Hisler)	**Zihinsel Fonksiyon** (Düşünme ve kavramsallaştırma)
Dikkat gerekli	"Kasıtlı" içgüdüsel fonksiyon	"Kasıtlı" hareketsel fonksiyon	"Kasıtlı" duygusal fonksiyon	"Kasıtlı" zihinsel fonksiyon
Dikkat, dikkat nesnesi tarafından sağlanır	Dikkati çekilen içgüdüsel fonksiyon	Dikkati çekilen hareketsel fonksiyon	Dikkati çekilen duygusal fonksiyon	Dikkati çekilen zihinsel fonksiyon
Dikkat gerekmez	Otomatik içgüdüsel fonksiyon	Otomatik hareketsel fonksiyon	Otomatik duygusal fonksiyon	Otomatik zihinsel fonksiyon

Tablonun son sütunundaki "zihinsel fonksiyonlar" düşünme ve düşünme ile ilgili yeteneklerle bağlantılıdır. Bu grubun en alt parçası olan "otomatik zihinsel fonksiyon" psikolojik ataletin yerleştiği fonksiyon olarak belirtilmiştir. Her fonksiyon bir işin yapılması için gerekli dikkat seviyesine göre üç gruba ayrılmıştır.

En alt bölümde, insan dikkatinin gerekmediği fonksiyonlar yer almaktadır. Bu kısım, ana fonksiyonun kendi kendine iş gören ve tabloda daha üstte yer alan fonksiyonlara hizmet etmek üzere çalışan "otomatik" bölümüdür.

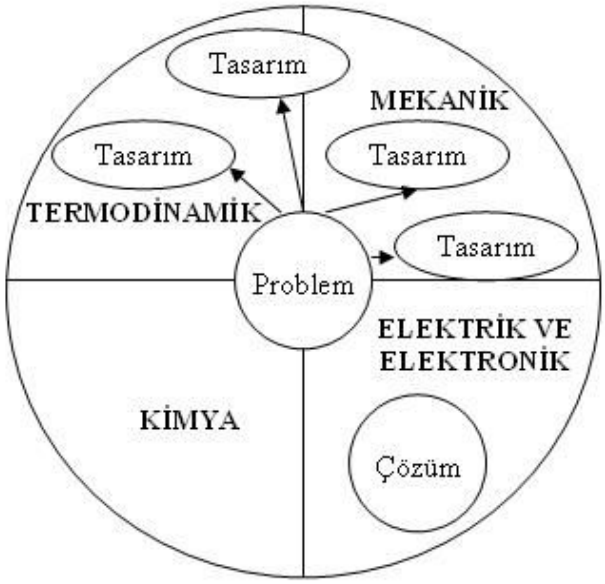
Zihinsel fonksiyonlara odaklanıldığındaysa bu fonksiyonun en alt seviyedeki otomatik kısmının akla uygun, mantıklı fonksiyonlardan sorumlu olduğu görülür. Gerçek "düşünme" eylemi zihinsel fonksiyon sütununun en üst hücresinde yer alırken; en alttaki hücrede bu eylemi destekleyici fonksiyonlar bulunur. İzlenimlerin kaydedilerek bilginin depolanması, bilginin hatırlanarak geri çağırılması ve kelime çağrışımları gibi kavramlar bu tür fonksiyonlardır. Dolayısıyla bu alt bölümde zihnin bir bütün olarak çalışmasında önemli yere sahip olan depolama, arama, geri çağırma, çağrışım gibi fonksiyonlar yer almaktadır.

Gerçek düşünceyi üretme yetisine sahip olmayan otomatik zihinsel fonksiyonun, zihnin yerini almaya kalkması sorunları ortaya çıkarır. Çağrışıma dayalı düşünme, gerçek düşünmenin yerini almaya çalıştığında, sonuçlar aklın depolama biriminde önceden programlanmış olan kelimelere ve kelime çağrışımlarına dayanır. Bu alışkanlıklara göre ilerleyen psikolojik ataletin doğasıdır [14]. Psikolojik Atalet, kişinin problemin çözümünün kendi deneyim ve uzmanlık alanında olacağını düşünmesine ve yeni kavramlar geliştirmek için alternatif teknolojilere yönelmemesine neden olur. Şekil 2.2'de gösterildiği gibi problemin çözümü çözüm uzayının herhangi bir yerinde olabilir ama psikolojik atalet kişiyi sadece uzman olduğu alana yönlendirir.

Kişisel gözlem tarafından fark edilemeyecek değişik biçimlerde ortaya çıkabilen psikolojik atalet problem çözme sırasında gizlenmiş olsa da, basit problemlerde tanınabilir. Güncel teknik problemlerde, bu biçimleri gözlemleyebilmenin zorluğu, ataletin bilinçaltından ortaya çıkan kişisel programlamanın güçlü bir parçası olmasından ileri gelmektedir. Psikolojik atalet, uzun ve maksatlı çabalar sonucu ortaya çıkarılabilir. Kowalick, psikolojik ataletin sonucunun düşük kalitede bir ürün, bir süreç tasarımı veya bir çözüm olduğunu belirtir [15].

Psikolojik atalet konusuna örnek olarak Rockwell International şirketinin otomotiv bölümünün karşılaştığı problem verilebilir. Golf arabalarının frenlerinin tasarımı ile ilgili olarak bir Japon firmasıyla girdikleri rekabette kaybetmekte olan Rockwell, rakibi gibi daha küçük bileşenlerden oluşan fren sistemi tasarlamak için

uğraşmaktadır. Rekabette geride kalmasının altında, kişinin veya şirketin kendi deneyimlerine dayanarak çözüm aramasına ve alternatif yöntemlere bakmamasına neden olan psikolojik atalet vardır. Rockwell sorunu TRIZ yöntemiyle bir bisikletin fren sisteminin daha büyük parçalar kullanmak suretiyle yeniden tasarlayarak çözmüş ve yeni tasarımda 12 parçalık sistemi 4 parçalık bir sisteme indirgeyerek maliyette yaklaşık %50 oranında tasarruf sağlamıştır [10].



Şekil 2.2 İdeal Çözüm Uzmanlık Alanının Dışında Olabilir [6]

2.1.2. Beyin Fırtınası

Beyin Fırtınası yönteminin yaratıcısı Amerikalı psikolog A. Osborn, 1953 yılında deneme-yanılma yöntemi üzerinde geliştirilmeler yapmıştır. Deneme-yanılma yönteminde problem çözme, yaratıcı kişinin bir fikri ifade etmesinin ardından uygun bir sonuca ulaşamama durumuna rağmen sürecin devam ettirilmesi şeklinde gerçekleşir. Fikir üretimi ve üretilen fikrin analizi farklı yetenekler gerektirir. Osborn deneme-yanılma yöntemindeki bu sorunu fikir üretme ve analiz etme aşamalarını birbirinden ayırarak çözme yoluna gitmiştir. Buna göre, bir grup insanın sınırı olmayan bir yeni fikir üretimi sürecini yürüttüğü; diğer bir grubun ise bu fikirleri analiz ettiği bir model ortaya çıkmıştır.

Osborn'a göre beyin fırtınası, yaratıcı bir probleme beyni kullanarak saldırmak suretiyle problemi çözmektir [16]. Domb ise beyin fırtınasını, başlangıçta insanları kullandıkları disipline edilmiş düşünme tarzından kurtarmak, geleneksel düşünmenin

ötesine bakmalarını sağlamak için geliştirilen ve orijinal olarak reklam endüstrisinde kullanılan bir yaratıcılık yöntemi olarak tanımlamıştır [17]. Beyin fırtınası kaotik araştırmayı yok etmeyen; aksine araştırmayı daha da kaotik hale getiren bir yöntemdir.

Beyin fırtınasının ana kuralları aşağıda yer almaktadır [13];

1. Değişik alanlardan gelen insanlardan oluşan fikir üretici bir ekip oluşturulur.
2. Fikirler, hatalar, fanteziler, şakalar da dahil olmak üzere herşey herkesin bir dakikalık bir sürede ifade ettiği şekilde üretilir. Kanıt sağlanmadan söylenebilen bütün fikirler kaydedilir.
3. Bu fikirlerin üretimi süresince sözcüklerle, sessizlikle ya da şüpheci gülümsemelerle bile eleştiri yapmak yasaktır. Grup üyeleri "fırtına" sırasında serbest ve arkadaşça ilişkilerini korumalıdır. Genellikle bir fikrin bir üye tarafından ifade edilmesi ve diğer üyelerin bu fikri geliştirmeleri yolu tercih edilir.
4. Bütün fikirlerin, en uçuk ya da yanlış görünen fikirlerin bile, analizi özenle yapılmalıdır.

Genellikle beyin fırtınası takımları 6–9 üyeden oluşur ve harcanan süre yaklaşık 20 dakikadır. Beyin fırtınası açık bir soru ile başlar ve olgunlaşmamış iyi ve kötü özellikteki fikirlerin listesinin oluşturulmasıyla biter. Beyin fırtınası sürecinde bu fikirleri analiz etmeye kalkmak sürecin bozulmasına yol açar. Süreç bittikten sonra diğer kalite geliştirme araçları ile fikirler analiz edilebilir.

İnsan anatomisi açısından bakıldığında beyin fırtınası, beynin sağ tarafının bir faaliyetidir. Tablo 2.2'de gösterilen sağ ve sol beyin özellikleriyle beraber değerlendirildiğinde, beyin fırtınasının kurallarının katılımcılara resim çizmeyi, bütün fikirleri bir duvara yazmayı, diğer katılımcıların fikirlerini eleştirmemeyi ve fikirlerin sürekli akışını sağlamayı önermesi beynin sağ tarafıyla olan ilişkisini ortaya koyar. Sürecin sonunda fikirler sıralanır, tekrarlamalar yok edilir ve üzerinde durulan süreci geliştirebilecek fikirlerin tipleri için ölçütler uygulanır. Fikirlerin çok olması durumunda fikir kalıplarını görebilmek ve sınıflandırmak için yakınlık diyagramı kullanılır.

Tablo 2.2 Beynin sağ ve sol tarafı için düşünme kalıpları [17]

Beynin Sağ Tarafı	Beynin Sol Tarafı
Kalıpları tanıma	Doğrusal düşünme
Resimsel düşünme	Mantıksal düşünme
Oyunsal düşünme	Sayısal düşünme
Teklifsiz düşünme	Yargılayıcı düşünme

Beyin fırtınası oturumuna katılanların farklı uzmanlık alanlarından gelmeleri psikolojik ataleti engelleyen bir unsurdur. Aynı zamanda beyin fırtınasının kuralları gerçekleşemeyecek olabilecek fikirleri bile teşvik etmektedir. Beyin fırtınası oturumunun katılımcıları uzmanlıklarının dar sınırlarından kurtularak yenilikçi düşüncelerin olduğu bölgeye ilerleyebilmektedirler.

Beyin fırtınası sürecinde takımın bir üyesi bir fikir ortaya atınca, başka bir üye hemen bu fikir üzerinde değişiklikler yaparak yeni bir fikir üretmeye veya fikri geliştirmeye başlar. Bu noktada ilk üye de kendi fikrine başka bir bakış açısı ile bakabilmektedir. Her üyenin katılımıyla fikir gelişimi bir zincir haline gelecek şekilde devam eder. Ancak fikirlerin başarılı bir şekilde gelişmesini sağlayan bu mekanizma bazen çözümün zıt yönünde ilerleyebilir. Başarılı bir beyin fırtınasını yönetmek için,

1. Fikirlere açılmadan önce katılımcı herkesin merkezdeki soruyu anlaması ve bu sorudan tatmin olması gerekir.
2. Başlamadan önce herkese birkaç saniye zaman vererek bazı fikirleri kağıda karalamalarına izin verilebilir.
3. Masanın ya da odanın etrafında dolaşarak ve herkese fikrini söyleme ya da pas geçme olanağı tanımak gerekir.
4. Fikirlerin çok olmasını engellememek, radikal fikirleri desteklemek gerekir.
5. Fikirler hakkında yargılamayı engellemek gerekir.
6. Söylenenleri tam olarak kaydetmek ve herkesin fikirleri bittikten sonra açıklığa kavuşturmak gerekir.
7. Fikir üretimi seyrekleşene kadar durmamak ve geç fikirleri reddetmemek gerekir.
8. Tekrarlamaları ve konu dışı fikirleri engellemek gerekir.

Beyin fırtınasının birkaç çeşidi bulunmaktadır [13]. Bunlar;

- Karşıt Beyin Fırtınası: Makinalardaki ve teknolojik süreçlerdeki eksiklikleri ortaya çıkaran hatalar aranır. Bu, yeni yaratıcı düşüncelerin yaratılmasını sağlayabilir.
- Bireysel Beyin Fırtınası
- Çiftli Beyin Fırtınası
- İki Aşamalı Beyin Fırtınası: Yarım saat süren her bir aşama problem hakkında serbest tartışmaların yapıldığı araları içerir.
- Sıralı Beyin Fırtınası: Problemin ilk hali için beyin fırtınası yapılır, ardından çözümler için beyin fırtınası yapılır, sonra her fikrin tasarıma dönüştürülmesi hakkında beyin fırtınası yapılır. Son olarak üretimin nasıl yapılacağı beyin fırtınası konusu olur.

Beyin fırtınası oturumlarında, fikirlerin mantıksal gelişimlerini tamamlaması için fikir zincirlerinin oluşumunu durdurmak yasaklanmış ve fikir üretim etkinliği artırılmaya çalışılmıştır. Fakat etkinlik ile beraber geçen sürenin artması söz konusu olur. Bu noktada yöntem, niceliğin kaliteyi doğurduğu söylemiyle katılımcı sayısını yüksek tutarak süreyi azaltma yoluna gider. Oturum için yapılan hazırlıklar da hesap edildiğinde beyin fırtınası önemli bir süre gerektiren bir yöntem olup elde edilen kazanç psikolojik atalet yönündeki etkisiz girişimleri azaltmak olmaktadır.

Şimşek, beyin fırtınasının dezavantajları arasında serbest konuşma ortamını sağlamanın zorluğunun, bir üyenin diğerlerini baskı altında tutmasının, problemi bilen kişinin gerekliliğinin, özellikle kolay problemler için uygun olmasının yer aldığını belirtmiştir [18]. Beyin fırtınası sırasında eleştiri yapmak yasaktır. Ancak neredeyse kaçınılmaz olarak, gizlenmiş eleştiri, tartışılan fikrin gelişmesini engelleyecek şekilde yeni fikirlerin ortaya atılması biçiminde tezahür eder.

Beyin fırtınası yeni ürün geliştirme, reklamcılık, süreç yönetimi gibi alanlarda sıkça kullanılan bir problem çözme yöntemidir. Beyin fırtınası sürecinin, yeni pazarlama yolları bulunması sırasında yararlı etkileri olmuştur. Ancak yüksek seviyede yaratıcılık gerektiren problemlerle uğraşırken kayda değer sonuçlar üretemez. Beyin fırtınası problemlerin nedenlerini pozitif bir şekilde tanımlamak, fikirleri anlamlı bir sıraya sokmak ve sonuçları kontrol etmek konularında yardımcı olamaz. Beyin

fırtınasının başarısı sağladığı avantajlarla değil deneme yanılma yönteminden kalan eksikliklerin giderilmesini nasıl sağladığıyla açıklanmıştır [7].

Beyin fırtınası sürecini, profesyonelce yaparak ve sürecin kendisinin etkinliğini artırarak geliştirmek mümkündür. Süreç etkinliğini artırma üzerine yapılan araştırmalar beyin fırtınası yönteminde bazı kavramsal hatalar olduğunu ortaya koymuştur. Beyin fırtınası ataleti yenmeyi sağlarken düşünme sürecinin kontrolünü reddetmektedir. Düşünce bir noktadan harekete başlar, hız kazanır, ancak sıklıkla durması gereken noktayı kaçırır. Yapılan deneylerde birçok kez bir üyenin doğru yönde ilerleyen bir düşünceyi ortaya attığı; bir diğerinin bu düşünceyi geliştirdiği ve sonuca varmaya çok az kaldığında başka birinin tamamen yeni bir fikir ortaya atarak düşünce zincirin kırılmasına, takımın başlangıç noktasına geri dönmesine neden olduğu görülmüştür [13].

2.1.3. Morfolojik Analiz

Bazı yaratıcı kişiler karşılaşılan her bir problem için bütün alternatiflerin listesinin oluşturulmasının olanaklı olup olmadığını araştırmıştır. Böyle bir listeye sahip olmak herhangi bir olasılığı kaçırma riskini ortadan kaldıracaktır. Bir problemin tüm alternatiflerinin listesini oluşturmak için gereken özel bir yöntem 1942 yılında Amerikalı astronomi bilgini F. Zwicky tarafından geliştirilmiş ve "Morfolojik Analiz" olarak adlandırılmıştır.

Yaratıcı düşünme sürecini organize edecek böyle bir yöntemin bir astronomi bilgini tarafından bulunmuş olması her ne kadar sıradışı gözükse de akla uygun bir açıklaması vardır. Astronomi, bilimler arasında yıldızlar, galaksiler gibi büyük dinamik sistemlerle uğraşan ve bu sistemlerin analiz edilmesini ihtiyacını hisseden ilk bilim dalıdır. Yirminci yüzyılın başında Hollandalı astronomi bilgini Ejnar Hertzsprung ve Amerikalı astrofizikçi Henry Norris Russell, bir ekseni yıldızların tayf sınıflarını, diğer ekseni parlaklığı gösteren tayf parlaklık tablosunu geliştirmiştir. Bu tabloyla her yıldız tayf sınıfının belirli bir parlaklığa sahip olduğunun bulunması sonsuz sayıda yıldızın bir hat boyunca organize oldukları bir düzeni ortaya çıkarmıştır. Bu keşifle ana sıralama hattında tayf değişiklikleri, yıldız yaşları, yıldız kaymaları gibi yıldız gelişimlerinin anlaşılması daha düzenli bir hale gelmiştir [13]. İlerleyen yıllarda astronomik düşünmede çok büyük bir etkiye sahip olan

Hertzsprung-Russell tablosu geliştirilmiş ve Giant (dev) ve Dwarf (cüce) yıldızları için yeni hatlar bulunarak büyük boyutlu yeni tablolar oluşturulmuştur.

1939 yılında, bu tablo üzerindeki boş alanları analiz eden Zwicky nötron yıldızların varlığını teorik olarak kanıtlayarak önemli bir keşif yapmıştır. Üç yıl sonra, roket tasarımı üzerinde çalışma teklifi alan Zwicky, çok boyutlu tablolar kullanan bu yöntemi geliştirerek adını Morfoloji olarak belirlemiştir.

Bu yöntemin esası, nesnelerin birleşimlerinin ana özelliklerinin eksenleri oluşturduğu çok boyutlu tabloların (morfolojik kutular) yaratılmasıdır. Örneğin, dalgıçları hareket ettiren sırt çantası için en uygun tasarımı için alternatifler geliştirmekle süreç başlar. Bir elektrik motoru veya batarya kullanılması; türbinde sıkıştırılmış havanın enerjisinin kullanılması, türbin yerine balık kuyruğu şeklindeki paletle sıkıştırılan havanın enerjisinin kullanılması gibi alternatifler sunulabilir.

Bu örnekte, düşünceleri sınıflandırmadan morfoloji yönteminin kullanılması bir eksende kullanılabilir enerjilerin (elektrik, mekanik, kimyasal, vb.), başka bir eksende hareket motorlarının (elektrik motorları, türbinler, çeşitli tipte roket motorları), üçüncü bir eksende de kullanılabilir sevk elemanlarının (vida, palet, roket) yer aldığı çok boyutlu bir tablonun oluşturulmasını gerektirir. Yaklaşık tüm birleşimleri kapsayan bu morfolojik kutuyu daha fazla ve uzun eksenlerle tanımlamak olanaklıdır. Zwicky'nin kendisine verilen görevde sadece bir tip roket motorunun tahmini için oluşturduğu bu tür bir kutuysa on bir eksen ve 36.864 kombinasyon içermiştir.

Bu durum Morfolojik Analiz yönteminin en önemli zayıflığını işaret etmektedir. Bu yöntemle orta seviye zorlukta bir yaratıcı problemin çözümü için yüzlerce, binlerce hatta milyonlarca varyasyon bulunması mümkündür. Tüm eksenlerin ve eksenler boyunca oluşturulan sınıfların, kutunun oluşturulması sırasında ele alınmasından dolayı kesinliğin eksik olması yöntemin bir başka olumsuz yönüdür. Bu yöntemde çözüm alternatiflerinin sezgisel yolla aranması, yerini eksenlerin ve sınıfların sezgisel yolla aranmasına bırakmıştır. Bunun avantajı, küçük değişiklikler yerine çok sayıda unsurun sınıflandırılmasını sağlamasıdır. Buna karşılık, bir eksene dikkat edilmemesi büyük bir değişken grubunun değerlendirme dışı kalmasına neden olmaktadır. Eksenler ve değişkenlerle en karmaşık durumları da göz önüne almak mümkünken bazen en ilginç durum psikolojik engellerin ardında kalarak ortaya

çıkarılamayabilir. Ancak geleneksel sınıflandırma süreçlerine göre Morfolojik Analiz önemli ve büyük bir adım olarak kabul edilir [13].

Bu yöntem en etkili olarak, genel bir tasarım problemi çözümünde veya yeni bir kavramsal çözümün araştırmasında kullanılmaktadır. Değişkenlerin daha yönetilebilir olmasını sağlamak için soruların ve önerilerin bir listesi oluşturulabilir. Buna "Pilot Sorular" adı verilmiştir. Ancak aslında her soru bir deneme ya da bir deneme serisidir. Listeler yapılırken yaratıcı deneyime bağlı olarak nispeten en güçlü sorular seçilir. Ancak bu sorular, yaratıcı sürecin iç mekanizması düşünülmeden seçildiği için, listelerde neyin yapılacağı yer alırken nasıl yapılacağından bahsedilmez. Pilot Sorular psikolojik ataletin bir dereceye kadar azaltılmasını sağlarlar.

2.1.4. Sinektik

Beyin fırtınası yöntemini geliştirmek için sadece bir yöntemin değil farklı yöntemler grubunun geliştirilmesini ve bu yöntemler grubunun, metodik problem çözme sürecinde deneyim kazanacak olan özel eğitimli insanlardan oluşan bir grup tarafından kullanılacağı şekilde sürecin organize edilmesini içeren bir yön bulunmuştur. Bu varsayımı temel alan Amerikalı araştırmacı William Gordon, "Sinektik" isimli yöntemi geliştirmiş ve 1960 yılında Sinektik isimli şirketi kurmuştur [13].

"Sinektik" Yunanca'da farklı elemanların birleşimi anlamına gelmektedir. Kurulan şirketin amacı da üst üste konulamayacak unsurların birleşimi ve hayal gücünün sınırsız eğitimi ile yaratıcı bir biçimde problem çözmek için değişik uğraşlara sahip kişilerin bir araya getirilmesi olmuştur. Sinektik'in temelinde gruplarla organize edilen beyin fırtınası süreci yer almaktadır. Değişik uzmanlık alanlarına sahip kişilerden oluşturulan gruplar, deneyim kazanarak ve yöntemleri öğrenerek rasgele bir araya getirilen gruplardan daha etkin olurlar.

Sinektik grubu bir problemi çözmeye, problemi verildiği şekliyle öğrenerek başlar. Ardından problem her üyenin anlayabileceği bir yapıya dönüştürülür ve gerçek problem çözme sürecine geçilir. Bu süreçte, problemi farklı bir açıdan ele almaya yönelik sistematik denemeler yapılarak alışılmış kalıpları yabancı kalıplara çevirip tekrar alışılmış hale dönüş amaçlanır. Bu şekilde psikolojik ataletin yok edilmeye

çalışıldığı Sinektik yönteminde bunu gerçekleştirmek için aşağıda yer alan farklı analojiler kullanmaktadır [13]

1. Doğrudan Analoji: Verilen konu doğada ya da teknolojinin başka bir alanındaki bir konuya benzetilir. Örneğin, eşya boyama sürecini geliştirmek için yapılan doğrudan analoji, kuşların, çiçeklerin doğal olarak nasıl pigment edindiklerinin veya kağıtların nasıl boyandığının veya renkli bir televizyonda renkli görüntülerin nasıl elde edildiğinin analiz içerebilir.
2. Kişisel Analoji: Empati olarak da adlandırılır. Burada problemi çözen kişi sistemin his ve duygularını hayal ederek "sistem"in kendisi olur. Eşya boyama örneği düşünüldüğünde, kişi kendini rengini değiştirmek isteyen beyaz bir karga olarak hayal edebilir.
3. Sembolik Analoji: Genelleştirme ve soyut analojidir. Örneğin, bir tekerleğin gıcırtılı yüzeyinin özelliği, gıcırdayan tekerleğin sertliği için sembolik bir analojidir.
4. Hayali Analoji: Probleme bazı hayali yaratıklar eklenir. Bu yaratıklar problemin gerektirdiği şartları yerine getirirler.

Sinektik süreci çözüm taktiklerini geliştirmek amacıyla kayıt altına alınmalı ve analiz edilmelidir. Sinektik güçlü bir yaratıcı yöntem olmasına rağmen belli sınırlara sahiptir. Altshuller'e göre Sinektik, teknik sistemlerin evriminin nesnel kanunlarına dair yapılan çalışmadan çıkarılmış bir yöntemler grubudur [13].

2.1.5. Pareto Analizi

19. yüzyılda yaşayan İtalyan sosyolog ve ekonomist Vilfredo Pareto bir ülkedeki refahın %80'inin o ülkedeki insanların %20'si tarafından sahiplenildiğini belirten ekonomi kuralını temel alarak birçok durumda ortaya çıkan sonuçların %80'inin, nedenlerin %20'sinden kaynaklandığını ileri sürmüştür. Hataların büyük bir kısmının az sayıda nedenden oluştuğunu belirten bu gözlem, günümüzde "80:20 Kuralı" olarak da adlandırılmaktadır. Problemlerin nedenleri genellikle, problemlerin büyük bir kısmının birbiriyle bağlantılı az sayıdaki baskın nedenden kaynaklandığını ifade eden Pareto prensibine uygundur. Bu prensip problem çözümünde bu büyük kısmın altındaki küçük sayıdaki nedene yoğunlaşmayı önerir [19].

Pareto Teorisi çıkışının ardından Joseph M. Juran tarafından problemin esaslarına ve kökenlerine dair bir yaklaşım olarak güncelleştirilmiştir. Bu analiz yöntemi veri kütlesi içindeki belirli kalemleri seçmek için güçlü bir araç olup, en önemli birkaç problem üzerinde dikkati yoğunlaştırarak önceliklerin belirlenmesine yardımcı olduğu için verimlilik analizinde yararlı olmaktadır [18].

Bu yöntemde bir problemin önemli nedenlerini daha az önemlilerden ayırt etmek için Pareto Diyagramı adı verilen çubuk diyagramı kullanılır. Problemin nedenlerini azalan düzende gösteren bu diyagram büyük kayıplara neden olan küçük problemlerin belirlenmesine olanak sağlar. Ayrıca olayların sıklık, zaman ve önem sırasına göre grafik üzerinde dizilmesiyle hangi sorunun daha önce ele alınması gerektiği konusunda yardımcı olur. Yüzde onluk bir öneme ve önceliğe sahip bir probleme, zamanın yüzde sekseninin ayrılması akılcı değildir. Böylece problemleri önem ve öncelik sırasına göre çözme yoluna gidilir. Az sayıdaki faktörün geliştirilmesi çabalarına odaklanmak, yönlendirilmemiş çabalardan çok daha etkili ve maliyet azaltıcı bir davranış olur [20].

Kaliteyi etkileyen unsurların değerlendirilmesi için toplanan verilerin gösterildiği Pareto diyagramları, bu unsurların probleme etkilerini de gösterir. İlk aşamada problemi yaratan tüm etmenler belirlendikten sonra değerlendirme bu etmenlerin büyüklük sırasına göre yapılır. Pareto diyagramları, sorunun önemini, neden olduğu maliyet kaybı veya oluş sıklığına göre gösterirler. Pareto diyagramı oluşturulurken aşağıdaki adımlar izlenir [18];

1. Probleme neden olan etmenler belirlenerek veriler toplanır. Toplanan veriler kontrol formlarında derlenir.
2. Etmenler sıklıklarına göre büyükten küçüğe doğru sıralanır.
3. Yapılan sıralamaya uygun çubuk grafik oluşturulur.
4. Her faktörün toplam içindeki yüzdesi bulunur.
5. Sağ dikey eksende yüzde değerleri olacak şekilde birikimsel yüzde çizgisi çizilir.

Lastik üretiminde reddedilen sırtlarla ilgili problem örnek olarak alındığında Pareto Analizi için veri toplama işlemi başlatılır ve toplanan veriler Tablo 2.3'deki gibi tablo halinde derlenir.

Tablo 2.3 Yıl içinde reddedilen 500 adet sırtın ret nedenleri ve sıklığı [18]

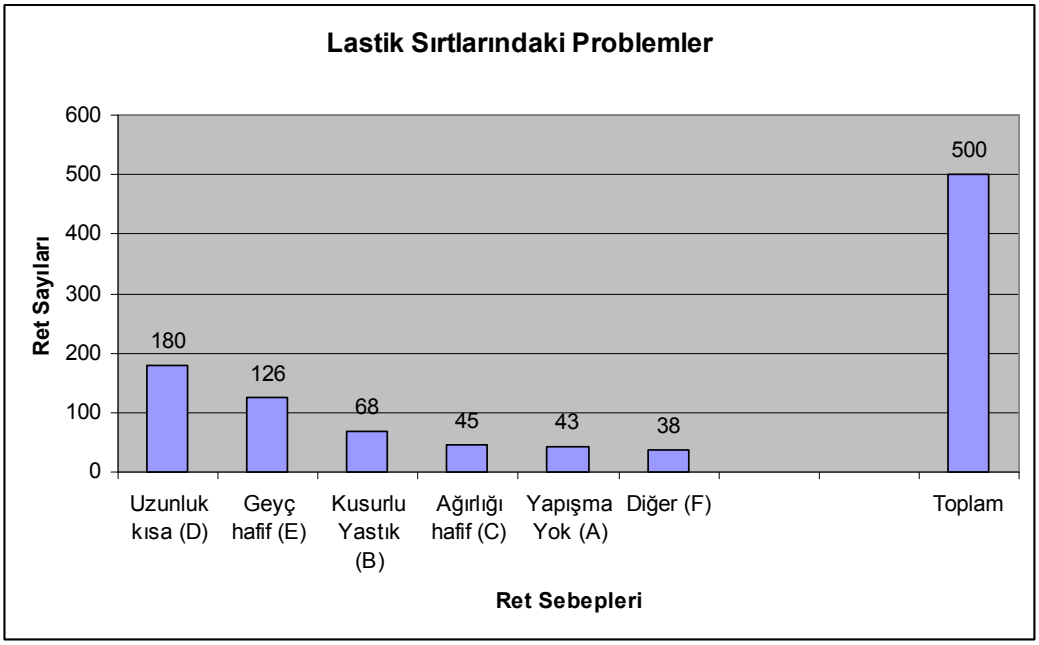
Sebep	Ret Adedi
Yapışma Yok (A)	43
Kusurlu Yastık (B)	68
Ağırlığı hafif (C)	45
Uzunluk kısa (D)	180
Geyç hafif (E)	136
Diğer (F)	38
Toplam	500

Ardından bu nedenler Tablo 2.4'te gösterilen şekilde sıklıklarına göre sıralanırlar.

Tablo 2.4 Faktörlerin sıklığa göre büyükten küçüğe sıralanması [18]

Sebep	Ret Adedi
Uzunluk kısa (D)	180
Geyç hafif (E)	136
Kusurlu Yastık (B)	68
Ağırlığı hafif (C)	45
Yapışma Yok (A)	43
Diğer (F)	38

Sıralama yapıldıktan sonra en sık nedenden en seyrek olanına doğru azalan düzende çubuk diyagramı çizilir. Şekil 2.3'te örnek problemin çubuk diyagramı yer almaktadır.



Şekil 2.3 Faktörlerin sıklık sırasına göre grafik şeklinde çizilmesi [18]

Bunun ardından Tablo 2.5'te görüldüğü gibi her etmenin toplam içindeki yüzdesi bulunur ve birikimsel yüzdeyle beraber tablo haline getirilir. Bundan sonraki adımda bu yüzde değerlerine göre birikimsel yüzde çizgisi çizilir.

Tablo 2.5 Her faktörün toplam içindeki yüzdesinin bulunması [18]

Sebep	Ret Adedi	%	Birikimsel %
Uzunluk kısa (D)	180	36	36
Geyç hafif (E)	126	25,2	61,2
Kusurlu Yastık (B)	68	13,6	74,8
Ağırlığı hafif (C)	45	9	83,8
Yapışma Yok (A)	43	8,6	92,4
Diğer (F)	38	7,6	100
Toplam	500	100	

Birçok durumda iki ya da üç kategori diğerlerinin üzerine çıkar. Bu az sayıda kategori odaklanılması gereken yüksek etkiye sahip noktalar olurlar. Eğer bu konuda şüphede kalınırsa aşağıdaki yollar izlenebilir [20]:

- Birikimsel yüzde çizgisindeki kırılma noktasına bakılır. Bu nokta çizginin eğiminin düzleşmeye başladığı yerde ortaya çıkar. Eğrinin en dik noktasının altındaki faktörler en önemli olanlardır.
- Eğer çizginin eğiminde açıkça görülebilen bir değişim yoksa problemin en az %60'ını oluşturan faktörlere bakılır.
- Eğer çubuklar benzer boyutlardaysalar ya da %60'ı bulmak için kategorilerin yarısından fazlasına ihtiyaç varsa daha farklı bir kategori seçimi yapmak denenebilir.

Pareto analizi uygulanırken dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır [19]:

- Problemler veya süreçler seçilerek bölünebilir verilerde kategorilerin türü doğru olarak belirlenmelidir.
- Yatay eksende yüzde oranının, düşey eksende eylem veya nedenin yer aldığı diyagram oluşturulmalıdır.
- Yatay eksen eşit aralıklara bölünmeli ve her çubuk değişik kategorileri ifade edecek şekilde tanımlanmalıdır.

- En büyük değere sahip kategori en solda yer alacak şekilde ve azalan düzende kategori çubukları sıralanmalıdır. Kolay tanımlama için her çubuğu adlandırmakta fayda vardır.
- Diyagramın ve her çubuğun tanımlayıcı bir ismi olmalıdır.
- Diyagramda önemli etmenler ayırt edilmiyorsa başka kategoriler kullanılmalıdır.

Pareto diyagramı, problemin nedenlerini karşılaştırıp analizini yapmayı kolaylaştıran, en önemli problemlerin belirlenmesinde yardımcı olarak önemsiz olanlarla uğraşarak kaybedilecek vakti kazandıran, karmaşık hesaplamalara gerek kalmadan hazırlanabilen ve geliştirmeye yönelik çalışmaların sonuçlarını görmeyi sağlayan bir araçtır.

2.1.6. Dağılım Diyagramları

Dağılım diyagramları, ürünün kalitesini etkileyen herhangi iki özellik arasında ilişki olup olmadığının belirlenmesi esasına dayanan ve hatayı meydana getiren unsurun gerçek neden olup olmadığını belirlemek için kullanılan bir araçtır [19]. Bu yöntemde, iki farklı değişken arasındaki ilişki incelenir. Bir değişkendeki artış veya azalmanın ikinci bir değişkeni nasıl etkilediği dağılım diyagramı sayesinde bulunur. Bu araç iki değişken arasında neden sonuç ilişkisinin varlığına dair sorunlar için kullanılmaktadır.

İki değişkenin aralarındaki ilişkinin yönünü ve şiddetini bilmek çeşitli kombinasyonlar aracılığıyla ürünün kalitesine etki etmeyi mümkün kılar. Aralarında bir tür ilişki bulunan ve değişimleri birbirlerini etkileyen iki değişkene dair belirlenen bir sürede 50 ila 100 arasında örnek alarak hesaplamalara başlamak uygun bir dağılım diyagramını oluşturmak için şarttır [18]. Bu yöntem, iki farklı değişkene ait verilerin arasındaki ilişkinin grafik yoluyla gösterimi tekniğidir.

Diyagramın yatay ekseninde neden olarak görülen değişken yer alırken, dikey eksende önceki değişkenin değişiminden etkilenen değişken yer alır. Bir değişkenin artışı diğerininkini tetikliyorsa aradaki ilişki pozitif ilişki, tersi oluyorsa negatif ilişki olarak adlandırılır [19]. Dağılım diyagramı iki değişken arasında ilişki olduğu varsayımını sınamak için kullanılırken önemli olan birbirinden etkilenen değişkenlerin diyagrama yerleştirilmesidir. Aksi halde diyagramdan doğru sonuç elde etmek mümkün olmaz. Bu yöntemle bir değişkenin diğerinin nedeni olduğu

sonucu çıkarılamasa da arada nasıl bir ilişki olduğu konusunda fikir edinilebilir. Dağılım diyagramlarında noktalardan oluşan veri kümesinin sıklığı ve yönü ilişki hakkında bilgi verir. Aynı anda artan ve azalan değişkenler pozitif ilişkiye, biri artarken diğeri azalanlar negatif ilişkiye, veri kümesi pozitif ilişkide olduğu gibi çok belirgin olmasa da aynı anda artış ve azalışa doğru yoğunlaşanlar olası pozitif ilişkiye, tersi durumda olanlar negatif ilişkiye sahiptirler. Veri kümesi her yönde dağınık noktalardan oluşuyorsa değişkenler arasında ilişki olmadığına hükmedilir.

2.1.7. Kontrol Çizelgeleri

Bir kişinin on kere imza attığında her imzanın benzer ancak tamamen aynı olmaması gibi her süreç de değişkendir. Bu örnekte farklılığın bilinebilir sınırlarının olduğu doğal bir değişkenlik vardır. İmza atarken kişinin kolu oynatılırsa, imzada "özel neden" olarak adlandırılan sebepten ötürü alışılmadık bir değişiklik olur. Elmas keserken bu yapılırsa özel sebebin maliyeti pahalı olur. Süreçlerde özel sebepleri oluştuklarında görebilmek önemlidir. Bunun yanında kontrol edildiğinde maliyet kazandırıcı "bilinen sebep" değişkenliği vardır [21]. Herhangi bir süreçte üretilen ürünler birbirlerine tamamen benzememesinden dolayı ortaya çıkan değişkenliği gözlemlemek için kalite araçlarından biri olan kontrol kartlarına ihtiyaç duyulur. Bu araç, sürecin hem dengesini hem de yeterliliğini belirlemede yardımcı olur.

Kontrol çizelgeleri, yöntemleri görüntülemek, yöntemin kontrol dışına çıktığını belirlemek ve bundan dolayı yöntemden doğrulanmamış çıktıları korumak için kullanılır. Kontrol çizelgeleri ihtiyaçlar tarafından belirtilen şartların limitleri değildir fakat bunun yerine yöntemin önceki sabit performansını yansıtır [18]. İstatistiksel kalite kontrolün temelindeki kontrol tablolarıyla işlerin gidişatına bakılarak üretim sürecinde yapılması gereken değişiklikler belirlenebilir. Bunu yapabilmek için normal ve anormal durumların tespitini sağlayacak ölçütler tanımlanmalıdır.

Bir üretim sürecini kontrol altına almak gelişmeleri gösteren tüm noktaların belirlenen kontrol sınırları içinde belirli bir şekil oluşturmadan kalmalarını sağlamak demektir [19]. Dolayısıyla noktaların kontrol sınırının dışında olması ya da sınır olmalarına rağmen belirgin bir şekil oluşturmaları düzgün gitmeyen bir durumun varlığına işaret eder. Kontrol çizelgelerinin üç temel bileşeni vardır [21]:

- Merkez çizgisi: genellikle gösterilen örneklerin matematiksel ortalamasıdır.
- Üst ve alt kontrol limitleri: bilinen sebep varyasyonlarının kısıtlarını tanımlar.

- Performans verileri: zaman içinde çizelgeye yansıtılır.

Bir üründe değişikliğe yol açan ve saptanabilen etmenlerin neden oldukları problemleri bulmak ve gerekli önlemleri almak için kullanılan kontrol çizelgelerinin hazırlanabilmesi için süreçten düzenli olarak veri toplanması gerekmektedir. Kullanıldıkları veri türüne göre değişken kontrol çizelgeleri ve nitelik kontrol çizelgeleri olarak isimlendirilen iki tür kontrol çizelgesi vardır [19]. Değişken kontrol çizelgelerinde her bir değişkenin zaman içindeki değişimi ayrıntılı olarak izlenebilirken; nitelik kontrol çizelgelerinde ilgili ürünün üretiminde ıskartaya ayrılan birimlerin yüzdesinin zaman içinde nasıl değiştiğini takip etmek mümkündür.

Kontrol çizelgeleri, bir üründe tesadüfler haricinde belirli ve çözülebilir problemlerden kaynaklanan değişiklikleri istatistiksel olarak gösterebildiği için süreç kontrol işlemlerinde kullanılması uygun olan bir yöntemdir. Ancak bu yöntemle problemin varlığı belirlenirken problemin ne olduğunu anlamak çizelgeyle uğraşan kişiye kalmaktadır. Kontrol çizelgeleri hazırlanırken incelenecek şartlar şunlardır [18]:

1. Her bir kalite özelliği için ayrı kontrol çizelgesi düzenlenir.
2. Numune alma çizgilerinden faydalanarak yeterli sayıda birim gelişigüzel olarak çekilir ve ölçüm değerleri kaydedilir.
3. Kontrol çizelgesinin türü belirlenir.
4. İlgili tablolardan yararlanılarak alt ve üst limitler hesaplanır.
5. Ölçeklendirilerek alt ve üst limitler grafiğe aktarılır. Zamana bağlı üretimle ilgili noktalar işaretlenir ve kontrol çizelgesi hazırlanır.
6. Kontrol çizelgelerinde limit dışı noktalar belirlenir, nedenleri bulunarak düzeltici ve önleyici faaliyet uygulanır.

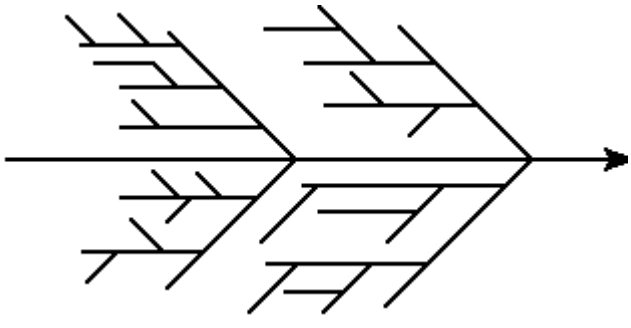
Kontrol çizelgelerindeki limitler, sürecin doğal limitleri olup, sürecin ne yaptığını gösterirken ne yapması gerektiği hakkında bilgi vermez. Kontrol alanının sınırlarını belirleyen bu limitlerle sürecin mevcut şartları altında kendi içerisinde ne kadar değişken davrandığı belirlenebilir. Sürecin değişkenliği toplanan verilere yansıtılarak var olan limit değerleri değiştirilebilir.

2.1.8. Neden-Sonuç Diyagramları

Bir problemin çözümünde nedenleri, problemin belirtileri içinde aramak önemlidir. Neden-sonuç diyagramı belirli bir problemin olası nedenlerini belirlemek için kullanılır [19]. Bu yöntem, problemin içeriğine odaklanarak probleme dair bilginin ortaya çıkmasını sağlar. Neden-sonuç diyagramları üretim süreçlerine etki eden ve kalite sorunlarının kaynağında yer alan problemlerin bir düzene göre var olan gerçek nedenlerini belirlemek için kullanılır. Elde edilen sonuçlar Balık Kılçığı diyagramı olarak da adlandırılan çizelgelerde gösterilir.

Neden-sonuç diyagramları tek bir çıktıyla sonuçlanan bütün potansiyel ve gerçek girdilerin keşfedilmesi için kullanılır. Nedenler, önem derecelerine ya da detay derecelerine göre ayarlanırlar ve olayların hiyerarşisinin ve ilişkilerinin tasviri yapılır. Bu yöntem, kaynak nedenlerin aranmasına, problemlerin olabileceği alanların tanımlanmasına ve değişik nedenlerin nispi önemlerinin karşılaştırılmasına yardımcı olur [22].

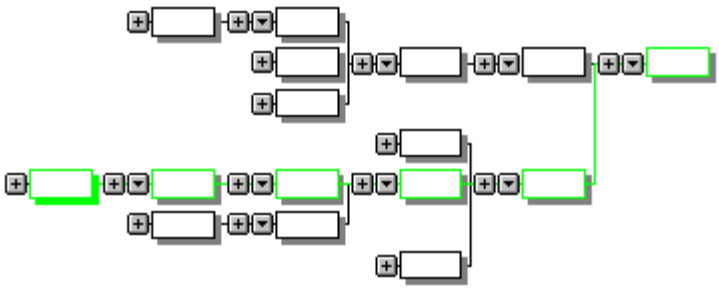
Bu diyagramın bir analiz yöntemi olarak tanınması, yaygınlaşması ve kalite çemberlerinin faaliyetlerine uyarlanması Kauro Ishikawa'nın katkılarıyla olmuştur [18]. Dolayısıyla "Ishikawa Diyagramı" ya da şeklinden dolayı "Balık Kılçığı Diyagramı" olarak isimlendirilen bu analizler, kalite kontrolü, maliyet kontrolü, üretim denetimi, tasarım işleri, güvenlik, alım-satım gibi çok çeşitli konularda sorunların sebeplerinin tespit ve analiz edilmesinde kullanılır. Diyagramın balık kılçığına benzer yapısında ana neden kategorileri, Şekil 2.4'te gösterildiği gibi balığın belkemiğine bağlı kemikler olarak çizilir.



Şekil 2.4 Balık Kılçığı Diyagramı [22]

Bununla beraber bu diyagramlar kendine doğru dönen bir ağaca benzeyen ağaç diyagramı olarak da çizilebilir. Tek bir gövdeden, bu gövdeyi yaratan nedenlerin ana kategorilerini temsil eden dallar uzanırlar. Bu geniş dallar giderek küçülen dallara

ayrılırlar. Bu diyagramın balık kılçığı diyagramına karşı avantajı ise; balık kılçığı diyagramında büyüme oldukça maddelerin diyagramın her tarafına yayılmasından dolayı sonuca aynı mesafedeki maddelerin karşılaştırılması zorlaşır. Oysa Şekil 2.5'te görüldüğü gibi ağaç diyagramında aynı neden seviyesi dikey olarak yerleştirilir [22].



Şekil 2.5 Ağaç Diyagramı [22]

Kontrol çizelgeleri ya da beyin fırtınası kullanılarak bulunan nedenler ile oluşturulan diyagramdaki en uygun neden, analiz edilmek üzere seçildikten sonra yöntemlerden gelen değişiklikler hesaba katılarak inceleme yapılır. Neden-sonuç analizi süreci altı aşamada özetlenebilir [18]:

1. Sorun olabildiğince doğru ve eksiksiz bir şekilde tanımlanır.
2. Tanımlanacak muhtemel neden için temel gruplamalar belirlenir. Herhangi bir sayıda gruplama mümkün olmakla birlikte malzeme, yöntem, makina ve insan gücü en yaygın kullanılanlardır.
3. Tüm üyeler beyin fırtınası oturumuna katılır. Sayfanın ortasına soldan sağa, sağ tarafta kutu içinde sonuç (sorun) yer alacak şekilde ana kılçık çizilir. Sonuca etki eden farklı kategoriler bu ana kılçık üzerine, yine kutu içinde olacak şekilde çizilir. Belirlenen diğer nedenler küçük kılçıklar olarak temel kılçıklara eklenir.
4. Tüm nedenler oylanır. Üyeler birden fazla nedene oy verebilirler.
5. En fazla oy alan nedenler işaretlenir. Üyeler muhtemel nedenler üzerinde tartışma açabilirler. Her türlü tartışma bittikten sonra ikinci oylamaya geçilir. Bu oylamada her üyenin tek oy hakkı vardır.
6. En fazla oyu alan neden, o soruna yol açıp açmadığını anlamak amacıyla doğrulanır.

Başarılı bir neden-sonuç diyagramı oluşturmak için her katılımcının problemin tanımı ya da sonuç üzerinde başlangıçta aynı fikirde olması sağlanmalıdır. Kısa ve özlü tanımlamalar yapılarak, her nokta için nedenler düşünülüp diyagrama eklenmesinin ardından her bir neden çizgisinin kaynağa kadar izlenmesi gerekir. Bu süreçte boş kalan dalların daha dolu olanlara eklenmesi ya da çok nedene sahip kalabalık dalların bölünmesi dikkate alınmalıdır. Bu aşamanın ardından, gerekli inceleme yapılarak daha derinlemesine araştırılması gereken neden belirlenmelidir.

2.1.9. Histogramlar

Tekrarlanan olayların sahip olduğu değişkenlik herhangi bir örnekteki iki ölçümün tamamen birbirinin aynısı olmamasıyla ortaya çıkar. Histogram, verilerin görsel olarak sunulduğu özel bir grafik türüdür. Histogramda hemen hemen birbirine özdeş unsurların ölçümlerindeki değişiklikler gösterilir [18]. Bir tür veri toplama aracı olan histogram, çeşitli değişkenlerin ortaya çıkış sıklığının dağılımını bir diyagram ile göstermek için kullanılır. Değişkenlere ait sürekliliğe sahip verilerin dağılımını istatistiksel bir diyagram yoluyla gösteren bu yöntemde, verilerin sayısı arttıkça dağılımları hakkında daha net bilgi edinilebilir.

Ishikawa, işletmelerde kaliteyi geliştirmenin yanı sıra hammadde depolaması, enerji tasarrufu, güvenlik, verimlilik gibi çeşitli alanlarda histogramların çok yararlı biçimde kullanıldığını belirtmiştir [19]. İşletmelerde değişik şekillerde toplanan veriler günlük raporlar, tablolar veya çizelgeler halinde düzenlenir. Histogramlar da bu verilerin yorumlanması ve kullanımı için başvurulan tekniklerden birisidir. Özel bir grafik türü olan histogramlarda belirli bir zaman aralığında toplanarak sınıflandırılan verilerin görsel olarak incelemesi ve değerlendirilmesi yapılabilir. 50 ila 100 arasında verinin toplanmasının ardından histogramdaki sütun sayısı ve genişliği belirlenir. Grafiğin yatay ekseninde ölçüm değerleri tekil veya grup olarak yer alırken, düşey eksende bu değerlerin sıklıkları bulunur. Bu şekilde verilerin ortalaması ve dağılımı hakkında bilgi edinilerek müşteri gerekliliğine göre belirlenen sınırlarla karşılaştırma yapılır. Diyagram sayesinde sürecin sınırlarının dışında bir durumun varlığı veya değişkenliğin istenen seviyeden farklı olup olmadığının yorumu yapılır ve bir anormallik olduğu görülürse bunu yaratan problem bulunarak çözüm araştırmasına başlanır.

2.1.10. Poka-Yoke (Hatadan Sakınma) Analizi

Poka-Yoke, Türkçe'ye "hatadan sakınma" olarak çevrilen ve Japonca Poka (Hata) ve Yokeru (Sakınmak) kelimelerinden türeyen isme sahip bir kavramdır. Japon mühendis Shigeo Shingo tarafından geliştirilen Poka-Yoke, "hataların oluşumunda, özürlü ürün kullanılmasını önleme sistemi" olarak tanımlanır [18]. Sistemin esas amacı sıfır hataya ulaşmaktır. Yöntem hatayı sonunda düşük kaliteli veya hatalı ürün oluşan bir süreç olarak algılar. Üretim sürecinde belirlenen kuralların dışına çıkılması hata oranını artırırken, Poka-Yoke'nin amacı yapılan hatayı tekrarlamamayı sağlayacak sürekli iyileştirmeye dayalı bir sistemin kurulmasıdır.

Bir hatanın oluşması durumunda iki tür düşünce ortaya çıkar. Bir tanesi hatanın insan unsuruyla kaçınılmaz olduğunu ve ortaya çıkan hatalı ürünün müşteri tarafından görüleceğini belirtirken; diğeri bu hatalardan ders almanın ve bunları önlemenin mümkün olduğunu söyler. İkinci görüşün başarısı için sıfır hatayı hedefleyen sistemler geliştirilebilir. Sıfır hata her tür iş sürecinde geçerliliğe sahip olan, hataların ve hatalara neden olan etmenlerin belirlenmesi ve hataların kaynağında önlenmesi için sistematik çabaların tümünü içeren bir kavramdır. Hatalar belirlendikten sonra, bunların analizi edilmesi, karşı önlemlerin belirlenerek etkinliklerinin takip edilmesi önemlidir. Hataları önlemede iki tür yaklaşım vardır [18]:

1. Klasik yaklaşım: Hata oluşur ve sonucunda kusurlu ürün ortaya çıkar. Çeşitli yöntemlerle belirlenen kusurlu ürünler analiz edilir, sonuç hakkında hatanın olduğu yere bilgi verilir ve tekrarı önlemeye yönelik tedbir alınır.
2. Kaynağında kontrol: Hata oluşur ancak kusurlu ürün oluşmadan analizi yapılır ve analiz sonucuna göre önleyici tedbir alınır.

Bir hataya neden olabilecek etmenlerin tümünü belirlemek uzun süren, zorlu ve maliyetli bir süreci gerektirdiği için büyük hataları bu etmenler temelinde küçük bölümlere ayırarak çözen "Küçük Sıfır Hata" yaklaşımı kullanılır. "Sıfır Hata"ya üç şekilde ulaşılabilir [18]:

a. Kaynağında kontrol: Hataya neden olan etmenlerin, hata oluşup kusura dönüşmeden kaynağında kontrol altına alınmasıdır.
b. Poka-Yoke İncelemesi: Hatanın oluşumunu engellemek ve kusurluyu bulabilmek için uygun Poka-Yoke yöntemleri ile tam inceleme yapılmasıdır.

c. Önleyici Faaliyet: Hata durumunda tekrarı önlemeye yönelik faaliyetlerde bulunmak ve tedbirleri almaktır.

Kullanım alanlarına göre Poka-Yoke uygulamaları iki türdür. Birincisi, hata olmadan uygun yöntemler kullanarak olasılığı belirleyip hata oluşumunu engelleyen "önlemeye yönelik Poka-Yoke", diğeriyse hatayı oluşumundan sonra tespit edip devamında süreci en az kusurlu ürünle yürütmeyi amaçlayan "bulmaya yönelik Poka-Yoke"dir. Poka-Yoke uygulamasını seçerken sürecin gerçekleştirilebilirliği ve maliyeti gibi unsurlar dikkate alınmalıdır.

Her iki Poka-Yoke uygulamasında durdurma, kontrol ve alarm olmak üzere üç grup fonksiyon vardır. Önlemeye yönelik Poka-Yoke'de durdurma fonksiyonu hatanın kaynağı olan etmenlerin belirlenip durdurulmasını, kontrol fonksiyonu hatanın nedeni olabilecek parça, malzeme gibi unsurların kontrol edilerek ayırt edilmesini, alarm fonksiyonu ise hata oluşumu sırasında kusurlu ürünün üretimini engelleyecek uyarının yapılmasını içerir. Bulmaya yönelik Poka-Yoke'de durdurma fonksiyonu hata sonucunda ortaya çıkan kusurlu ürünleri tespit etmek, kontrol fonksiyonu uygun yöntemlerle kusurlu ürünleri belirleyip ayırarak üretim sürecinden çıkarmak, alarm fonksiyonu kusurlu ürün fark edildiğinde gerekli uyarıyı yapmak için kullanılır. Poka-Yoke yönteminin uygulanmasında araç olarak aşağıdakiler kullanılabilir [18]:

- Hataya neden olacak durumların ve kusurlu ürünlerin belirlenmesini sağlayacak mekanik, elektronik sistemler ve otomasyon
- Değişik amaçlı kılavuz parçalar
- Kontrol cihazları (temaslı, temassız, parametre kontrollü)
- Herhangi bir uygulamanın doğru olup olmadığını görme, dinleme, dokunma gibi duyuların yardımıyla kolayca belirleme olanağı veren araçlar

2.2. Problem Çözümüne Yaratıcı Yaklaşımlar

2.2.1. Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY)

Kalite Fonksiyon Yayılımı, Japonya'da geliştirilmiş ve adı farklı şekillerde söylenen, tarifi farklı şekillerde yapılmış bir yöntemdir. Akbaba, bu yöntemin kapsamlı tanımını "Müşterilerin beklentilerinin, isteklerinin ve algılayamadıkları ihtiyaçlarının belirlenmesini, tespit edilen bu beklenti, istek ve ihtiyaçların örgütün bütün

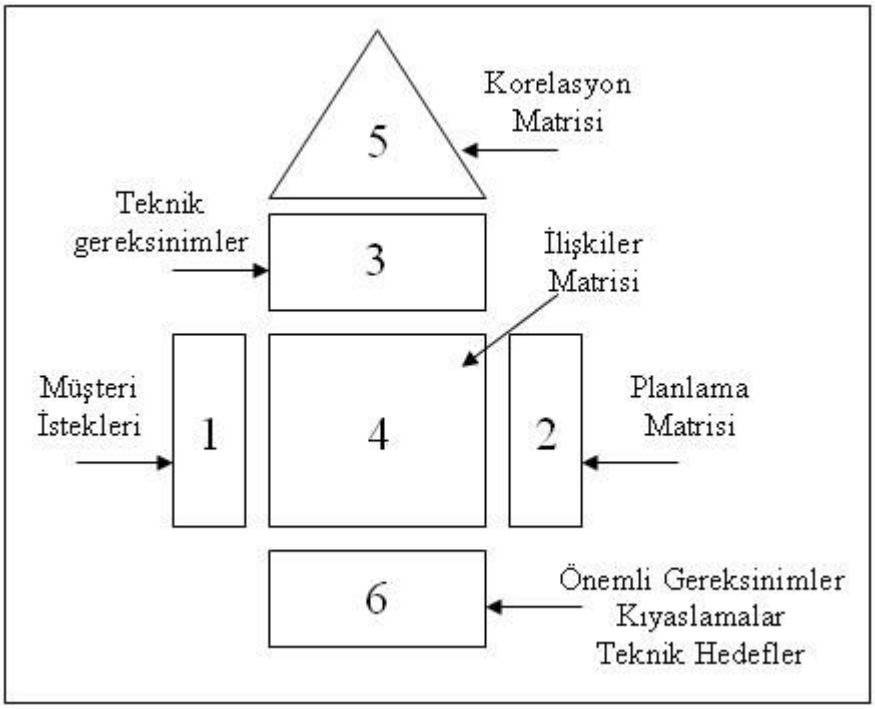
fonksiyonel bileşenlerindeki ürün ya da hizmet karakteristiklerine dönüştürülmesini sağlayan ve fonksiyonlar arası bir takım tarafından yürütülen, detaylı ve yapısallaşmış fakat esnek ve anlaşılması kolay bir ürün ve hizmet geliştirme yöntemidir" şeklinde yapmıştır [24]. Kalite Fonksiyon Yayılımı Enstitüsü ise bu tekniği, müşteri gerekliliklerini anlama, olumlu değer yaratan kaliteyi maksimize etme, müşteri memnuniyeti için kapsamlı kalite sistemi ve rekabette önde kalma stratejisi olarak tanımlamıştır [23]. Kalite Fonksiyon Yayılımı, müşteri gerekliliklerini alt sistemlere ayırıp kaliteye yayarken ürün geliştirme ve üretim aşamalarındaki gereksinimleri dönüştürmeye yarayan araçları da sağlayan bir yöntemdir.

Bu yöntem Kalite Evi, Kolaylaştırıcı, Kalite Fonksiyon Yayılımı Takımı, Müşterinin Sesi, Gemba Analizi gibi temel kavramlara sahiptir. Kalite Evi yöntemin temelindeki unsur olup, müşteri istekleriyle bu isteğe cevap verecek kalite özelliklerini ilişkilendirmek; ürün özellikleri temelinde karşılaştırma yapmak; kalite özelliklerini nesnel ölçütlere göre değerlendirmek ve bu kavramlar arasındaki bağıntıyı belirlemek için kullanılan bir matris kümesidir. Kalite Fonksiyon Yayılımı takımı, bu yöntemin uygulandığı projeyi yürütmekle görevli çalışan grubudur. Kalite Fonksiyon Yayılımı konusunda deneyimli olması gereken kolaylaştırıcının göreviyse takımı yönlendirmektir. Müşterinin sesi, müşterilerin isteklerinin, beklentilerinin ve algılayamadıkları ihtiyaçlarının ifadesidir. Son olarak, Gemba ziyareti ya da Gemba'ya gitmek olarak da adlandırılan Gemba analizi, müşterinin ürünü kullandığı esas yer olan Gemba'da, kullanım sürecini izleyerek müşterinin ihtiyaçlarını anlama; dolayısıyla müşterinin sesini dinleme sürecidir.

Bu yaklaşımda başlangıç, en iyi ürün özelliklerinin tanımlanması için araştırma yapılması ve müşterilerin dinlenmesidir. Uygulamada, pazarlama, tasarım ve üretim bölümlerini içeren fonksiyonlar arası ekiplerin kullanıldığı yöntemin, konu olduğu bölümler arasında, pazarlama stratejileri, planlama, süreç geliştirme, üretim, satış, tasarım, değerleme yer alır. Ürün veya hizmet geliştirmede etkin bir yöntem olarak kabul edilen Kalite Fonksiyon Yayılımı, müşteri gereksinimlerinin önem seviyesine göre ürün, hizmet veya süreçlerde dikkate alınmasını sağlar. Bir ürünün veya hizmetin geliştirilmesinde müşteri gereksinimlerini ve beklentilerini dikkate alarak gerekli değişiklikleri yapmak önemli bir husus olup bu gereksinimlerin önem seviyelerini belirmek müşteri sayısı veya grubu arttıkça zorlaşmaktadır. Bu noktada

Kalite Fonksiyon Yayılımı müşteri gereksinimleriyle ürün/hizmet ve sürecin özellikleri arasında ilişki kuran bir takım işlemleri içeren bir teknik olarak kullanılmaktadır. Kalite Fonksiyon Yayılımı dört aşamadan oluşan bir süreçtir [24]:

1. Planlama: Bu aşamada mali ve zamansal anlamda işletme yönetiminin, iş kapsamları ölçüsünde sürece katılacak bölümlerin ve teknik anlamda yöntemi uygulayacak takımın desteğini içeren örgütsel destek sağlanır. Kolaylaştırıcının liderliğinde üzerinde yoğunlaşılacak amaçlar ve olası müşterilerin tanımlanmasının ardından ana müşteri grubu belirlenir. Planlamayı somutlaştırmak için zamanlama yapılır ve detaylı tasarımı yapılacak ürün kararlaştırılır. Bundan sonra projede çalışacak takımın üyeleri belirlenir. Uygulamanın her aşaması bir zaman çizelgesine yerleştirildikten sonra gerekli malzeme ve ortamın sağlanmasıyla planlama aşaması bitirilir.
2. "Müşteri Sesi"nin Toplanması: Yeni bir ürün veya tasarıma başlarken müşterilerin istekleri ve beklentileri dikkate alınmalıdır. Bu aşamada müşteri ihtiyaçlarının tanımlanması yapılır. Bunun için müşterilere çeşitli yollarla sorular sorulabileceği gibi müşterinin ürünü kullandığı esas yer olarak tarif edilen "gemba"ya gidilerek gözlem yapılır ve müşterinin bildiği veya bilmediği ihtiyaçları ortaya çıkarılır. Bu tanımlamanın ardından ihtiyaçlar önem seviyesine göre değerlendirilerek hiyerarşik bir yapı oluşturulur. İhtiyacı gidermenin maliyeti ile müşteriye faydası karşılaştırılarak bir öncelik sırası yaratılarak aşama tamamlanır.
3. Kalite Evi'nin Oluşturulması ve Sonuçların Analizi: Yöntemin temelinde yer alan Kalite Evi, pazar araştırmaları ve kıyaslama yapılarak elde edilen müşteri isteklerini yeni ürünün veya hizmetin geliştirilmesine yönelik mühendislik hedeflerine dönüştürmek için kullanılan bir matristir. Farklı uzmanlık alanlarından gelen bir takım tarafından oluşturulan bu matriste Şekil 2.6'da görüldüğü gibi müşteri istekleri, planlama matrisi, teknik ve tasarım gereksinimleri, ilişkiler matrisi, teknik korelasyon matrisi, önemli gereksinimler, kıyaslamalar ve teknik hedefleri içeren teknik değerlendirme bölümleri yer alır. Kalite evi oluşturulurken her bölümün analizi de beraberinde yapılır. Bunun sonucunda elde edilen neticelere göre ürün geliştirme projesinin planlaması yapılır.



Şekil 2.6 Kalite Evi

Kalite Evi tamamlandığında, tasarımcılar tarafından meydana getirilecek ürün ya da hizmet iyileştirmesi tam olarak müşterilerin istedikleri ile uyumlu hale getirildiği için bu yöntemin kaliteye üst yönetim yerine müşterinin yön verdiği bir süreç olduğu söylenebilir. Müşteri isteklerinin önem seviyesinin belirlenmesi ve ürünün veya hizmetin bu istekleri karşılayacak kalite özelliklerinin doğru tanımlanması Kalite Fonksiyon Yayılımı yönteminde çok önemli unsurlardır. Bunlar için gerekli planlama, bilgi edinme, kıyaslama, ilişkilendirme ve tanımlama eylemleri sürekli ve düzenli bir akış halinde yapılmalıdır. Kalite Fonksiyon Yayılımı tekniklerinin aşağıda da bir kısmı belirtilen birçok faydası vardır:

- "Müşterinin Sesi"ni firmaya doğru şekilde yansıtarak, ürün veya hizmetin tasarımı, üretimi, pazara sunumu aşamalarında müşteri ihtiyaçlarını dikkate almayı sağlar.
- Ürün veya hizmetin daha kısa sürede sunulmasını ve daha fazla müşteri memnuniyeti oluşturmasını sağlar.
- Değişiklikleri azaltıp üretimden önce tasarım aşamasında yapılmalarını sağlayarak düşük maliyetli ve yüksek performansa sahip ürün veya hizmetlerin geliştirilmesine yardımcı olur.

- Farklı uzmanlıklara sahip bireyleri bir araya getirerek hem firma içi iletişimi artırır hem de farklı bakış açıları kullanmak suretiyle daha kaliteli ve güvenilir sonuçlar elde edilmesi mümkün olur.
- Yapılan planlama ve kıyaslama çalışmalarıyla önemli değişikliklere odaklanma, olası problemleri önceden belirleme, işletimde ve donanımda gerekli değişiklikleri yapma olanağına sahip olunur.
- Müşterinin sesinin dinlenmesiyle sistematik bir veritabanı bilgisi edinilmesini ve gelecekte kullanılmasını sağlar.

Kalite Fonksiyon Yayılımı tekniği, bir ürünün, sürecin veya hizmetin tasarlanması esnasında o ürün, süreç veya hizmetin üretilmesinde veya sunulmasında rol oynayan tüm üretici ve tedarikçi firmaların müşteri talep ve ihtiyaçlarını dikkate alıp bir takım çalışması yürüterek sonuca ulaşmalarını sağlayan bir kalite tekniğidir [19]. Müşteri gereksinimlerini uygun teknik gereksinimlere dönüştüren ve bu sayede ihtiyaçları tam olarak karşılayacak ürünü veya hizmeti az bir çaba ile sunarak yüksek memnuniyeti yaratan Kalite Fonksiyon Yayılımı, firmaların stratejik planlamalarında bir yapı oluşturmak için kullanılabilir. Yöntemi kullanarak deneyim kazanan firmalar elde ettikleri modeli sürekli geliştirmek için referans olarak kullanırken takıma yeni üyelerin adaptasyonunu da oluşturulan belgelendirme sistemi ile gerçekleştirebilir.

İlk olarak 1966 yılında Japonya'da geliştirilen bir yöntem olan Kalite Fonksiyon Yayılımı, ürün veya hizmet geliştirme maliyetlerinin düşürülmesinde, geliştirme zamanının kısaltılmasında, verimliliğin artırılmasında ve müşteri memnuniyetinin sağlanmasında büyük yararlar sunan bir yöntemdir [24]. Kalite Fonksiyon Yayılımı müşteri kullanımı, kontrol süresinin azaltılması, takım çalışmasının gelişimi ve belgeleme işlemleri üzerine odaklanan bir yöntemdir. Bu teknikten yararlı sonuçlar elde etmek için yöntemi kullanan takımın farklı disiplinlerden gelmesi, sürecin aşamalarında kendi uzmanlık konuları çerçevesinden çıkan görüşlerinde bir ortaklık kurarak en iyi öneriyi ve gerekli kaynakları belirlemeleri gerekir. Kalite Fonksiyon Yayılımı uygulanan belgeleme sistemi sayesinde düzenli değerlendirme yapılmaya elverişli, oluşturulan tarihçeyle müşteri ve yapılan işler hakkında bir veritabanı kuran etkili bir problem çözme aracıdır.

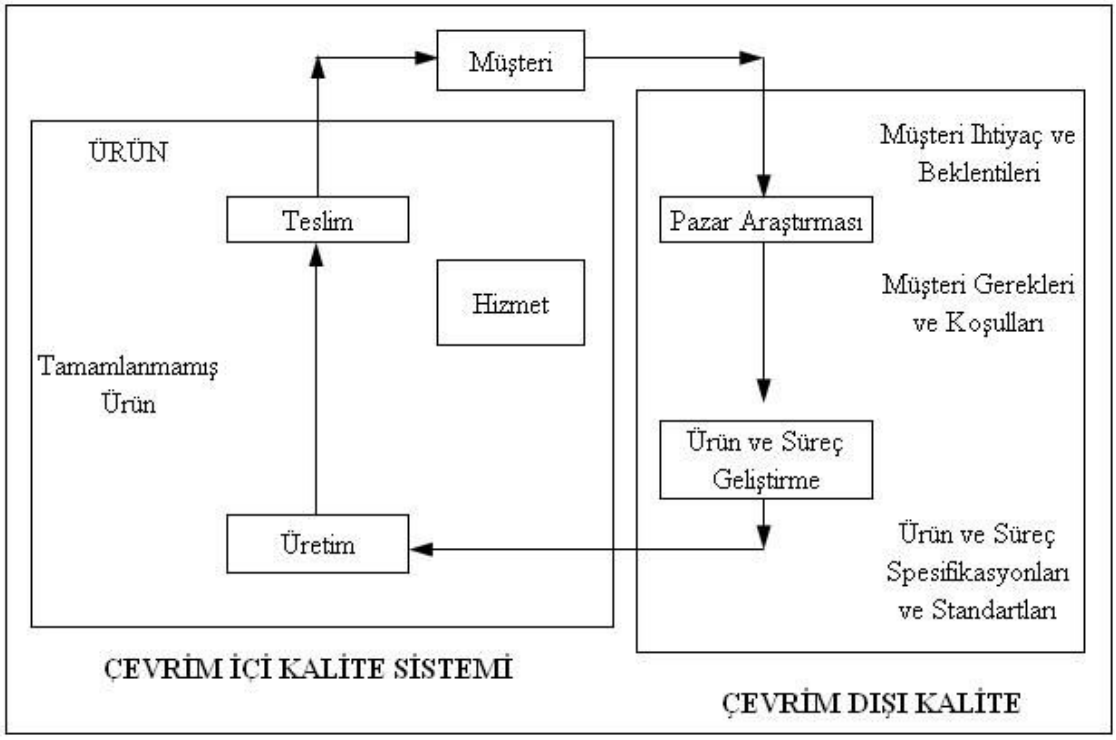
2.2.2. Taguchi Yöntemleri

Taguchi yöntemleri, bir ürün üretmek için süreç değişkenlerini ve en düşük maliyetli, en istikrarlı ürün bileşenlerini belirlemek için deneyler yapmaya dayalı temel istatistiksel tekniklerdir [19]. Taguchi yöntemleriyle, uzun ve karmaşık gibi görünen bu süreci deneme-yanılma girişimlerine gerek kalmadan kısaltarak gerçekleştirmek mümkündür. Ürün ve süreç tasarımında kalitenin geliştirilmesi konusunda önemli katkıları olan Japon makina mühendisi Genichi Taguchi tarafından, başta istatistiksel deney tasarımı olmak üzere istatistiksel kavram ve araçlara dayalı olarak geliştirilen Taguchi yöntemlerinin kalite felsefesi yedi noktada özetlenebilir [25]:

1. Ürün kalitesinin önemli bir boyutu, o ürünün kalitesizliğinin toplumda yol açabileceği toplam kayıp olarak ifade edilir. Bunun anlamı ürün kalitesinin önemli bir sonucunun mal ya da hizmet kullananların sayısındaki kayıp olduğudur.
2. Rekabet ortamında işletmenin varlığını sürdürebilmesi, kaliteyi sürekli olarak geliştirmesi ve maliyetleri düşürmesinden geçer.
3. Kalitenin sürekli geliştirilmesi süreci, ürünün performans özellikleriyle hedeflenen değerler arasındaki sapmanın önemli derecede azaltılmasını içerir.
4. Ürünün performansındaki değişim nedeniyle müşterilerin katlandığı kayıpla performans özelliklerinin hedeflenen değerden sapmasının karesi yaklaşık olarak doğru orantılıdır.
5. Ürünün ve üretim sürecinin tasarımı nihai kalite ve maliyeti önemli ölçüde belirler.
6. Ürün ve sürece ait değişkenlerin performans özelliklerine etkisinin giderilmesiyle performansın değişkenliği azaltılabilir.
7. Performans değişkenliğini azaltan ürün ve süreç değişkenlerini belirlemek için istatistiksel olarak planlanmış deneyler kullanılabilir.

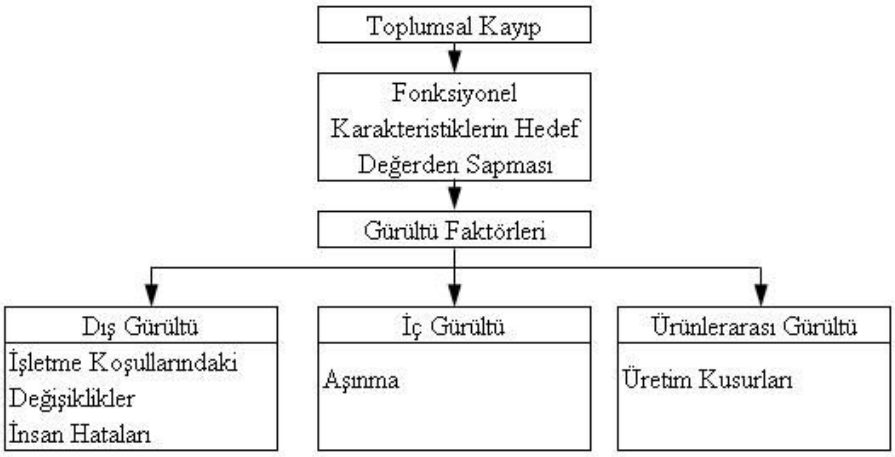
Şekil 2.7'de gösterildiği gibi Taguchi yöntemlerinde ürün ve sürecin kalitesini sağlamak için yapılan faaliyetler çevrim içi ve çevrim dışı eylemler olarak ikiye ayrılır. Çevrim içi kalite denetimi, üretim sırasında ve sonrasında yapılan, istatistiksel süreç denetimi ve çeşitli muayeneler gibi kalite faaliyetlerini içerir. Çevrim dışı kalite denetimiyse pazar araştırması ile ürün ve üretim sürecinin geliştirilmesi

sırasında gerçekleştirilen kalite faaliyetlerini içerir. Ayrıca bu denetim, tasarım sürecinde ürün özelliklerinin hedeften sapmasını azaltılmasının önemini ortaya koyar. Çevrim dışı faaliyetlerde üretim öncesi tasarım çalışmaları yapılarak ürüne doğrudan müdahale edilmez. Bu eylemlerle ürün geliştirme ve süreç tasarımı konusunda maliyetlerin azaltılmasına çalışılır. Ürünün kalitesini artırmak için birbiriyle ilişkili olan ürün tasarımı, süreç tasarımı ve üretim tasarımı konularında geliştirmeler yapılması gerekir.



Şekil 2.7 Üretim/Kalite Çemberi [25]

Taguchi yöntemlerindeki kalite anlayışının temel ilkelerinden biri de kayıp ve tasarım kavramlarının ele alınmasıdır. Taguchi kaliteyi, ürünün yeterli bir kalite düzeyine ulaşmaması durumunda uğradığı kayıp olarak tanımlamaktadır [26]. Kayıp kavramı müşteri memnuniyetsizliği, itibar ve rekabet gücü kaybı, pazar payı kaybı, iyileştirme ve düzeltme maliyetlerini kapsar. Bu yöntemde kaybın ortaya çıkışı, ürünün istenen özelliklere uymaması ile beraber hedeflenen değerlerden sapması olarak ifade edilir. Kalite kaybıyla topluma bir kayıp yüklenir ve toplumun kaybının derecesi ürünün tercih edilme derecesini belirler. Dolaylı olarak, Taguchi yöntemlerini kullanarak toplumsal kayıp belirlendiğinde kaliteyi artırmak için yapılması gereken faaliyetler ve bunların maliyetleri ortaya çıkarılabilir. Taguchi'nin toplumun kaybı düşüncesi Şekil 2.8'deki gibi gösterilebilir.

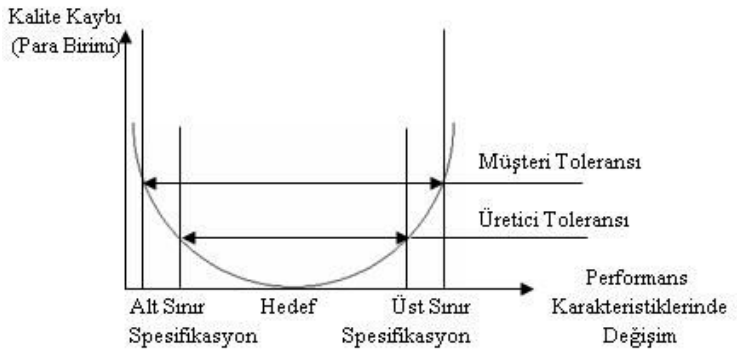


Şekil 2.8 Toplumun Kaybının Yapısı [25]

Taguchi, Şekil 2.9'da görüldüğü gibi, kalite kaybını ikinci dereceden kayıp fonksiyonuyla açıklayarak parasal kaybı fonksiyonel spesifikasyonlarla birleştirmiştir. Fonksiyona göre ürünün firmadan çıkışından sonra oluşan tüm kayıpların toplamı olarak ifade edilen kayıp, hedeflenen değerden sapma büyüdükçe, sapmanın karesi miktarında artmaktadır. Taguchi'nin kalite kayıp fonksiyonu, K değeri kalite kaybını, T değeri hedef değeri, Y değeri değişkenin ölçülen değerini, k değeri de sapmayı para birimine çeviren katsayıyı gösterdiğinde, aşağıdaki formüle göre ifade edilmiştir:

$$K = k (Y- T)^{2} \qquad \textbf{(2.1)}$$

Bu fonksiyona bakılarak, kaybın azaltılması için değişkenliğin azaltılması veya üründe ve süreçte iyileştirmeler yapılarak hedeflenen değerden sapmanın düşürülmesi gerektiği gibi yorumlar yapılabilir. Kalite sadece özelliklere uyum sağlanarak değil bu uyum sağlanırken hedeften sapmanın azaltılmasını sağlayarak elde edilir.



Şekil 2.9 Kalite Kayıp Fonksiyonu [25]

Taguchi yöntemlerinde kayıp kavramıyla beraber yer alan tasarım kavramı ise ürün ve süreç tasarımını kapsayacak şekilde sistem tasarımı, parametre tasarımı ve tolerans tasarımı olarak adlandırılan üç aşamayla tanımlanmıştır [25]. Sistem tasarımında müşteri gereksinimleri ve firmanın kabiliyetleri temelinde ilk ürün tasarımı gerçekleştirilerek performans özelliklerine etki eden değişkenlerin değerleri belirlenir. Ürün tasarımında bu değerler parçalara, malzemeye, örnek ürüne ait olup, süreç tasarımında üretim donanımının ve süreç etmenlerinin değerleri belirlenir. İkinci aşama olan parametre tasarımında, nihai üründe sapmaya neden olan etmenler belirlenerek bunların topluma vereceği muhtemel kayıp veya zarar azaltılmaya çalışılır. Ürün tasarımında, ürüne ait parametrelerde en uygun değerlerin belirlenmesine çalışılırken süreç tasarımında, kontrol edilebilen süreç parametrelerinin en uygun şekilde ayarlanması çabası vardır. Sapma, kontrol edilebilen etmenlerden veya gürültü etmeni adı verilen kontrol edilemeyen etmenlerden dolayı ortaya çıkabilir. Ürünü hedef değerden saptıran ürüne ve üretime ait iç gürültü etmenleri, çevresel nedenlerden oluşan dış gürültü etmenleri ve aynı tanımlamaya göre üretilmiş ancak farklılıklara sahip ürünlerden ortaya çıkan ürünler arası gürültü etmenleri olmak üzere üç tür gürültü etmeni vardır. Parametre tasarımında bu etmenlere karşı kontrol edilebilir etmenlerin değerleri en uygun şekilde belirlenir ve üründeki ve süreçteki sapma en aza indirilir. Taguchi, bu amaçla yapılan ve farklı etmenlerden etkilenmeden işlevini yerine getiren tasarımı "sağlam tasarım" olarak tanımlamıştır. Sağlamlık ürünün performansına ve gürültü etmenlerinden etkilenme derecesine göre belirlenir. Tolerans tasarımında, hedeflenen tasarımın parametre değerleri için toleranslar belirlenir ve parametre tasarımında azaltılan sapmanın yetersiz kaldığı durumlarda belirlenen toleranslar kullanılır.

Bu aşamalar genel bir bakışla incelendiğinde, sistem tasarımında amacın kavram oluşturmak olduğu ve bunun mühendislik teknikleri kullanılarak gerçekleştirildiği; parametre tasarımında hedef oluşturmanın mühendislik, istatistiksel tasarım ve duyarlılık analizi yapılarak gerçekleştirilmek istendiği; tolerans tasarımındaysa mühendislik, istatistiksel tolerans ve deneysel tasarım kullanılarak toleransların oluşturulmasının hedeflendiği görülebilir.

Apte, Taguchi yönteminin uygulamasını aşağıdaki sekiz adımla tarif etmiştir [27]:

Adım 1: Ana fonksiyon, yan etkileri ve hata türü tanımlanır.

Adım 2: Gürültü faktörleri, test şartları ve kalite karakteristikleri tanımlanır.

Adım 3: Optimize edilecek amaç fonksiyonu tanımlanır.

Adım 4: Kontrol faktörleri ve seviyeleri tanımlanır.

Adım 5: Ortogonal dizi matrisi deneyi seçilir.

Adım 6: Matris deneyi yürütülür.

Adım 7: Veriler analiz edilir, optimum seviyeler ve performans öngörülür.

Adım 8: Doğrulama deneyi yapılır ve gelecekteki faaliyet planlanır.

Taguchi yöntemlerinin kullanılmasıyla daha düşük maliyetlerle, mevcut olan kalitenin yükseltilmesi hedeflenir. Bu teknikte, istatistiksel araçların yaygın olarak kullanımıyla, değişkenliği en aza indirilmiş, daha sağlam ürünleri ve üretim süreçlerini gerçekleştirmek olanaklıdır. Dolayısıyla Taguchi, maliyet tasarrufu yaparken kalitenin geliştirilebilmesi konusunda geleneksellikten uzak bir bakış açısını getirmeyi başarmıştır.

2.2.3. Altı Sigma Yöntemi

Yunan alfabesinin harfi sigma (σ) istatistikte standart sapmayı göstermek için kullanılır ve Altı Sigma da ortalamadan altı standart sapmayı gösterir. Motorola firmasında geliştirilen Altı Sigma yöntemi herhangi bir süreçte yeterliliği artırmak ve hataları azaltmak için gerekli teknikleri ve araçları sağlar. Bu yöntem aynı sürecin sürekli tekrarlanmasıyla milyonlarca parçanın imal edildiği üretim bölümünde kullanılmaya başlandıktan sonra gelişerek üretim dışı süreçlere de uygulanmıştır. Günümüzde Altı Sigma, hizmetler, tıp, arama merkezleri, sigorta izlekleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır [28].

Projeye dayalı ölçüm prensiplerine bağlı bir süreç geliştirme yaklaşımı olarak tanımlanan Altı Sigma yönteminin temelinde, düşük kalitenin satış oranını düşürmesinden ve iş fırsatlarının kaçmasına sebep olmasından dolayı bir maliyete sahip olduğu; bunu engellemek için kalitenin yükseltilmesinin gerektiği; kaliteyi yükseltmek için de hataların azaltılmasının en önemli koşul olduğu fikri vardır [29]. Dolayısıyla bu yöntemde, hataların azaltılıp kalite artırılmasıyla müşteri memnuniyetini artırmak ana hedeftir.

Altı Sigma teknolojisi herhangi bir iş sürecini, sürecin sürekli olarak gözden geçirilmesi ve yeniden ayarlanması ile geliştirmek için Olanakları Tanımlama, Performansı Ölçme, Olanakları Analiz Etme, Performansı Geliştirme, Performansı Kontrol Etme adımlarından oluşan bir yöntem kullanır. Altı Sigma teknolojisi, Altı Sigma için Tasarım kavramını kullanarak aynı zamanda tabandan yukarı doğru gelen yeni bir iş süreci yaratmak için de kullanılabilir. Mükemmellik için gayret gösterilen bu yöntemde her bir hizmet işlemi veya ürün için milyonda sadece 3.4 hataya izin verilir. Altı Sigma hataları, azaltmak ve kaliteyi ölçmek için ağırlıklı olarak istatistiksel tekniklere güvenir.

Yeşil Kuşak ve Siyah Kuşak olarak adlandırılan Altı Sigma uzmanları, bir iş sürecini mevcut haliyle değerlendirerek geliştirmek için çalışırlar. Tipik olarak hataları azaltmak amacıyla mevcut süreci iyileştirmek yerine Altı Sigma için Tasarım prensiplerini kullanan uzmanlar yeni iş süreçlerini tasarlayabilirler. Yöntemin temelinde ticarette, istatistikte ve mühendislikte kullanılan temel prensip ve tekniklerin birleştirilmesi yer alır. Altı Sigma ile süreç performansını geliştirerek, sapmaları azaltarak ve süreç sonuçlarını kalitesini sürekli koruyarak hatalarda azalma ve karda, ürün kalitesinde ve müşteri memnuniyetinde gelişim sağlamak mümkündür.

Altı Sigma'nın anahtar unsurları arasında müşteri gereklilikleri, tasarım kalitesi, ölçütler ve ölçümler, çalışanları katılımı ve sürekli iyileştirme kavramları yer alır [28]. Çalışanlarının katılımını ve şirketin bütün çalışanlarının sistemde olmasını sağlamak çok önemli bir unsurdur. Çalışanların müşteri memnuniyetini sağlanması için kullandıkları kabiliyetlerine odaklanmaları için gerekli teşvik ve olanaklar sağlanmalı; sistemdeki her bireye ölçülebilir amaçlara sahip uygun görevler verilmelidir.

Araştırmalar, büyük işletmeler Altı Sigma yöntemini başarılı bir şekilde uygularken daha küçük işletmelerin alışmalarının daha yavaş olduğunu göstermiştir. Ancak yöntem, işletmenin boyutundan bağımsız olarak kullanılabilir. Bunun nedenleri arasında aşağıdakiler sayılabilir [28]:

- Büyük işletmeler Altı Sigma eğitimi almış insan kaynağına ve birçok Altı Sigma uygulayıcısını yetiştirdikleri "Eğitimciyi Eğit" programlarına sahiptir. Ayrıca

birçok büyük işletme danışman olarak Yeşil Kuşak/Siyah Kuşak Altı Sigma uzmanlarından çalışanlarına yöntemi öğretmeleri için faydalanmaktadır.

- Altı Sigma tekniklerini etkin bir şekilde uygulamak bu teknikleri bir sınıfta öğrenmekten daha zordur.
- Büyük işletmeler, çalışanlarına yönelik amaçlarının arasına Altı Sigma'yı ekleyip, eğitim alanlara ve danışmanlarla çalışanlara teşvikler sağlamaktadır.

Bir Altı Sigma mühendisinin görevi, bir üretim ortamında milyon parça başına hata sayısını azaltmak ve kaliteyi artırmak için etkin ve maliyet etkili süreçler geliştirmektir. Bunun için üretim süreçleri belirlenerek ince ayarlar yapılır. Bir süreç geliştirildiğinde geriye dönüş yapılır ve yeniden yapılan ince ayarlarla hata sayısı azaltır. Bu döngü, milyon parçada 3.4 veya daha az hataya ulaşıncaya kadar devam eder. Süreci yürütürken bilgi paylaşımını korumak çok önemlidir. Birden fazla üretim birimine sahip bir işletmede nispeten daha kaliteli üretim yapan birim ziyaret edilerek gösterdiği performansın nedenleri öğrenilir ve bu bilgiler diğer üretim birimlerine iletilir.

Altı Sigma iş planı, Tanımla, Ölç, Analiz et, Geliştir ve Kontrol et şeklinde isimlendirilen beş aşamadan oluşur. Tanımla aşamasında projenin amaçları ve Sigma seviyesinin artışı için gereken kavram ve eylemler tanımlanır. İkinci aşamada mevcut durum hakkında bilgi toplama, mevcut süreç performansının verilerini elde etme ve problemli alanları belirleme işlemleri yapılır. Analiz et bölümünde, belirlenen problemlerin nedenleri belirlenir ve uygun veri analiz araçlarıyla bu nedenler teyit edilir. Geliştir aşamasında, analiz sonucunda belirlenen nedenler için geliştirilen çözümler, problemleri ortadan kaldırmak için uygulanırlar. Son aşamada, uygulanan çözümlerin sonuçları görüntülenir ve değerlendirme yapılır.

Kalitenin derecesini artırmak için belirli bir ölçüte ihtiyaç vardır. Altı Sigma yönteminin başarısındaki anahtar unsurlardan biri, Sigma ölçütlerinin müşteri kalitesi ve süreç verimliliği olmasıdır. "Sigma" terimi sapmanın ölçümüne atıfta bulunur. Özel olarak Sigma, müşteri gereklerini karşılamak için bir sürecin, bir izleğin yeteneğinin istatistiksel ölçümüdür. Tablo 2.6'da farklı sigma seviyelerinin hata oluşumuna göre gösterimi yer almaktadır. Bu şekilde, müşteri memnuniyeti hedef ve limitler temelinde sayısallaştırılır [30].

Tablo 2.6 Altı Sigma Seviyeleri

Sigma Seviyesi	Hatasızlık Yüzdesi
6	%99,99966
5	%99,98
4	%99,4
3	%99,3
2	%69,1
1	%31

Altı Sigmanın başarısında organizasyonun en üstten en alta sisteme bağlılığı ve katılımı, toplam kalite yönetimine bağlı araçlarla kanıtlanmış yöntem ve verilerle kullanılan istatistiksel teknikler önemli kavramlardır. Bu yöntemin kullanımı aşağıdaki faydaları sağlar [29]:

- Önemli kar hanesi sonuçlarının üretilmesi
- Gerekli üst yönetim desteğinin alınması
- Müşteriler için daha iyi hizmetler ve ürünler üretilmesi
- Çalışanların gelişiminin sağlanması
- Bir işin her bölümünde yararlı bir yöntemin kullanılması
- Zaman içinde kazançların elde tutulması
- Doğru ve iyi bir biçimde belirlenmiş araçların kullanılması

2.2.4. Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA)

Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA), bir sistemdeki, üründeki veya üretim/montaj işlemindeki tasarım veya üretim/montaj süreci eksikliklerinden meydana gelen potansiyel hata türlerini tanımlayan sistematik bir yaklaşımdır [31]. Bu yöntemde, hata türlerini önlemek veya bulmak için özel kontrol gerektiren kritik tasarım veya süreç özellikleri tanımlanır. HTEA problemlerin oluşmasını engellemeye yönelik bir araçtır.

Ürünlerde veya süreçlerde değişiklik yapılmasını veya yeni ürün/süreç oluşturulmasını engelleyen önleyici eylemleri içeren bir süreç olan bu yöntemde, ürünün müşteriye ulaşmasından önce hatalar yok edilerek yüksek kalite, güvenilirlik ve kazanç sağlamak amaçlanır. ABD ordusunda geliştirilen hata türü ve etkileri analizi, kolay kullanımı ve geniş teorik bilgiyi gerektirmemesi nedeniyle, teknoloji

ağırlıklı sektörler ile uzay sektöründe, kimya endüstrisinde ve otomobil sanayinde sıkça kullanılmaktadır. Hata Türü ve Etkileri Analizi uygulaması;

- Her hatanın nedenlerini ve etkenlerini belirler.
- Potansiyel hataları tanımlar.
- Olasılık, şiddet ve saptanabilirliğe bağlı olarak hataların önceliğini ortaya çıkarır.
- Sorunların izlenmesini ve düzeltici faaliyetlerin yapılmasını sağlar.

Önleyici faaliyetlerle ilgilenen Hata Türü ve Etkileri Analizi, ürünlerin ve süreçlerin geliştirilmesinde öncelikli olarak hata riskinin ortadan kaldırılmasına odaklanan ve bu amaçla yapılan faaliyetleri belgelendiren bir tekniktir [32]. Bu yöntemin amacı, bir ürünün tasarımı veya üretimi aşamasında ortaya çıkabilecek muhtemel hata türlerini tespit ederek muhtemel hataların oluşmasını engellemeye veya hataları azaltmaya yarayacak düzeltici faaliyetleri tanımlamaktır. Ayrıca, bu sürecin belgelemesi yapılarak her bir hata türüne bağlı risk seviyesi belirlenir [33]. İki aşamalı bir süreç olan yöntemde, önce potansiyel hata türleri ve düzeltici faaliyetler tanımlaması, sonra düzeltici faaliyetlerin uygulaması ve sonuçların değerlendirilmesi yapılır. Bunun için genellikle hatalardan etkilenen tüm bölümlerden bireyler bulunduğu gruplarla çalışılır.

Hata Türü ve Etkileri Analizi, Sistem HTEA, Tasarım HTEA, Süreç HTEA ve Servis HTEA şeklinde adlandırılan ve her türlü üretim ve hizmet şeklini içeren dört kategoriye sahiptir [34]. Sistem HTEA, tasarım ve kavramların ön aşamalarında sistem ve alt sistemlerin analiz edilmesi ve sistem eksiklerinden doğan sistem fonksiyonları arasındaki potansiyel hata türlerinin belirlenmesi için uygulanır. Bu yöntemlerle potansiyel problemlerin bulunabileceği alanları daraltıp, sistem seviyesindeki teşhis izlekleri için bir temel oluşturarak fazlalıkların tespit edilmesi ve en uygun sistem tasarım alternatiflerinin seçilmesi mümkündür.

Tasarım HTEA'da, tasarım hatalarından doğan hata türlerine yönelik olarak üretime başlamadan önce ürünlerin analizi yapılır. Böylece, tasarım geliştirme faaliyetleriyle ilgili öncelikleri belirlemek; hataları ürün tasarım aşamasında bulmak; potansiyel güvenlik konularını belirleyerek değişiklik için açıklamaların kaydedilmesini sağlamak; önemli ve kritik özellikleri tarif etmek ve ürünlerle ilgili tasarım ve doğrulamaların testi için gerekli bilgileri elde etmek olanaklıdır.

Süreç HTEA analizi, üretim veya montaj sürecindeki eksiklerden doğabilecek hata türlerini ortadan kaldırmak ve üretim ve montaj sürecini analiz etmek için kullanılır. Süreç HTEA'nın kullanımının sağladığı yararlar arasında, üretim veya montaj sürecinin analizine yardımcı olması ve düzeltici faaliyetlerin önceliklerini belirlemesi, kritik veya önemli olan özellikleri tespit etmede ve kontrol planı oluşturmada yardımcı olması; süreç aşamasında ortaya çıkacak hataları belirlemesi ve düzeltici faaliyetlerle ilgili plan sunması yer alır.

Servis HTEA ise müşteriye hizmet ulaşmadan analiz yapılmasını sağlar. Bu analiz sayesinde geliştirme faaliyetleri arasında sıralama yapılması ve değişiklik için açıklamaların kaydedilmesi mümkün olur. İş akışının, sistem ve süreç analizinin etkin bir şekilde yapılmasında, işteki hataların ve önemli işlerin belirlenmesinde ve kontrol planlarının oluşturulmasında yol göstermesi gibi avantajlar elde edilir.

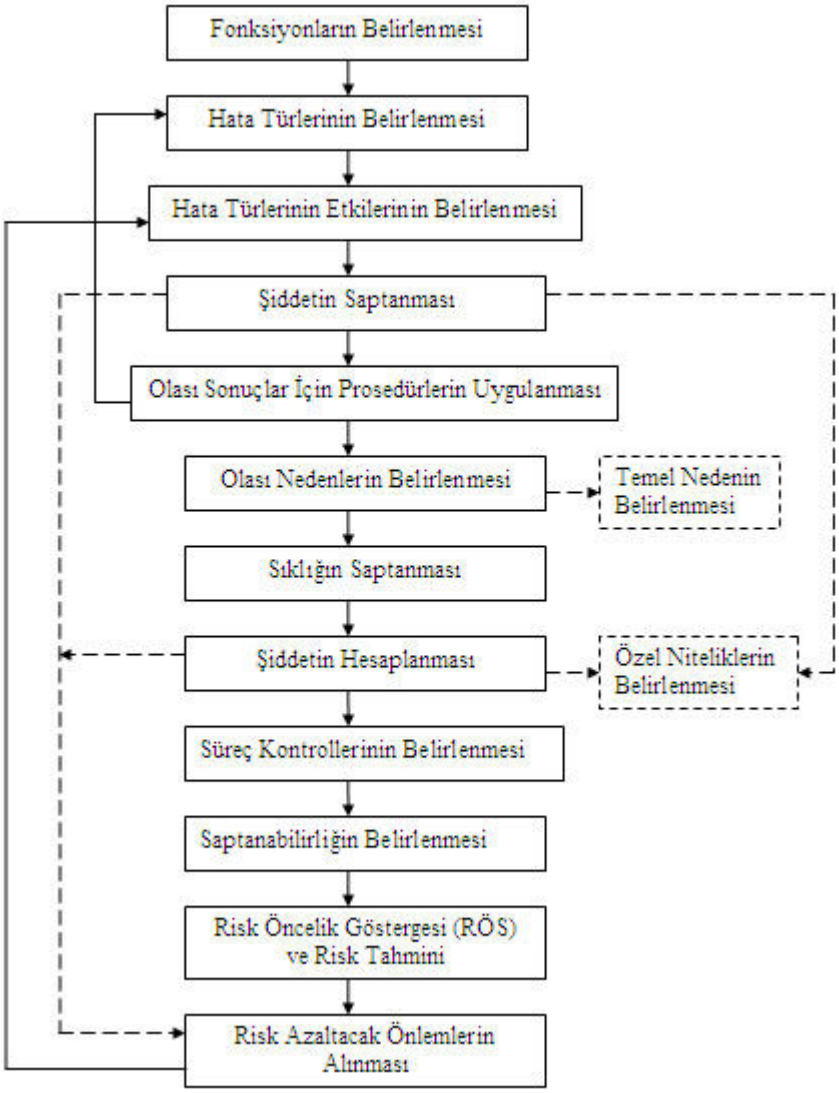
Tasarım HTEA'nın tamamlanmış olarak kabul edilebilmesi, ancak üretim için onay ve bir başlangıç tarihinin verilmesi ile olabilir. Süreç HTEA'nın tamamlanmış olarak kabul edilebilmesi için bütün operasyonların belirlenerek değerlendirilmesi, kontrol planlarında ise kritik olan bazı özelliklerin oluşturulması gereklidir. Hata türü ve etkileri analizi bir defa başladıktan sonra yaşayan bir belgeye dönüşür. Tasarım ile süreçte önemli sayılabilecek değişiklikler olduğunda, bu değişikliklerle uyum sağlanarak mevcut duruma tekrar uyarlanmaktadır. Sözü edilen bu değişikliklerin ürün üzerindeki etkileri de sürekli değerlendirilerek üretim ile montaj sürecindeki yetersizliklerin tespitine çalışılmaktadır. Süreç HTEA, süreçte yapılan değişikliklerde, mevcut süreçte önemli hatalar görüldüğünde ve her yeni süreçte yeniden başlatılır. Etkili bir hata türü ve etkileri analizinde, bir sürecin geliştirilmesi sırasında mühendislerin düşünceleri özetlenirken geçmiş deneyimlerden yararlanılarak yanlış gidilebilecek her yol analiz edilebilir. Süreç HTEA'ları aynı zamanda yeni bir makinanın veya donanım sürecinin geliştirilmesini sağlar [34].

Hata türü ve etkileri analizinin yararları arasında aşağıdakiler sayılabilir [31, 33]:

- En iyi muhtemel tasarımın belirlenmesini ve yüksek güvenilirlik ve üretilebilirlik potansiyelini sağlamak için seçenekler geliştirmeye yardımcı olur.
- Muhtemel hata türlerini ve bunların ürünün güvenilirliği ve üretilebilirliği üzerindeki etkilerini göz önüne almaya yardımcı olur.

- Uygulanan düzeltici faaliyetlerden gelen gelişimlerin iyi bir şekilde belgelenmiş kayıtlarını sağlar.
- Test programları ve hatta görüntüleme ölçütleri geliştirmede kullanılabilir bilgiler sağlar.
- Üretim süreci sırasındaki potansiyel ürün hatalarını analiz etmede kullanılabilir tarihçe bilgisi sağlar.
- Benzer tasarım ve süreçlerde geliştirmeler için yeni fikirler sağlar.
- Ürünlerin, hizmetlerin, makinaların, süreçlerin kalitesini, güvenilirliğini ve sağlamlığını geliştirir.
- Şirketin imajını ve rekabet gücünü geliştirir.
- Müşteri memnuniyetini artırır.
- Ürün geliştirme süresi ve maliyetini azaltır.
- Riski azaltmak için yapılan faaliyeti belgeler ve takip eder.
- Potansiyel kefalet endişelerini azaltır.
- Tasarım ve üretim/montaj teknikleri ile bütünleşir.

Hata Türü ve Etki Analizi takımı analiz edilen bölümün fonksiyonunu, bunun sorun çıkarma potansiyeli, çıkabilecek sorunun etkilerini ve olası nedenlerini, nedenlerin bulunabilirliğini ve sorunları önlemek için gereken önlemleri belirlemek için çalışmalar yapar. Şekil 2.10'da şematik olarak tanımlanan Hata Türü ve Etki Analizi sürecinde, sürecin amaçları belirlenerek bir planlama yapılır. Sürecin gerçekleştirilmesi için gerekli izlekler, kurallar ve ölçütler tanımlandıktan sonra sistem fonksiyonlara, faaliyet aşamalarına ve türlerine, etkileşim alanlarına ve çevreye göre analiz edilir. Sonraki aşamada süreçler arasındaki ilişkinin gösterimiyle görev ve güvenilirlik şemalarının oluşturulması yer alır. Potansiyel hata türlerinin tanımlanmasını, etkilerinin sınıflandırılarak değerlendirilmesini takiben önleyici önlemler belirlenir. Bu önlemlerin uygulanmasından sonra ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilip belgelendirilerek süreç tamamlanır.



Şekil 2.10 Hata Türü ve Etkileri Analizi Süreci [32]

Hata türü ve etkileri yönteminde Tablo 2.7'de gösterilen Risk Değerlendirme Formu kullanılır. HTEA formunun kullanımı için aşağıdaki adımlar izlenir [34].

1. Süreç/Sistem: Analizi yapılacak olan parçanın referans numarası ve adı yazılır.
2. HTEA Takımı: Takımı oluşturan bütün kişilerin isimleri, bölümleri ve telefon numarası yazılır.
3. Düzenleyen: HTEA'yı hazırlamaktan sorumlu olan kişinin ismi, bölümü ve telefon numaraları yazılır.
4. Tarih: HTEA'nın başlandığı tarih yazılır.
5. HTEA Tarihi: HTEA'nın öngörülen bitiş tarihi yazılır. Bu tarih planlanmış üretim tarihini geçmemelidir.

6. Revizyon Tarihi: HTEA'nın son revizyon tarihi yazılır.
7. HTEA No: Takip etmek amacıyla kullanılabilecek bir HTEA numarası yazılır.
8. Sayfa: HTEA da kullanılan sayfaların numaralandırılması yapılır.
9. Sistem/Parça: Analizi yapılan sürecin veya operasyonun basit bir tanımı yapılır. (örneğin; delme, kaynaklama, montaj v.b.) Proses, birden fazla operasyon içeriyor ise her operasyon ayrı bir süreç olarak sıralanır.
10. Potansiyel Hata Türleri: Prosesin, süreç şartlarını ve/veya tasarım amacını karşılaması sırasında oluşabilecek potansiyel hatalardır. Spesifik süreç fonksiyonu için uygunsuzluktur.
11. Hatanın Sonuçları: Hata türünün müşterideki etkilerini tanımlar. Müşteri, bir sonraki operasyonda yer alabilir veya son kullanıcı olabilir.
12. Hatanın Nedenleri: Hatanın nasıl oluşabileceğini tanımlar. Her hata türü için makul hata sebepleri listelenmelidir.
13. Kontrol Önlemleri: Hatayı tespit eden veya oluşmasını engelleyen kontrollerdir.
14. Olasılık: Belirli bir sebebin sonucu olarak, bir hata türünün ne sıklıkla oluşabileceğidir.
15. Olasılık değerlendirmesi 1'den 10'a kadar yapılır.
16. Şiddet: Hata etkilerinin müşterideki sonuçlarını değerlendirir. Şiddet, sadece etkilere uygulanır. Şiddetin değerlendirmesi 1 ile 10 arasında yapılır.
17. Fark edilebilirlik: Parçanın üretim veya montaj hattını terk etmeden önce hataların belirlenme olasılığıdır. 1'den 10'a kadar değerlendirilir.
18. Risk Öncelik Sayısı: Risk öncelik sayısı (RÖS), şiddet (S), olasılık (P) ve fark edilebilirlik (D) puanlarının çarpımıdır.
19. Önerilen Faaliyetler/Eylemler: Risk öncelik sayısını azaltmak için alınacak önlemleri içerir.
20. Sorumlu ve Tamamlama Tarihi: Önerilen faaliyet için sorumlu bölüm/kişiler ve tamamlama tarihi belirtilir.
21. Yapılan Faaliyetler: Alınan önlemlerin kısa bir tarifi yapılır ve geçerlilik tarihleri belirtilir.

22. Yeni RÖS: Düzeltici faaliyet belirlendikten sonra olasılık, şiddet ve fark edilebilirlik puanları tahmin edilerek kaydedilir ve Risk Öncelik Sayısı hesaplanır.

Formda yer alan P, her bir zarar türünün oluşma olasılık değerini; S, zararın ne kadar önemli olduğunun değerini; D, zarar oluşturacak durumun keşfindeki zorluk derecelendirilmesini, RÖS ise Risk öncelik sayısını göstermektedir. Risk öncelik sayısı P, S, D değerlerinin çarpılmasıyla elde edilir.

Bu ölçütlere göre analizler yapılarak sonuçlar risk tablosuna kaydedilir. Kritik öneme sahip değerler bulunarak hataların oluşabileceği olaylar önlenmeye çalışılır. Bu çalışmaya en büyük zararlara karşılık gelen en büyük risk öncelik sayısından başlanır. Hata türü ve etkileri analizi sayesinde çalışan bir sistemdeki kusurları bulmak kolaylaşır. Bu yöntemle yapılan belgeleme faaliyeti dönemsel olarak gözden geçirilmeli ve güncellenmelidir. Tasarımdaki, ürünün kullanımındaki veya süreçteki en ufak bir değişiklik, hata türü ve etkileri analizine yansıtılmalıdır.

Tablo 2.7 Olası Hata Türleri ve Etkileri Analizi Risk Değerlendirme Formu [32]

Tarih		Olası Hata Türleri ve Etkileri Analizi (HTEA)								HTEA Tipi					
Süreç / Sistem										HTEA No					
Alt Sistem		RİSK DEĞERLENDİRME FORMU								Düzenleyen					
Bileşen										HTEA Tarihi					
Tasarım Rehberi										Revizyon Tarihi					
HTEA Takımı										Sayfa					
											Hareket Sonucu				
Sistem / Parça	Potansiyel Hata Türleri	Hatanın Sonuçları	S	Hatanın Nedenleri	P	Kontrol Önlemleri	D	RÖS	Tavsiye Edilen İyileştirmeler / Eyllemler	Sorumlu & Tamamlama Tarihi	Hareket Tarihi	Yeni (S)	Yeni (P)	Yeni (D)	Yeni RÖS

2.2.5. Deneysel Tasarım

İlk olarak matematikçi ve genetik bilimci Sir Ronald A. Fisher tarafından geliştirilen Deneysel Tasarım yöntemi, süreci etkileyen değişik faktörlerle bu sürecin çıktıları arasındaki ilişkiyi belirtmek için kullanılan yapılandırılmış, organize bir yöntemdir [35]. İlgili etmenlerin sistematik olarak değiştiği bir dizi deneyi içeren bu yöntemde yapılan deneylerin sonuçlarının analizi optimal şartları, sonucu en çok etkileyen ve

etkilemeyen etmenleri ve etmenler arasındaki ilişki ve etkileşimleri tanımlamaya yardımcı olur.

Matrisin boyutu küçük olmasına rağmen yapılan değişkenlik analizinin doğru sonuç verdiği bilgisini dikkate alan Deneysel Tasarım yöntemlerinde iyi yapılandırılmış veri matrisleri oluşturmak gerekmektedir. Deneysel Tasarım, teorik modellere değil deneysel verilere dayanan ampirik bilginin bir araya getirilmesi için kullanılan bir stratejidir. Performansı geliştirmek veya anlamak amacıyla bir olayın araştırılmasının istendiği herhangi bir zamanda uygulaması gerçekleştirilebilir.

Mevcut ve yeni teknolojilerle düşük maliyetli ve yüksek kaliteli üretimi hedefleyen işletmeler için kalite tekniklerini kullanarak ürünlerde ve ürünlerin kalitesinde iyileştirme yapmak şarttır. Deneysel tasarım, hem ürün veya süreç tasarımında, hem de üretimde ortaya çıkan kritik kalite problemlerinin çözülmesi için kullanılan etkili bir kalite tekniğidir [19]. Kritik kalite problemi, kabul edilebilir hata oranının üzerinde hataya neden olan ve geleneksel mühendislik yöntemleriyle çözümü maliyetli ve uzun olan problem olarak tanımlanabilir. Bu noktada, kalitenin ürünle birlikte tasarlanması gerektiği yaklaşımını getiren deneysel tasarım, yeni ürün ve süreç tasarımlarında üretim öncesi ortaya çıkabilecek kritik kalite problemlerinin yok edilmesine yardımcı olur ve böylece hem yüksek kalitenin elde edilmesini hem de maliyetlerin düşürülmesini sağlar.

Bir tasarım oluşturmak, kontrol edilen şartlar altında az sayıda deneyin dikkatli bir biçimde seçilmesi anlamına gelir. Tasarım oluşturmada birbirine bağlı dört adım vardır [35]:

a. Araştırmaya bir amaç belirlenir.
b. Deney süresince kontrol edilecek değişkenler (tasarım değişkenleri), ve değişkenlik seviyeleri veya aralıkları belirlenir.
c. Deneyin sonuçlarını tarif etmek için ölçülecek değişkenler (cevap değişkenleri) belirlenir ve kesinlikleri incelenir.
d. Uygun standart tasarımlardan, amaç, tasarım değişkenlerinin sayısı ve ölçümlerin kesinliği ile uyumlu ve kabul edilebilir bir maliyete sahip olanı seçilir.

Deneysel tasarım yöntemleri yeni bir ürünün veya mevcut ürünün geliştirilmesi için temel yapıların değerlendirilip diğerleriyle karşılaştırılması, malzeme alternatiflerinin

değerlendirilmesi ve performans üzerine etkili ürün parametrelerinin incelenmesi gibi mühendislik tasarım uygulamalarını içerir. Deneysel tasarım yöntemlerinin hedefi, incelenen sistemde değişimlerin nedenlerini araştırarak bu değişimleri ortadan kaldırmak veya bunlara karşı güçlü bir sistem oluşturmaktır.

Deneylere geleneksel yaklaşım, bir ilk etmenin seçilip buna belli değer atanarak sabitlenmesinin ardından, diğer etmenlerin test edilmesini ve her seferinde bir etmenin testini içerir. Bu nedenle, tasarıma dair yeterli bilgiyi elde etmek için her etmene birçok test uygulanması gerektiğinden bütün etmenlerin detaylı incelemesini yapmak engelleyici bir durum oluşturur. Sayının sınırlandırılmasının yanında, etmenler arasındaki ilişki konusunda da bilgi kıtlığı vardır. Bu durum mühendisleri sadece en belirgin etmenleri seçip test etmeye zorladığı için üzerinde çalışılan sistem hakkında kapsamlı bilgi edinmeleri mümkün olmaz.

Deneysel Tasarım yöntemi, bu duruma zıt bir yaklaşım getirerek sistemin bütün etmenlerini ele alıp, sistemi bir bütün olarak görüntüleyen ve bu sayede deneyi yapan kişiye kritik problemlerin çözümlerini bulmakta yardımcı olan bir yöntemdir. Seçilen geniş bir değer aralığında her birinin doğrudan test edilmesi zorunluluğu olmadan, etmenlerin verdikleri cevaplar görüntülenir [36]. Sistemi etkileyen tüm etmenlerin ele alınması, sadece bir etmeni düzeltmekle elde edilebilecek fayda yerine birkaç etmende küçük değişiklikler yapılarak toplamda daha çok fayda sağlanması sonucunu doğurabilir.

Deneysel Tasarım yönteminin önceliği, tasarım aşamasında veya çalışan bir süreçte kritik kalite problemlerinin giderilmesi olup performans üzerinde etkisi olan ürün parametrelerinin incelenmesini hedefler. İncelemenin sonucunda; sonuç değişken üzerindeki en etkili etmenler belirlenir ve diğer değişkenlerin sonuç değişkene etkileri tanımlanır. Ayrıca, deneysel tasarımın bir başka özelliği de etmenler arasında geleneksel yöntemlerle belirlenemeyen etkileşimleri ortaya çıkarabilmesidir. Deneylerden elde edilen veriler herhangi bir değer kombinasyonuyla olacakları öngörmek için model olarak kullanılan istatistiksel denklemlere yerleştirilir. Bu modeller mühendisin bütün kritik cevapları optimize etmesine ve optimal ayarları bulmasına yardımcı olur.

Deneysel tasarım, ürün ve üretim performansında en etkili parametreleri belirleyen deneysel çalışmaları içerdiği için kritik kalite problemine yol açmayacak etmenlerin

dikkate alınmamasını sağlar. Bu sayede daha az sayıda ancak daha etkin deneyler yapılarak maliyet ve zaman kaybı önlenirken yüksek kalite hedefine ulaşmak mümkün olur. Bunu başarmak için deney kavramını iyi algılamak gerekmektedir. Deney; ürün, süreç veya hizmet hakkında yeni bilgiler elde etmek veya hipotezleri desteklemek veya çürütmek için yapılan planlanmış yöntemlerdir [19].

Verimli bir deney, kaynakların en az seviyede kullanılmasıyla istenen bilginin en iyi şekilde elde edilmesini sağlar. Deneysel tasarım, etkin bir deney sistemi kurularak verimli bir deney yapılmasını sağlayan bir yöntem olup, ürün veya süreç geliştirme konusunda uygulanması maliyetlerde, geliştirme süresinde ve değişkenlerde düşüş, kazançta ise artış sağlar.

Bu bilgiler ışığında deneysel tasarım yöntemleri;

- Üretim sürecini kontrol eden anahtar değişkenlerin tanımlanmasına yardımcı olur.
- Tanımlanan anahtar değişkenlerdeki temel etkileri ve etkileşimlerin etkilerini belirler.
- Anahtar değişkenleri toleranslara yakın olarak yeniden tasarlar.
- Yeni süreçler eski verilerle geliştirilmeyeceği için geliştirme aşamasında kullanılır.
- Maliyeti azaltmak için önemsiz değişkenler üzerinde toleransları değerlendirmek için kullanılır.
- Kazancı artırmak ve maliyeti azaltmak için önemli etmenlerin ve onların bileşik seviyelerinin kullanımına dikkati çeker.
- Tasarım ve üretim arasındaki zamanı kısaltırken kontrol edilmeyen etmenlere karşı güçlü tasarım üretir.

Kalite yetersizliğinden kaynaklanan maliyeti ürünü ve süreci doğru tasarlayarak yok eder [19].

Deneysel Tasarım bütün üretim endüstrilerinde kullanılabilecek güçlü bir araçtır. Bu yöntemde başarılı olabilmek için aşağıdaki gerekler yerine getirilmelidir [37]:

1. İyi ve doğru amaçlar belirlenmelidir,
2. Sayısal olarak deney cevapları ölçülmelidir,

3. Kontrol edilemeyen değişkenliği bastırmak için tekrar yapılmalıdır,
4. Deney koşturma sırası rasgeleleştirilmelidir,
5. Bilinen değişkenlik kaynakları bloke edilmelidir,
6. Varsa hangi etkilerin isimlendirileceği bilinmelidir,
7. Sıralı bir deney serisi yapılmalıdır,
8. Her zaman kritik bulgular teyit edilmelidir.

Deneysel Tasarımı destekleyen kalite yöneticileri bu anahtar etmenleri teşvik ederek ürün kalitesinde ve süreç etkinliğinde önemli bir geliştirme yapma şanslarını artırmaktadır.

3. TRIZ: YARATICI PROBLEM ÇÖZME TEORİSİ

3.1. Yaratıcı Düşünce ve Yaratıcı Problemler

İnsanlar genel olarak, çözümü bilinenler ve bilinmeyenler olmak üzere iki tür problemle karşılaşır. Bilenen çözüme sahip olanlar teknik kitaplarda, makalelerde veya konuya hakim uzmanlarda bulunabilirken; çözümü bilinmeyeler yaratıcı problemler olarak adlandırılır. Yaratıcı problem, içinde sistemin bir özelliği iyileşirken diğerinin kötüleştiği durum olan çelişkiyi barındıran problemdir. Geleneksel yaklaşımda çelişkiyle bir çeşit uzlaşma veya değiş tokuş yaparak uğraşılır [38]. Tablo 3.1'de problem türleri gösterilmiştir.

Tablo 3.1 Problem Türleri [38]

Yeni Bilgi	Yeni bilgi bilinen problemlere uygulanır.	Yeni bilgi yeni problemlere uygulanır.
(Bilimsel Problemler)	Örnek: Yeni plastikler daha güçlü ve hafif ürünler sağlar.	Örnek: Lazerin çeşitli kullanımları.
Var Olan Bilgi	Var olan bilgi bilinen problemlere uygulanır.	Var olan bilgi tatmin edici bir çözüm üretemez.
(Mühendislik Problemleri)	Örnek: Genel olarak çözümü bilinen bütün mühendislik problemleri.	Yaratıcı Problem – yeni bir yaklaşım gereklidir.
	Bilinen Problem	**Yeni Problem**

Yaratıcı problemler çoğunlukla mühendislik, teknoloji ve tasarım problemleriyle karıştırılırlar. Yaratıcı kişinin çelişkileri eleyerek problem çözme yolu araması tasarım sürecinden farkı ortaya koyar. Bir kavram veya yaratıcı bir çözüm bulunduğunda mühendislerin, teknoloji üreticilerinin ve tasarımcıların yeteneklerini kullanmak gerekir [39].

Yaratıcı düşünme teorisinin merkezindeki "Yaratıcı çözüm" orijinal, basit, zarif, şaşırtıcı ve ilginçtir. Yaratıcı çözümleri ortaya çıkarabilme yeteneği bir organizasyona diğerlerine göre önemli bir avantaj sağlar. Özellikle böyle bir avantaj yaratmak için kullanılan araçlara ulaşılabilmesi nedeniyle, artık bu araçların etkili olmadıkları bir dönemde sağlayacaktır.

Problem çözümünde klasik çözümler veya yaratıcı çözümler kullanılır. Klasik çözüm optimizasyon, analoji gibi yapılandırılmış ve tekrar edilebilen bir yol iken yaratıcı çözüme erişimde karışıklık vardır. İlham, zeka parıltısı, yaratıcı patlama gibi sözlerle tanımlanmaya çalışılan yaratıcı çözüm yapılandırılmadığı sürece uygulamada bir anlam ifade etmez. Dolayısıyla yaratıcı çözüm arayışında geleneksel olmayan düşüncelerin teşvik edildiği bir ortamı oluşturmanın yanında yaratıcı süreci destekleyerek kalitesini artıracak bir sistem gerekir.

Yaratıcılığa dair araştırmaların geç başlaması bu konunun bilimsel çalışmaya değmeyeceği inancından kaynaklanır. Zamanında önemli mucitlerin de sahip olduğu bu inanç son 30 yıl içerisinde değişmiş ve bugün yaratıcılık; bilişsel psikolojinin yanı sıra yapay zeka gibi diğer alanların ve hatta mühendislik, reklamcılık, bilim gibi belirli içerikli alanların çalışma konusu haline gelmiştir [40]. Ayrıca geçmişte yaratıcılık, pratikte kısıtlanmış yeni fikirlerin kontrol edilemez, disiplinsiz üretimi olarak görüldüğü için yaratıcı problem çözümleri, başarısız olma riskine karşılık bilinçli olarak engellemiştir. Ancak yaratıcılık yönetilebilir, odaklandırılabilir ve projenin başarılı olma nedeni olabilir [41].

Yaratıcılık üzerine yapılan ilk çalışmalar, yaratıcı fikirler ortaya koyabilme yeteneğinin, içlerinden en iyisinin seçildiği çok sayıda fikir ortaya koyabilme yeteneği ile ilişkili olduğunu belirtmiştir. Çok sayıda fikir üretmek için yapılan kasıtlı düşünme sürecine "dağınık düşünme" adı verilmiştir. Dağınık düşünmede, fikirlerin çokluğunu gösteren miktar ve tüm fikirlerin ortaya çıkışından sonra karar verilmesini destekleyen “yargının ertelenmesi” iki önemli etmendir. Beyin fırtınası, morfolojik analiz, yaratıcılığın miktarla bağlantılı olduğu düşüncesine dayanan sistemlerden birkaçıdır.

Dağınık düşünmenin yerleşik tekniklerinin incelenmesi, bu tekniklerin her durumda etkili olmadığını göstermiştir. Araştırmalar beyin fırtınasına katılan katılımcıların çoğunun grubun doğal liderinin etkisinde grupça düşünmeye eğilim gösterdiğini ve yargının ertelenmesinin bu fikirlerin kalitesini artırmak yerine azalttığını ortaya koymuştur. Öte yandan, erken yargının tek başına yaratıcılığı artırabileceği bulunmuştur. Ayrıca özellikle yaratıcı bilim adamları yoğun bir düşünmenin, onların düşünme süreçlerini daha iyi tanımladığını ileri sürmüşlerdir. Buna ek olarak, araştırmalar yaratıcılıkla çok sayıda fikir ortaya koyma yeteneğinin ilgili olmadığını ortaya çıkmıştır. Yaratıcı kişilerin düşünme süreçlerinin incelenmesi, onların

hedeflerine az sayıda sonucu irdeleyerek sistematik bir biçimde ulaştıklarını ve bunu yaratıcı çözümün gereklerini önceden görerek ve düşünme süreçlerini yönlendirmeyi becererek yaptıklarını göstermiştir. Sonuç olarak yaratıcı düşünme, hayaller veya çağrışımlar yerine yaratıcı çözüme yönlendiren sınırlamalarla yaratıcı kişiyi yönlendirir [40].

Yargının ertelenmesi prensibini bozan yaratıcı düşünmede, hedef çözümün yönünü incelemek için ölçütler, problem çözmenin ilk aşamalarında sistem tarafından sağlanır ve böylece uygun olmayan olasılıklar kararlaştırılarak elenirler. Ölçüt, erken aşamalarda çözümü tahmin etmenin zor olması nedeniyle çözümün ne kadar iyi olduğuna dayanarak değil; çözümün tek ve ilginç olma olasılığına dayanarak değerlendirilir.

Yaratıcılık terimi, yaratıcı insan, yaratıcı süreç ve yaratıcı sonuç olmak üzere üç etmen için kullanılır. Diğer sistemler doğrudan kişiye veya sürece odaklanırken, yaratıcı düşünme süreci, yaratıcı sonuca odaklanmaktadır. Sonucu bilmeden sistemin prensipleriyle problemi çözen kişinin, çözümü yaratıcı kılmak için gereken özellikleri belirlemesi; yaratıcı düşünmenin kişiye nasıl düşüneceği yerine ne düşüneceğini öğrettiğini gösterir.

Yaratıcı düşünme sistemi, klasik olmayan çözümlere ulaşmada yardımcı olacak bir düşünme yapısı geliştirmek isteyen ve rasgelelik kavramını kabul etmeyen Rus bilim insanı Genrich Altshuller tarafından geliştirilmiş prensiplere dayanmaktadır. Beş yüz bin yaratıcı çözümü araştırdıktan ve çözüm keşfinden önceki hallerle karşılaştırdıktan sonra, aşağıdaki sonuçlara ulaşmıştır [40];

- Yaratıcı çözümler, çelişkileri ortadan kaldırmaya dayanmaktadır.
- Yaratıcı çözümler, çelişkileri ortadan kaldırmak için sınırlı sayıda yönteme dayanmaktadır.
- Farklı tipteki çelişkiler arasında bir anlaşma bulmak ve bunların üstesinden gelmek için etkili taktiklere ulaşmak mümkündür.

Alsthuller, teknolojinin evriminin diyalektiğin yasalarına bağlı olduğunu belirtmiştir. Buna göre, yaratıcılık için oluşturulacak bir genel teori, teknik problem çözmenin yaratıcı hareketine diyalektik mantığın uygulanmasını içermelidir. Ancak, çalışan bir yöntem geliştirmek için yeterli değildir. Yaratıcı kişinin kullandığı aracın özellikleri de göz önüne alınmalıdır. Bu araç tektir ve insan beynidir. Yaratıcı çalışmanın doğru

organize edilmesiyle sezgi veya hayal gücü gibi insanın düşünme sürecinin güçlü unsurları maksimize edilebilir. Bunun yanında düşünce sürecinin atalet gibi zayıf yanları da dikkate alınmalıdır.

Altshuller teknolojinin evrimi gibi yaratıcılığın da diyalektik mantığa uygun olması gerektiğini söylerken çalışan bir sistem için düşünme sürecinin sezgi, hayal gücü gibi güçlü yönleriyle atalet gibi zayıf yönlerinin dikkate alınmasının önemini belirtmiştir. Yaratıcılık teorisi deneyim ve uygulamadan gelişmeli ve yaratıcı kişinin oluşturduğu kısıtlı sayıdaki yöntemin en değerli prensipleri seçilerek genelleştirilmelidir [13]. Yaratıcı bir yöntemin amacı yaratıcı sürecin bilimsel organizasyonudur.

Yaratıcı problem çözmeye rasyonel bir sistemin geliştirilmesinin ön şartı, buluşlardaki ortak prensiplerin bilinmesi ve kullanım şekillerinin belirlenmesiyle yaratıcı çalışmanın verimliliğinin artırma olasılığını yaratmaktır. Yaratıcılık, ani aydınlanmalarla veya esinlenmelerle değil, sonuçlanan başarılarıyla karakterize edilen sistematik süreçlerle çok uyumludur. Yaratıcılık için bir teorinin temelinde, bugün yaratıcı olarak kabul edilen problemlerin, yarından önce ortaya çıkmayacak yapılandırılmış akıl süreçlerinin yeni bir seviyesinde çözülebileceği söylemi yer alır [13].

Araştırmaların gösterdiği üzere yaratıcı kişilerle yaratıcı problemler arasında iki tip ilişki bulunmaktadır. Yaratıcı kişilerin çoğu problem üzerinde çalışmaya başlamadan problemin acil olmasını beklemektedir. Diğer yaratıcı kişiler aktif olarak çözülmemiş problemleri ararlar. Üretim sürecinin yumuşak ve sorunsuz bir şekilde yürümesi mucitleri geliştirme yapmaya itmez. Daha sonra bir darboğaz ortaya çıkınca yaratıcı kişi aslında daha önceden tahmin edilebilecek olan problemin üzerinde çalışmaya başlar. Uzun süre mucitler üretim süreçlerindeki darboğazları çözmek için kullanılmıştır.

Yaratıcılık sürecinde kazanılan yetenekler ve deneyim, iki yaratıcı problemin ortaya çıkışı arasında uzun zaman geçerse, azalır. Yaratıcı yetenekler, her bir problem çözmeye başlama aşamasında yeniden kazanılmalıdır. Sürekli yaratıcı çalışma, bunun aksine, kişinin prensiplerini zenginleştirirken yeteneklerine güveni geliştirir. Buluş yapmak, yaratıcı düşünen mühendisler, işçiler, teknisyenler için ikinci bir iş halini almıştır [13].

3.2. TRIZ: Yaratıcı Problem Çözme Teorisi

Günümüzün küresel pazarı ve acımasız rekabetinde, atılım yapabilecek ürünler üretebilmek zorlaşmıştır. Son zamanlarda, zor ve hatta olanaksız görünen mühendislik problemlerini çözme yeteneğini önemli derecede geliştirmeyi vadeden, "Yenilikçi Mühendislik" çağı başlamıştır. Mühendislerin bilgisini, yaratıcılığını ve problem çözme yeteneğini arttıracak ve hamle yapmalarını sağlayabilecek düşünmeyi gerektiren zor problemlere yaklaşımda devrim yaratacak yeni bir teknik mevcuttur. Bu yöntemin adı "TRIZ"dir [7]. TRIZ, Rusça, Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadatch kelimelerinin baş harflerinden oluşan ve "Yaratıcı Problem Çözme Teorisi" anlamına gelen kısaltmadır. 1946 yılında Sovyet Donanması'nın patent ofisinde çalışan Genrich Altshuller isimli Rus mühendis tarafından yaratılmış ve dünyaya tanıtılmış bir teoridir.

Teorinin çıkış noktasında, buluşların nasıl yapıldığı sorusu Altshuller'i meraklandırmıştır. Bunun üzerine, değişik alanlardaki 200.000 patent üzerinde çalışma yapmış ve temel prensipler uygulanarak çözülebilecek 1.500 adet teknik çelişkinin var olduğunu kanıtlamıştır [3]. Altshuller, patentleri yaratıcı problemlere ve nasıl çözüldüklerine bakmak için incelemiş ve bunlardan 40.000 tanesinin bir şekilde yaratıcı çözümlere sahip olduğunu; geri kalanların daha önceden bilinen bir fikrin ya da kavramın yeni bir şekilde kullanılmasını temsil ettiğini ortaya koymuştur. Buradan çıkan sonuç, yeni bir probleme uygulanabilecek bir tasarım çözümü fikrinin önceden bilinebilecek olmasıdır. TRIZ, teknolojik dünyanın sistematik görünüşünü temel alarak, tasarımcılara yeni tasarım yaratmak için yardımcı olan ve problem çözme sürecinde birçok deneme-yanılmayı engelleyen teknikler ve araçlar sağlar [42].

Altshuller, yaratıcı problemi, çözümü başka bir problemin ortaya çıkmasına yol açan problem türü olarak tanımlarken, özellikler arasında uzlaşma veya değiş-tokuş yapılmasına karşı çıkmıştır. Patentler üzerine yaptığı çalışmalarda, Altshuller çoğu icatta uzlaşma gerektirmeyen ve var olan çelişkiyi çözen ya da yok eden çözümler bulmuştur. Patentleri endüstrilere göre sınıflandırmaktansa problem çözme sürecini açığa çıkarmak için konuyu ortadan kaldırırken; aynı tip problemlerin tekrar tekrar sadece kırk tane temel yaratıcı prensipten biri kullanılarak çözüldüğünü bulmuştur.

Araştırmaları sırasında, Altshuller aşağıdaki şartları sağlayacak bir yaratıcılık teorisinin gerekliliğini hissetmiştir [10]:

1. Sistematik ve adım adım bir izlek olması
2. İdeal çözüme yönlendirmek için geniş çözümler uzayında bir rehber olması
3. Tekrar edilebilir ve güvenilir olması ancak psikolojik araçlara bağlı olmaması
4. Yaratıcı bilgiye ulaşmayı sağlayabilmesi
5. Yaratıcı bilgi birikimine eklemeler yapabilmesi
6. Problem çözmeye genel yaklaşımı izleyerek mucitlere yeterince aşina olması.

Mühendislik tasarımı, çoğu fiziksel olarak fark edilebilir tasarım ürününün tanımı üzerine ortaya çıkmış gereksinimleri ve talepleri planlamayı amaçlayan, farklı birçok teori ve yöntemi içermektedir. Yenilikçi mühendislik tasarımı için belirli bir sahadan bağımsız teknikler topluluğu olan TRIZ teknikleri psikolojik etkinleştirme için, beyin fırtınası gibi bilinen yöntemlerden farklı olarak yenilikçi mühendislik tasarımı için sistematik bir yöntem sağlamaktadır [41].

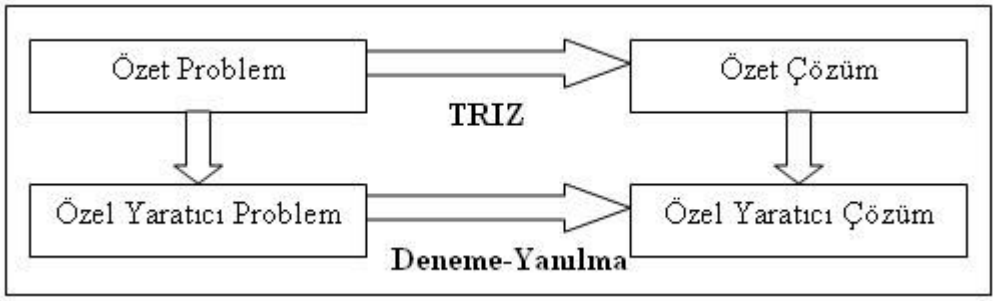
"Sistematik" sözcüğü istenen sonucu elde etmek için tekrar tekrar gerçekleştirilebilen sıralı faaliyetler görüntüsünü akla getirir. Yenilik ile sıklıkla öngörülemeyen ve düzensiz süreçleri ifade eden yaratıcılık arasında bir ilişki vardır. Buna rağmen "sistematik yenilikçilik" içinde çelişki barındıran bir ifade değildir. TRIZ'in payandası yenilikçi çözümlerin uygulamasıyla çelişkilerin yöntemli olarak çözülebileceğinin anlaşılmasıdır. Teorinin üzerine kurulduğu üç esas ise şunlardır [39]:

a. İdeal tasarım bir amaçtır.
b. Çelişkiler problem çözümüne yardımcı olur.
c. Yenilikçi süreç sistematik olarak yapılandırılabilir.

Yaratıcılığı arttırmak için kullanılan geleneksel süreçlerin en büyük kusuru, problemin karmaşıklığı arttıkça, kullanışlılığının azalmasıdır. Her süreçte kullanılan deneme yanılma yönteminde, problemin karmaşıklığı arttıkça gerekli denemelerin sayısı da artmaktadır. Zor yaratıcı problemlerin çözümünü kolaylaştırmak ve bunu diğer insanlara yayabilmek Altshuller'in araştırma amacı olmuştur. Yaratıcı süreci geliştirme konusundaki kararlılığı, TRIZ'in ortaya çıkması ile sonuçlanmıştır.

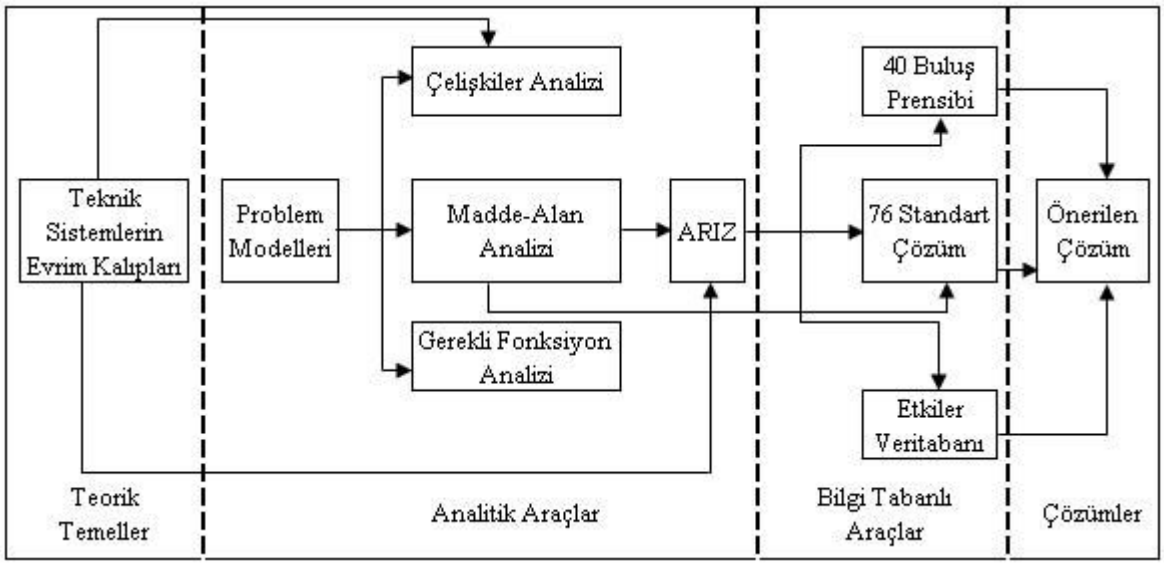
Bireyler ve grupların kendiliğinden gelen yaratıcılığına değil, problemler ve çözümlerin kalıpları üzerinde yapılan çalışmalara dayanan TRIZ araştırması, teknolojiyi ilerleten yaratıcı yenilikçiliğin temelinde evrensel buluş prensiplerinin olduğu ve eğer bu prensipler tanımlanıp bir sisteme bağlanabilirse buluş yapma sürecini daha öngörülebilir olması için insanlara öğretilebileceği hipotezi ile başlamıştır. 50 yıl içerisinde birçok aşamadan geçen bu araştırmada, problemlerin ve çözümlerinin, teknik evrim kalıplarının endüstriler ve bilimler içinde tekrarlandığı ve yeniliklerin geliştirildikleri alanın dışında bilimsel etkiler kullandığı belirlenmiştir [41].

Belirli bir probleme belirli bir çözüm bulmayı amaçlayan, iyi bilinen, zihinsel etkinleştirme veya geleneksel tasarım yöntemlerinin aksine, TRIZ, Şekil 3.1'de görüldüğü gibi belirli bir problemin özet bir probleme dönüşümünü organize etmekte ve problemin tipiyle ilgili olan genel tasarımın ana hatlarını veya kalıplarını kullanmayı ileri sürmektedir. Bu özet seviyede düşünme ile araştırma uzayı önemli ölçüde küçültülür, böylece gereken çözüm kavramının hızlı bir şekilde bulunması sağlanır.



Şekil 3.1 TRIZ ile Problem Çözümü [43]

Herhangi bir problem çözme süreci problem ve problemin yer aldığı sistem olmak üzere iki bileşene sahiptir. Başarılı yenilikçi deneyimler hem problem analizinin hem de sistem dönüşümlerinin problem çözmede önemli olduğunu ortaya koymuştur. TRIZ, problem çözümü için gerekli analitik araçları, sistem dönüşümü için gerekli bilgi tabanlı araçları ve bunların teorik temellerini içerir. Şekil 3.2'de TRIZ yönteminin temel yapısı yer almaktadır. TRIZ'in problemli ürün hakkında bütün bilgileri kullanmayan analitik araçları problem modellenmesi, analizi ve dönüşümü için kullanılır. Özel bir durumun genelleştirilmesi, bir problemi, bir çelişki veya bir madde-alan modeli veya bir gerekli fonksiyonun gerçekleştirilmesi şeklinde yapılır. ARIZ ise bu üç aracı ve diğer teknikleri bir araya getiren özel bir analitik araçtır. [42]



Şekil 3.2 TRIZ'in Yapısı [42]

TRIZ'in özünde, çoğunlukla en az sayıda kaynağın konulmasıyla çelişkilerin üstesinden gelerek teknik sistemlerin, idealliğin arttığı yönde evrim geçirdiğinin tanınması vardır. Dolayısıyla, yaratıcı problem çözme için TRIZ, problemi bir sistem gibi algılamak, ideal çözümü ilk olarak görmek, çelişkileri çözmek gibi şekillerde diyalektik bir düşünme yolu sağlar.

En önemli kabul "teknik sistemlerin evrim geçirdiği" kabulüdür. Teknoloji genel olarak teknik sistemler olarak görülür. Herhangi bir sistem belirli sayıda bileşenden ve bunların ilişkisinden oluşur ve üst sistemlerinin alt sistemi olarak kabul edilebilirler. Her teknik sistem evrim geçirir, tarih boyunca değişir, gelişir. Bu evrim kişisel buluşları içeren ancak ezen büyük eğilimleri şekillendirir. Teknik sistemler de artan idealliğe doğru evrim geçirirler. Bu kabul Evrimin Esas Kanunu olarak adlandırılır. İdeallik ise "Esas Fonksiyon" veya "Kullanılabilir Fonksiyon" olarak tanımlanır. Buradaki ana kabul, birçok evrim şeklinin evrensel olarak idealliğin artışı yönünde hareketler olarak görülebildiğidir. Bu durum, gelecekteki teknik sistemlerin öngörülmesinin ve geliştirilmesinin temelini oluşturur.

Evrim ancak talep ve arz arasındaki boşluk olarak beliren çelişkilerin yok edilmesiyle ortaya çıkar. Bu tip çelişkiler engel olarak tanımlanır, bir süre için bunlarla uzlaşılır ve sonra önemli buluşlarla yok edilirler. Bu buluşlar teknik sistemlerin evrimindeki küçük adımları oluştururlar. Çelişkilerin yok edilmesinde en az sayıda kaynak kullanılırken ek kaynakların eklenmesi sistemleri karmaşıklaştırır

ve çelişkileri çözmez. TRIZ'de, artan ideallik kanunuyla uyumlu olarak en az kaynakla veya kaynak eklemeden çelişkilerin çözülmesi kabulü vardır.

Bu kabule göre TRIZ'i geliştirmenin ve öğrenmenin ana amacı "yaratıcı problem çözme" için bir yöntem sağlamaktır. Problem çözmeyle yok edilmek istenen çelişkiler için önceden bilinen çözümler veya çözüm yolları olmaması nedeniyle, bu çelişkiler, yaratıcı bir biçimde çözülmelidir. Özel yöntemlerin, sezgisel yöntemlerin ve problem çözmek için hilelerin ötesinde, yaratıcı problem çözmek için TRIZ, diyalektik bir düşünme yolu sağlar.

TRIZ'de, problem ve nesnelerinin bir sistem olarak algılanarak problemlerin hiyerarşik bir sistem oluşturmasıyla probleme ve çözüme dair çok sayıda evrimsel bakış açısı elde edilir. Bunun ardından teknik sistemlerin artan idealliğe doğru evrim geçirdiği bilgisine dayanarak deneme-yanılma yöntemine zıt bir düşünme süreciyle ideal çözüm düşünülür ve buna ulaşma yolları aranır. Sıradaki aşama ortaya çıkarılan fiziksel çelişkinin TRIZ'in ayrılık prensipleri gibi somut araçlarla çözülmesidir [44].

Problemi birçok açıdan görmeyi, gerçek problemin ne olduğunu anlamayı ve olası çözümleri görmeyi sağlayan yaratıcılık tetiklemelerinin serisi olan TRIZ, çelişkiler, evrim eğilimleri, ideallik, psikolojik ataleti yenmek, fonksiyonel analiz, standart çözümler, bilgi yönetimi, patent güçlendirme gibi kavram ve araçlar kullanır. İki özellik arasındaki ters orantıyı ifade eden ve birçok tasarımda görülen çelişkiler, uzlaşmaya gidilmeden ortaya çıkarılır ve TRIZ prensipleriyle çözülür. Evrim eğilimleri, ürün ve endüstrilerin yaşam döngüsünü tarif eden S eğrisinin çizilmesinin, eğride nerede olunduğunun bilgisinin ve sonraki eğrinin tahmininin bulunduğu teknolojik öngörüyü içerir. İdeallikte TRIZ, problem yerine çözüme dair düşünme yaklaşımıyla sanal olan, gerekli fonksiyonları sağlayıp istenmeyen yan etkiler üretmeyen ideal bir sistem kavramı ortaya koyar [45]. TRIZ, problemlere yeni yaklaşımlar getirmeyi, bilinmeyen bilgiyi kullanmayı ve çözüm için yaratıcı ve yenilikçi düşünmeyi öğreterek psikolojik ataleti yenmeyi gösterir. Problemlerin daha önceden çözüldüğü temeline göre işlem yapılan TRIZ'de özel problemin genel geçer hale getirilmesi ve sistem bileşenlerinin etkileşimiyle problem alanlarının belirlenmesi için fonksiyonel analiz yapılır. Tanımı yapılan problemlerin çözümünde bilinen çözüm yollarının derlemesi olan standart çözümler kullanılır. TRIZ bilgi yönetimini, patentlerde kullanılan mühendislik ve bilimsel teorilerine ait bilginin nasıl kullanılacağını göstererek gerçekleştirir. Son olarak TRIZ, bireylerin veya

firmaların entelektüel özelliklerini korumak ve yeni bir ürün öngörüsüyle stratejik olarak patent almak için patent güçlendirme kavramını ortaya koyar [9].

TRIZ mucitlerin nasıl buluş yaptıklarını keşfetmeyi amaçlar [46]. Yaratıcı süreci anlama çabaları, sürecin çelişkili gereksinimler içerdiği ve çözümü için uzlaşma kabul edilmediği için zor olarak tanımlanan problemlerin, yeni bir şekilde çözüldüğü buluşlara yönelmiştir. TRIZ yönteminde yapılan 50 yıllık çalışmayla geçmişte yaratıcı kişilerin sahip olduğu analitik ve bilgi tabanlı araçlar ortaya konularak yaratıcı süreç açığa çıkarılmış ve buluş yapmak için yüksek seviye zeka gereksinimine gerek kalmamıştır. Mühendisliğin farklı alanlarındaki patentler üzerinde yapılan çalışma sonucunda TRIZ felsefesini oluşturan birkaç önemli keşif şunlardır [43]:

- Her tasarım ürünü, her mühendislik alanı için genel olan ve araştırılarak, yaratıcı problem çözme ve tasarlanan ürünün gelişiminin tahmini için kullanılabilecek bir düzene göre gelişmektedir.
- Tasarım ürünleri, teknolojinin tüm alanları için ortak olan prensiplerle çeşitli çelişkilerin yok edilmesi sonucu gelişmektedir.
- Yaratıcı problem, artık ihtiyaçları karşılayamayan bir tasarım ürünün yeni gereksinimleri arasındaki çelişki olarak ifade edilirken; yaratıcı çözüm, uzlaşmaya izin verilmediği bir durumda çelişkinin yok edilmesi demektir.
- En iyi olası çözüm için evrensel ölçüt ideallik olup, bunun derecesi, tasarım ürününün yararlı etkileriyle, bu etkileri yaratmak için gerekli malzeme, enerji ve bilgi harcamaları arasındaki orandır.
- Genellikle, çelişki olarak biçimlendirilen bir probleme çözüm arayışında, o alandaki mühendisin bilmediği fiziksel bilgiyi kullanma ihtiyacı doğar. Uygun fiziksel bilginin arayışını yönetmek ve yönlendirmek üzere fiziksel etkiler için göstergeler kullanılmalıdır. Göstergelerde, fiziksel olgular, teknik fonksiyon listeleri ile belirtilmiştir.

Teknolojilerin geliştirilmesi, yenilikleri ve evrimleri alanlarına ve dönemlerine göre ortak yanlara sahiptir [47]. Teknolojilerde yeni geliştirmeler yapmak için bu ortak yanlar, problemlerdeki çelişkilerin yok edilmesini sağlayan ve yaratıcı yeniliklere ipucu veren kalıpların ortaya çıkartılıp sınıflandırılmasıyla sürekli kullanılabilir hale getirilebilir. Bu bağlamda, aynı çelişkilerin birçok değişik mühendislik alanındaki

buluşlara atfedildiğinin keşfi, ortaya çıkarılabilecek, derlenebilecek, genelleştirilebilecek ve gelecekte kullanılabilecek buluşlar hakkında metodolojik ve teknik bilgi varlığını kanıtlamıştır. Buluş kalıpları olarak adlandırılan bu bilgi, farklı mühendislik sistemlerinin evriminde veya farklı alanlardaki sistemlerin karşılaştırmasında benzer değişikliklerin gözlemlendiğini ifade eder. Rasgele gelişmeyen mühendislik sistemlerinin evrimi, evrim kalıplarını izler [9].

Buluş prensipleri Altshuller'in kendi geliştirdiği ve paradoksal mühendislik problemlerinin uzlaşma olmadan hızlı çözümünü sağlayan "Mühendislik Sistemlerinin Evriminin Kanunları"nı biçimlendirmesine yardımcı olmuştur [48]. Bu kanunların yeni ürün geliştirmede ve bu ürünlere ait problemleri çözmede kullanılabileceğini keşfeden Altshuller, böylece geniş çaplı, bilimsel tabanlı, birçok yaratıcı prensibi bir sisteme oturtan ve mühendislik sistemlerinin evrim kanunları ile ortak çalışan bir problem çözme yöntemi geliştirebilmiştir.

Teknik ve teknolojik problemlerin çözümü için geliştirilmiş algoritmik bir yaklaşım olan TRIZ ile teknik sistemlerin yeni bakış açılarıyla görüntülenmesi ve olası tüm çözüm kavramlarının ortaya çıkarılması sağlanır. Ayrıca ideal çözümün arayışı, sistem çelişkilerinin çözülmesiyle daha üstün ürünlerin geliştirilmesi, teknolojik evrim ile gelecekteki ürünlerin öngörülmesi ve bunlar kullanılarak rekabetçi bir avantaj sağlanması gibi sonuçlar da doğurmuştur [49].

Mühendislik ve bilimsel teorinin bir araya getirildiği TRIZ sürecinde deneyim kazanan kişiler gerçek potansiyellerinin yanında mühendis ve bilim adamı olma nedenlerini de hatırlarlar [9]. TRIZ bunu, uzmanlığı ortadan kaldırıp kişinin, kişisel bilgisinin ve şirketinin hatta sektörünün dışına bakmasını ve bu sayede yaratıcı çözümler üretmesini sağlayarak başarır. Yaratıcı çözümlerin tetiklenmesi, üzerinde çalışılan problemin ve gerekli işlevselliğin, en temel tasarım fonksiyonlarına indirgeme yapılarak anlaşılmasını sağlayan bu yöntemde, bilimin ve mühendisliğin diğer alanlarındakine benzer problemlerin çözümü görüntülenerek yapılmaktadır. Dünya patent veritabanın incelenmesi ve uygulanan çözümlerin sınıflandırılması sayesinde TRIZ ile bilinen problem çözümlerine sistematik bir biçimde ulaşmak mümkün olmaktadır. Böylece aynı problemlerin tekrar tekrar çözülmesiyle harcanan zamandan tasarruf edilebilmektedir.

TRIZ ürün geliştirme konusunda kutunun dışına, geleceğe ve uygulamacıların bile bilmediği teknolojiler kullanarak problem çözmenin başarılı yollarına bakmaya zorlayarak, ürün geliştiricilerin üretkenliğini artırır. TRIZ, yeni ürün geliştirme sürecindeki boşluğu, öncelikle yaratıcılık ve deneyim gerektirdiği kabul edilen alanlarda yapılanma ve basitleştirme sağlayarak doldurur. Bir otomotiv tedarikçisinin 5 yıldır uygunsuz olan bir bileşenini geliştirmek için, bir günde 60 patentleşebilir düşünce ortaya atması, 10 yıldır devam eden bir toz metalürji problemi için, 2 günde sekiz çözüm bulunması, 4 yıllık saha yetersizliği geçmişine sahip hidrolik çekiç tasarımı için yeni bir tasarım kavramı oluşturmak üzere sadece yarım gün harcanması veya bir arabanın rüzgar tünel testinin süresinin 555 dakikadan, 298 dakikaya düşürülmesi gibi örnekler işletmelerin TRIZ'i kullanarak başarı elde ettiklerinin kanıtlarıdır [50].

Yenilikçi süreçlerin kontrol edilemeyeceği varsayımı sadece kısıtlayıcı değil aynı zamanda yanlıştır. İlham rasgele olmak zorunda değildir. TRIZ uygulayıcıları dünya patent veritabanında paralel probleme uygulandığında etkili olarak tanımlanan çelişkilerin çözümü için ortak çözümler uygulamanın radikal bir şekilde sistemlerin ve ürünlerin tasarımını geliştirdiğini sürekli olarak göstermektedirler. Bir problem bir çelişki olarak yapılandırıldığında, bu çelişkiyi çözmek için yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemler hızlı bir şekilde evrim geçirirler ve daha geniş bir biçimde kullanılabilir olurlar. Sistematik yenilikçiliğin olanaklı olduğunu anlamanın anahtarı yenilikçi dünya patentlerindeki ortak çözümleri anlamaktır [39].

TRIZ, sadece teknik değil teknik olmayan alanlarda problem çözmek için uygulanabilir bir yöntemdir. [3] TRIZ uzmanları, yönetim sistemleri, pazarlama veya davranışsal psikoloji gibi daha açık problemlerde TRIZ'in nasıl kullanılacağını araştırmaktadır. 40 buluş prensibi üzerinde bazı oynamalar yapılarak daha genel geçer bir kullanımın oluşturulması mümkündür. TRIZ'deki birçok eğilim teknolojik olmayan alanlarda çözüm geliştirmek için fikirler sunmaktadır. Teknolojik eğilim, somut şirketlerden sanal şirketlere geçişte olduğu gibi katı cihazlardan, alanlara ve kuvvetlere geçmektedir. Benzer bir biçimde, düz eylemden karmaşık eyleme geçiş eğilimi şirketlerin nasıl ince ayar yaptıklarını ve hızlı değişime cevaplarını nasıl değişken kıldıklarını yansıtmaktadır.

TRIZ, Rusya'da ve son zamanlarda ABD'de yüksek okullar ve enstitülerde ders olarak okutulmaktadır. Soğuk savaşın sona ermesiyle birlikte, ABD, Japonya ve

Avrupa'da tanınmaya ve kullanılmaya başlanmıştır. Verilen bilgiler ışığında TRIZ'in özellikleri arasında aşağıdakiler sayılabilir [6]:

- Teknolojik yenilikler için yeni dalga hareketi oluşturmuş ve hemen kabul görmüştür.
- Teknolojik araştırma ve geliştirmede yaratıcılığı destekler.
- Teknik problemlerin belirlenmesini sağlar ve bunların çözümü için birçok yaratıcı ipucu verir.
- Yenilikçi teknolojilerin incelenmesi ve dünyadaki 3 milyon civarında patentin analiz edilmesiyle ortaya çıkarılan "Buluş Prensipleri"ni temel almaktadır.
- Problem çözülürken, tüm dünya bilim ve teknolojisinin girdilerini kullanabilme olanağı sağlar.
- Teknik hedeflere erişmek için geometri, kimya ve fizik prensiplerinden hangisinin gerektiğini belirlemeye yardımcı olur.
- Teknik çelişkileri çözerek, gerçekçi ve ticari değeri olan buluşlar ve patentler elde edilebilir.
- Mekanik, kimya, elektrik ve diğer alanlarda yenilikler için kullanılabilmektedir.
- Temel bilgi alanları ve uygulamaları günümüzde oldukça genişlemiştir.

TRIZ'in kullanımıyla yeni ürün geliştirme konusunda önemli yenilikçi hamleler yapmanın ve patentleşebilir fikirler üreterek pazar payını artırmanın mümkün olduğu görülmüştür. Yeni ürünlerin rakip firmaların patentlerine üstün gelmesinin yanında, mevcut teknolojinin etrafında bir patent şemsiyesi oluşturmak ve ürün veya teknoloji gelişimini öngörmek TRIZ yönteminin getirdiği olanaklar arasındadır. Araştırma ve geliştirme sürecini kısaltmak suretiyle ürünün pazar sunumunu çabuklaştıran TRIZ, maliyetli veya önemli bir değiş tokuşun zorunluluğuna işaret eden mevcut çözümler için somut cevapların üretilmesini sağlar [48].

3.3. TRIZ'in Doğuşu ve Gelişimi

3.3.1. Genrich Saulovich Altshuller

TRIZ'in doğuşunu ve gelişimini anlatmaya başlarken bu yöntemin yaratıcısı olan Genrich Altshuller'in yaşam öyküsünden kısaca bahsetmek gerekir. 15 Ekim 1926'da Taşkent'te doğan Altshuller, yüksek buluş yeteneği sayesinde 14 yaşında bir su altına dalma aracıyla ilk patentini almıştır. İlk önemli buluşu 20 yaşında gerçekleştirdiği denizaltından dalgıç aletleri olmadan kaçma metodu olup bu buluş askeri sır olarak belirlenmiştir. 1940'lı yılların sonlarında Sovyet Deniz Kuvvetleri'nde evrak memuru olarak çalışan Altshuller, çalışanlara yaratıcı problemler çözmede yardım ederken yeni, yenilikçi ve patentleşebilir fikirlerin yaratımını açıklayabilecek bazı genel geçer kuralları bulma konusunda çalışmaya başlamış ve TRIZ yöntemini geliştirmiştir. 200.000 adet patenti inceleyerek temel prensiplerin uygulanmasıyla 1.500 teknik çelişkinin var olduğu sonucuna varmıştır.

Stalin döneminde, devlet başkanına teorisiyle ilgili yazdığı mektuba istinaden politik nedenlerle hapse atılmıştır. Çalışmalarına cezaevi kampında devam eden Altshuller, Stalin'in ölümünden 1,5 sene sonra 1954 yılında serbest bırakılmış ve Bakü'ye yerleşerek yayımcı, denemeci ve bilim kurgu yazarı olarak çalışmıştır. 1956'da ilk makalesini yayımlamış, 1968 yılında TRIZ hakkında dünyada ilk semineri vermiş, TRIZ hakkında 14 kitap ve çok sayıda makale yazmıştır. 1970'li yıllarda Rus mühendisler ve diğer teknik eğilimli insanlar arasında filizlenen TRIZ hareketinin liderliğini yapmıştır. Rus TRIZ Birliği'nin kurucu üyesi ve başkanı olmuş ve 1970 yılında Bakü'de TRIZ Okulu açmıştır. Yakın arkadaşları ve öğrencileri TRIZ'i Rusya ve Rusya dışında popüler hale getirirken bu hareketin en belli başlı düşünürleri ve öğretmenleri olmuşlardır. Ancak Altshuller'in teorisi otoriteler tarafından uzun süre kabul görmemiştir. Dolayısıyla TRIZ Okulu resmi olmayan yollardan işletilmiştir.

Altshuller eğitime ve gerçek uygulamaya ağırlık vererek çalışmış ve problem çözme için bir bilgi sistemi ve yöntem araştırmıştır. Amacı buluş gerektirebilecek olan, gerçekten çok zor problemlerin çözümü için yeni bir yöntem geliştirmek olmuştur. Bu yöntemi teknoloji üreticilerine öğretirken denemiş ve geliştirme yapmak için sonuçları geri beslemeyle almıştır. Bir takım TRIZ tekniklerini problem çözmek için tek bir izlek altında yapılandırmış ve buna "ARIZ" (Yaratıcı Problem Çözme

Algoritması) adını vermiştir. Hayatı boyunca ARIZ'in birçok sürümünü geliştirmiştir.

Altshuller 1990'ların başında Bakü'yü terk edip karısı Valentina Nikolaevna Zhuravleva ve torunu ile beraber Petrazodovsk şehrine yerleşmiştir. Bunun sonucunda Petrazodovsk TRIZ Birliği'nin merkezi olmuştur. 1998 yılında Parkinson hastalığının etkileri sebebiyle yaşama veda etmiştir.

3.3.2. TRIZ'in Yaratılış Süreci ve Gelişimi

TRIZ yönteminin doğuşu, yaratıcısı Genrich Altshuller'in yaşamı ile doğrudan bağlantılıdır. Henüz 14 yaşında bir su altına dalma aygıtı geliştirerek ilk buluşunu yapmak suretiyle mucitlik yeteneğinin varlığını kanıtlayan Altshuller'in 20 yaşında gerçekleştirdiği denizaltından dalgıç aletleri olmadan kaçma yöntemi askeri sır olarak belirlenmiş ve kendisi Sovyet Donanması'nın patent bölümünde çalışmak için teklif almıştır. Bu teklifi kabul eden Altshuller patentleri doldurmada mucitlere yardımcı olarak çalışırken, doğuştan gelen mucit yetenekleri nedeniyle yenilikçilik sürecinde problem çözmede ortaya çıkan sorulara cevap bulmada yardımcı olmaya başlamıştır.

Yaratıcı problemlerin çözümünde yardımcı olacak yöntemlerin bulunduğu varsayımıyla kütüphaneye giderek araştırmalara başlayan Altshuller, genellikle yenilikçiliğin insan aklının bir ürünü olması nedeniyle psikolojik teknikler kullanılarak geliştirilebileceği kavrayışı üzerine kurulmuş çalışmalar bulmuştur. Ancak Altshuller, kısa zamanda sonuçları ölçülebilir ve güvenilir olmayan psikolojik yollarla yenilikçilik süreci üzerinde nesnel bilgi bulmanın zorluğunu anlamış ve teknik bilginin doğada nesnel olduğunu idrak etmiştir.

Bir yeniliğin bir teknolojik sistemde yapılan temel bir değişikliği temsil etmesinin analiz konusu olduğunu anlayan Altshuller, patent fonuna dikkatini çevirerek bütün dünyadan 200.000'in üzerinde patenti incelemiş ve 40.000 patentin "yaratıcı" başarılara sahip olduğunu tanımlamıştır [51]. Giriştiği yoğun araştırmanın sonucunda TRIZ'in teorik temelini oluşturmuş ve gelecekte geliştirilebilecek problem çözme araçlarının altyapısını yaratmıştır. Bundan sonraki 40 yıl içinde TRIZ metodolojisi gelişmiş, patent araştırmaları devam etmiş ve 1980'lerin ortasında 2 milyonun üzerinde patent incelenmiştir.

Altshuller, geliştirmiş olduğu basit ama güçlü yaratıcı prensiplere dayanarak araştırmalarına destek istemek için SSCB devlet başkanı Stalin'e, SSCB'nin yenilikçilik ve yaratıcılığa yaklaşımında karmaşıklık ve bilgisizlik olduğuna işaret eden bir mektup yazmıştır. Mektubun sonunda her mühendisin icat yapmasını sağlayacak ve değerli sonuçlar üreterek teknik dünyada devrim yaratacak bir teorinin varlığından bahsetmiştir. Bu mektuba iki yıl sonra gelen cevapla Gürcistan'ın Tiflis kentine çağrılan Altshuller politik nedenlerle 1950 yılında hapse atılmıştır.

Moskova'daki hapishanede kendisine verilen itirafnameyi imzalamayı kabul etmediğinden Altshuller için gündüzleri uyumasının engellendiği ve geceleri sorgulandığı bir tutukluluk dönemi başlamıştır. Altshuller bu zor durumu yaratıcı teorisi açısından değerlendirmiş ve problemini aynı zamanda hem uyuyup hem uyanık kalma çelişkisi olarak tanımlamıştır. Sigara kağıdından iki göz şeklinde parça koparıp, yakılmış bir kibrit çöpüyle her kağıt parçasına birer gözbebeği çizen Altshuller, arkadaşının yardımıyla bunları gözlerine yerleştirmiş ve böylece kapının karşısına oturup uykuya dalmıştır. Bu sayede gece sorgularında dinç kalabilmiş ve sorguculari hayrete düşürmüştür. Altshuller, hapisteyken tutuklu diğer mühendis ve bilim adamlarıyla fikirlerini paylaşma olanağı bulmuş ve bu insanlarla birlikte Altshuller Enstitüsünü kurmuştur. Bu grup, Stalin'in ölümünden bir buçuk yıl sonra 1954 yılında serbest bırakıldıklarında 1,5 milyon patenti analiz etmek için 700 adam-yıl'lık emek harcamışlardır.

1956'da Altshuller, yaratıcı süreçlere dair çalışan bilim insanlarını çok etkileyen "Yaratıcılığın Psikolojisi (Psychology of Inventive Creativity)" adlı ilk makalesini yayınlamıştır. Buluşların ani bir düşünce kıvılcımıyla veya kazara aydınlanmalarla ortaya çıktığını söyleyen genel kanıya karşı çıkan Altshuller dünya çapındaki patentleri inceledikten sonra temel prensiplerin uygulanmasıyla kolaylıkla çözülebilecek 1.500 teknik çelişkinin var olduğu sonucuna varmıştır. 1961 yılında yazdığı "Yaratmayı Öğrenmek (How to Learn to Invent)" adlı ilk kitabında insanların mucit olarak doğduğu fikrini ve buluş yapmak için kullanılan deneme-yanılma yöntemini eleştirmiştir. 50 bin okuyucu, bu kitabı alarak TRIZ'in ilk 20 yaratıcı yöntemini öğrenmiştir.

1959 yılından itibaren 9 yıl boyunca Altshuller, teorisinin kabul görmesi için Sovyetler Birliği'ndeki en yüksek patent organizasyonuna mektuplar yazmış ve sonunda 1968 yılının Aralık ayında yaratıcı yöntemini tanıtmak üzere bir seminer

vermesi istenmiştir. TRIZ hakkında verilen bu ilk seminerde Altshuller ilk defa kendilerini öğrencileri olarak tanımlayan ve daha sonra kendi şehirlerinde TRIZ okulları kuracak olan insanlarla tanışmıştır [13]. İlerleyen yıllarda, metodolojiyi benimseyen, adapte eden ve genişleten çeşitli disiplinlerden birçok profesyoneli etkileyen bu TRIZ teorisi, gerçek dünyadaki uygulamalarla geliştirilmiş ve doğrulanmıştır. TRIZ'in çözüm yöntemleri bilimdeki, yönetimdeki ve diğer alanlardaki problemlere uygulanmıştır. 1980'lerde SSCB'den TRIZ uzmanlarının batı ülkelerine göç etmesi TRIZ'i taşımalarına yol açmıştır. Altshuller'in kitapları ve makaleleri çevrilerek Almanya ve Polonya'ya yayılmış ve ardından Japonya'ya, ABD'ye ve diğer Batı ülkelerine ulaşmıştır. TRIZ'in SSCB'de gelişimi, Gorbaçov'un Perestroika'sından sonra hızlanmıştır. TRIZ'in gelişimi, diğer yaratıcı problem çözme teknikleri gibi psikolojik alanda değil mühendislik alanında yürütülmüş olup, 50 yılda iki kıtaya, üç politik sisteme yayılan ve geniş bir yetenekli mühendis ve mucit grubunun çabalarına dayanan bir yöntem ortaya çıkmıştır.

Kronolojik olarak bakıldığında TRIZ'in gelişimi üç aşamada incelenebilir [9]. 1946 – 1986 arasında Klasik TRIZ dönemi olarak adlandırılan bölümde TRIZ'in kavramsal temeli oluşturulmuş, birçok yöntem ve araç geliştirilmiş, önemli bir mühendislik bilgisi biriktirilmiş ancak bütünleşme yapılmamıştır. Bütün sonuçların sadece TRIZ'in elle kullanımı için uygun tanımlayıcı biçimlerde üretilmesinden ve yeniliğe karşı direnç ve değişim için isteksizlikle sonuçlanan SSCB'deki genel ilgisizlikten dolayı TRIZ'in uygulaması kısıtlı kalmıştır. 1980'e kadar Genrich Altshuller görünürde TRIZ'i geliştiren tek insan iken diğer kişiler ikinci derece önemli fikirlerle zaman zaman yardımlar sağlamıştır. Bu dönemde temel keşifler yapılarak klasik TRIZ'in temel fikirleri ve araçları geliştirilmiştir. TRIZ Uzmanlık konferansının Petrozadovsk'ta yapılması önemli bir dönüm noktası olmuştur.

1980 – 1986 yılları arasında, TRIZ'in eski SSCB'de duyurulması ve ilgi çekmesiyle birçok insan bu yönteme ve Altshuller'e bağlanır. İlk TRIZ profesyonelleri ve yarı profesyonelleri ortaya çıkar. Altshuller, çok sayıda semineri yöneterek TRIZ'i geliştirirken St. Petersburg, Kishinev, Minsk, Novosibirsk gibi kentlerde çeşitli TRIZ okulları açılır ve kişisel takipçiler fikirlerin ve araçların hızlıca test edilmesini sağlar. Yayım yapmanın zor olduğu Klasik TRIZ dönemi, TRIZ'i sadece teknolojik alandan çıkarmak için yapılan ilk denemelerle sonuçlanır. Bu dönemde çok sayıda ve değişken kalitede TRIZ aracı geliştirilir.

İkinci dönem, 1982 – 1992 yılları arasını kapsayan Kishinev Dönemi'dir. 1986 yılında hastalanan Altshuller, TRIZ üzerine çalışması ve yöntemin gelişimini kontrolü kısıtlandığı için, teknolojik TRIZ'e dair çalışmaya başlar. Perestroika ile beraber TRIZ tarihinde ilk defa ticari olarak uygulanabilir hale gelir. 1982 yılında Boris Zlotin ve Alla Zusman, Kishinev'de TRIZ metodolojisinin öğretildiği ve endüstriyel şirketlere TRIZ analitik hizmeti veren bir teknik okul açarlar. Bu okulda 6.000'den fazla öğrenci eğitilir ve 4.000'den fazla teknolojik problem çözülür veya kolaylaştırılır. Bu dönemdeki çalışmalarda, bilimsel problemlerin çözümü ve potansiyel hatalarla bunların nedenlerinin tanımlanması için yöntemler geliştirilir. Evrim yollarının tanımlanması ve üçünde Altshuller'in katkısının olduğu dokuz kitabın yayımlanması bu döneme denk gelir. TRIZ uygulamalarına dair yazılar ve çocuklar için TRIZ hakkında yazıların yayımlanmasının yanında yöntem üzerine birçok makale oluşturulur. Organizasyonların evriminin temel kalıpları ve çeşitli teknik seviyedeki katılımcılar için eğitim programlarının geliştirilmesini içeren Kishinev döneminde ticari olarak işletmelere analitik hizmetler de sağlanmıştır.

1989 yılında Kishinev TRIZ okulunun problem çözme ve öğretimde edindiği geniş deneyim, Zlotin ve Zusman'a klasik TRIZ yönteminin zayıf noktalarını tanımlama olanağı vermiştir. Bu uzmanlar, TRIZ'in araçları için kullanılan birçok analitik kabiliyetin belgelenmiş kurallar veya öneriler haline getirilmediğini ve kısıtlı sayıda TRIZ'e ait bilgi tabanının kullanıldığını belirlemiştir. Her aracın ayrı ayrı geliştirilmesi nedeniyle birleşik bir sistemin olmaması ve farklı problemlerin farklı şekilde incelenmesinden dolayı, problem özelinde hangi aracın uygun olduğuna dair önerilerin bulunmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca araçların problem çözme sürecinin her aşamasını desteklememesi de eklendiğinde uzmanlar TRIZ'in kitlelere sunumunun zor olduğu, TRIZ'i öğrenmek için 100–250 saat arası bir sürenin gerektiği ve 1 ila 5 yıl arasında deneyimin doğru kullanım için şart olduğu sonucuna varmışlardır.

Bu duruma göre Zlotin ve Zusman TRIZ'in gelişimine aşağıdaki şekilde yön vermiştir [51]:

- Bütün problem türlerinin aynı şekilde ele alınması için bütünleşmiş araçların geliştirilmesi

- TRIZ'in problem çözmenin tüm aşamalarını desteklemesi için eksik araçların eklenmesi: problem tanımlaması, biçimlendirilmesi ve sınıflandırması, uygun araçların tanımlanması ve kullanılması, sonuçların değerlendirilmesi, uygulamanın planlanması.
- TRIZ bilgi tabanının bilgisayar kullanımının avantajlarından yararlanmak için yeniden yapılandırılması ve genişletilmesi,
- Teknolojik evrimin yollarının geliştirilmesine devam edilmesi,
- Problem çözme araçlarının geliştirilmesine devam edilmesi,
- Teknolojik olmayan alanlarda evrim kalıplarının ortaya çıkarılması.

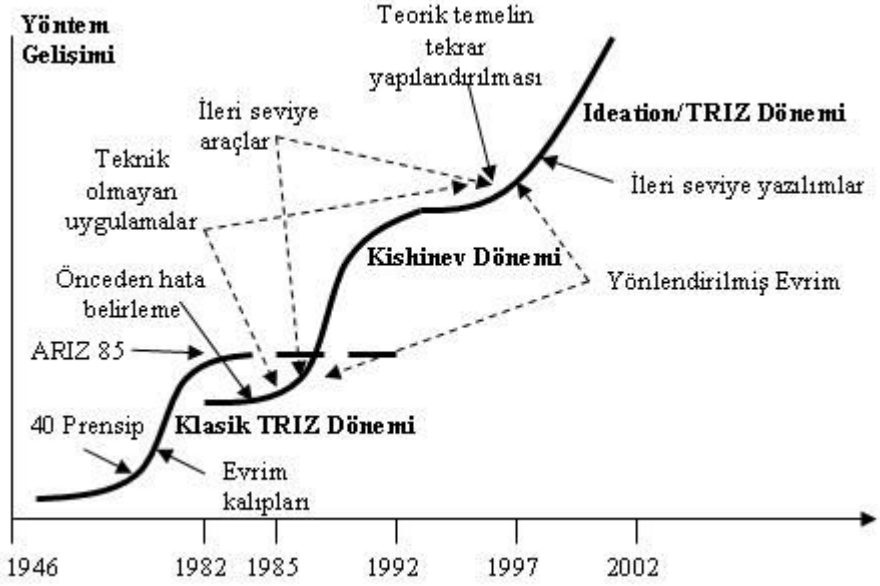
Yapılan çalışmalar sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- ARIZ yeni ve daha geniş kapsamlı, daha disipline edilmiş ve bilgisayarda kullanıma uygun bir sürümü geliştirilmiştir.
- Önce aklın, ardından bilgisayarın kullanımına dayanan bir problem formülasyon süreci geliştirilmiştir.
- TRIZ'in tüm bilgi tabanını içeren İşlemciler Sistemi geliştirilmiştir.
- TRIZ bilgi tabanı önemli oranda genişletilmiştir.

Tam bir problem çözme süreci ve bu süreçle çalışan yazılım prototipi geliştirilmiştir.

1992 yılından sonraki dönem Zlotin ve Zusman'ın kurduğu Ideation şirketi tarafından Ideation Dönemi olarak adlandırılmaktadır. SSCB'de ekonomik dengelerin hızlı değişimi, deneyimli ve kendi işini kurmuş birçok TRIZ uzmanının TRIZ'i SSCB dışına taşımasına neden olmuş ve bunların çoğu ABD'ye ve İsrail'e göçerek TRIZ'i tanıtmaya başlamışlardır. Bazıları uluslararası ortaklarla TRIZ şirketleri açmıştır. TRIZ'in ABD'de tanınması teknolojinin yayılmasında önemli rol oynamıştır. Bu süreçte, Kishinev TRIZ okulu Zlotin ve Zusman tarafından satın alınmış ve birçok bilim insanı ABD'ye getirilmiştir. TRIZ, ABD pazarında tanınır hale gelmiştir. Potansiyel TRIZ kullanıcılarının durumları ve istekleri öğrenilmiş ve yöntem Amerikan mühendislik sürecine adapte edilmiştir. Birçok endüstriyel şirkete hizmet verilirken yüzlerce profesyonel yetiştirilmiştir. Bireylerin TRIZ konusunda yeterli donanıma sahip olabilmeleri için eğitim programları düzenlenmiştir. Bir yazılım ailesi geliştirilmiştir ve TRIZ metodolojisinin sürekli geliştirilmesine devam

edilmiştir. Şekil 3.3'te bütün bu bahsedilen dönemler ve bu dönemlerde yapılan geliştirmelerin bir kısmı gösterilmiştir.



Şekil 3.3 TRIZ'in Gelişimi [51]

39 mühendislik parametresini kullanarak tanımladığı mühendislik problemini çözmek için uygulanması gereken tasarım tekniklerini belirlemenin mümkün olduğunu ileri süren TRIZ yöntemi, ayrıca mühendislik problemlerinin büyük çoğunluğunun çözülmüş olduğunu ve bir mühendislik amacına ulaşmakta kullanılabilecek 1.400 bilinen fiziksel, geometrik ve kimyasal etkinin olduğunu ortaya koymuştur. Bir mühendisin kendi bilgisinin bu mevcut çözümlerin ve etkilerin belirli bir kısmı ile sınırlı olduğu bulunmuştur. TRIZ, bir tasarım sürecini, uygun çözümleri bulmayı, amaçları, uygun fiziksel etkileri ve bunların benzer problemlerin çözümündeki kullanım örneklerini birleştiren bir veritabanı aracılığıyla kolaylaştırarak, bu sınırlamaların üstesinden gelmektedir. TRIZ yaklaşımıyla, ürünlerin mantıklı ve tahmin edilebilir bir şekilde üretilmesi sağlanmış ve bir parçanın, ürünün veya tüm bir sürecin gelişimini doğru bir şekilde öngörerek, ürün ve süreçlerin teknoloji eğrisinin önünde nasıl devam ettirileceği hakkında fikir yürütülmesi mümkün olmuştur.

Altshuller, TRIZ hakkında 14 kitap yazmıştır, fakat bunların günümüze kadar yalnızca üçü İngilizce'ye çevrildiği için TRIZ hakkında yayınların sayısı azdır. Fakat TRIZ konusunda kendini Altshuller'in yanında veya sonradan öğrenerek yetiştirmiş kişilerin yayınladıkları kitaplarla beraber TRIZ hakkında birçok organizasyon ve

enstitü mevcuttur. 1998 yılında Altshuller'in hayatını kaybetmesinden sonra bu organizasyonlar sürdürdükleri çalışmalarla yeni TRIZ araçları geliştirerek TRIZ'in daha da ilerlemesini amaçlamaktadırlar [7].

3.4. TRIZ'in Temel Kavramları

3.4.1. Teknik Sistemler ve Teknik Sistemlerin Evrim Kalıpları

Genrich Altshuller dünya çapında binlerce patenti inceleyerek kendi yargısına göre en etkili sonuçlara sahip olan çözümlere yönelmiştir. Bu çalışma, teknik sistemlerin evrimlerinin eğilimlerinin anlaşılmasını sağladıktan sonra yaratıcı problem çözmeye analitik bir yaklaşımın temelinde yer almış ve TRIZ'in ana kavramlarından birini oluşturmuştur. Buna göre yaratıcı problem çözme teorisinin temelinde, teknik sistemlerinin tümünün evriminin nesnel kanunlarla yönetildiği söylemi bulunur [52].

Bu noktada, ilk önce teknik sistemin ne olduğunun tanımını yapmak gerekir. Bir işlev sergileyen her şey teknik sistemdir. Arabalar, kalemler, kitaplar, bıçaklar teknik sisteme örnek olarak verilebilir. Herhangi bir teknik sistem bir veya birkaç alt sistemden oluşabilir. Bir araba, motor, direksiyon mekanizması, frenler vb. alt sistemlerden oluşur. Bunların her biri de kendi içinde bir teknik sistemi oluştururlar ve kendi fonksiyonlarını yerine getirirler. Teknik sistemdeki hiyerarşi iki elemanlı az karmaşıklıktan, çok sayıda ve birbiriyle ilişkili elemanların çok karmaşıklığına doğru gider. Örnek olarak "Taşıma" isimli teknik sistemin yer aldığı Tablo 3.2'de sol kolonda azalan şekilde sıralanmış teknik sistemlerin isimleri; yatay sıralarda, sol tarafta belirtilen teknik sistemlerin alt sistemlerinin isimleri bulunmaktadır. Örneğin, "Fren" teknik sistemi "Araba" teknik sisteminin alt sistemidir aynı zamanda "Fren Balatası"nın bir üst sistemidir.

Altshuller, belli bir fonksiyonu yerine getiren her teknik sistemi taban sistem, alt sistemler ve üst sistemden oluşan hiyerarşik bir yapıda tanımlamıştır. Taban sistemler, parçacıklara, moleküllere, atomlara kadar giden bileşenler olarak düşünülebilen alt sistemlerden oluşur ve her taban sistem bir üst sisteme aittir. Altshuller'in çizdiği evrim sürecinin taslağı sistemdeki bir parçanın gelişiminin doruk noktasına gelmesini ve daha az gelişmiş parçalarla çelişki yaratmasını içerirken, daha az gelişmiş parçaların iyileştirilmesini teşvik eder. Bu iyileştirmeler sistemin kaynaklarının tamamen kullanılmasıyla gerçekleşir ve sistem ideal haline

erişir. Geliştirmeyi artırmak, ek kaynaklara yeni sistem bileşenlerinin eklenmesiyle mümkündür. Bu şekilde Altshuller, idealliğe gidişin uygun kaynakların kullanımına bağlı olduğunu ortaya koymuştur [53]. Böylece evrimsel süreci anlamak, teknik sistemin gelişiminde gelecekte göstereceği eğilimleri öngörmeyi sağlar.

Tablo 3.2 Taşıma Sistemindeki Alt ve Üst Sistemler

Teknik Sistemler	**Teknik Sistemlerin Alt Sistemleri**				
Ulaşım	Otomobil	Yollar	Haritalar	Sürücüler	Servis istasyonları
Otomobil	Güç aktarımı	Frenler	Isıtma	Direksiyon	Elektrik aksamı
Frenler	Fren pedalı	Hidrolik silindir	Akışkan	Fren balata sistemi	
Fren balata sistemi	Balata	Montaj parçası	Perçinler		
Balata	A parçacıkları	B parçacıkları	Kimyasal bağlar		
Kimyasal bağ	A molekülleri	B molekülleri			

Bir sistem yetersiz veya zararlı bir fonksiyon üretiyorsa iyileştirilmelidir. Bunun için sistemin en basit haline hayali olarak indirgenebilmesi gereklidir. TRIZ'de en basit sistem birbirine enerji aktaran iki elemandan oluşan bir sistemdir. Tebeşir ile tahta, mekanik bir kuvvet (enerji) tebeşirden tahtaya geçmediği sürece bir teknik sistem değildir. Bu teknik sistem, tebeşir, tahta ve uygulanan kuvvetten oluşur ve "tebeşirli tahta" sistemi fonksiyonel hale gelir. Örneğin farklı kimyasal elementlerin etkileşimiyle tebeşiri yaratan bağın iyileştirilmesi gerekiyorsa moleküler yapının teknik sistemi incelenmelidir. Bu sırada tebeşir, tebeşirli tahta teknik sisteminin alt sistemi olmaya devam etmektedir. Dolayısıyla, bütün alt sistemlerin bir üst sistemin bağları içinde birbirine bağlı olduğu ve bir alt sistemdeki değişikliğin üst sistemde değişikliğe yol açabileceği söylenebilir. Teknik bir problemin çözümünde mevcut teknik sistemle beraber bunun alt ve üst sistemleri dikkate alınmalı ve teknik sistemlerin biyolojik sistemler gibi doğuş, gelişme ve ikame eden yeni bir sistemin ortaya çıkışıyla ölüm evrelerini geçirdiği bilinmelidir [52].

3.4.1.1. Teknik Sistemlerin Evrim Kalıpları

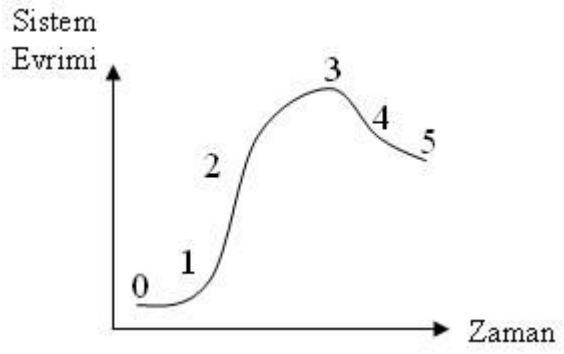
Teknolojik ürünlerin veya yöntemlerin rasgele ve düzensiz olarak gelişmesi gelecek teknolojinin tahminini olanaksız kılardı. Fakat tarihsel bilgi, teknolojinin rasgele

değil belirli kalıplarla geliştiğini göstermektedir. Geleneksel teknolojik öngörü yöntemleri, makinaların, yöntemlerin veya tekniklerin gelecekteki özelliklerini kestirmeye çalışırken, eğilimlere ait olası bir model çıkarmaya çalışır; ancak bu gelecek teknolojiyi belirlemez, bir öngörü sağlar.

Altshuller, yüz binlerce patent üzerinde yaptığı çalışması sonucunda zamanla teknolojik sistemlerin nasıl değiştiğine örnek olarak alınabilecek 8 kalıp ve bu kalıpların alt eğilimlerini belirlemiştir [6]. İnsanların ne düşündüklerinden çok, nasıl düşündüklerine dayandırılan bu kalıplar gelecek için bir yol haritası olarak, gelecek teknolojilerin tahminini yapmak yerine sistematik olarak bulunmasını sağlamaktadır. Bu sekiz kalıp ve örnekleri aşağıdaki gibidir.

1. Gelişimin Evreleri: Teknolojinin bir ömür süresince doğup, gelişip ve öldüğünü belirten bu evrim kalıbı, S eğrisinin varlığını kanıtlayan basit bir ifadedir. Bu kalıp sistemlerin, mevcut kaynaklarını tüketene ve fonksiyonlarını daha iyi bir şekilde yerine getiren daha iyi sistemler tarafından yeri alınana kadar geliştiğini belirtmektedir [54]. Bir teknolojik sistem, ömrü boyunca sistemin performansını açıklayan ve Şekil 3.4'te gösterilen S eğrisiyle belirtilebilecek aşağıdaki aşamalardan geçer:

0. Aşama: Henüz bir sistem mevcut olmayıp ortaya çıkışı için önemli şartlar ve ipuçları oluşmaya başlamıştır. (Uçmak için kanat kullanılması ve başarısızlık)
1. Aşama: Yüksek seviyede bir buluşun ortaya çıkışıyla yeni bir sistem meydana gelir ve yavaşça gelişmeye başlar. (Ör: Wright kardeşlerin uçaklarıyla saatte 30 mil hızla uçmaları)
2. Aşama: Toplum yeni sistemin değerini kavrar. (Hızların saatte 100 mile çıkması)
3. Aşama: Orijinal sistem kavramının kaynakları tükenmeye yaklaşır. (Ağaç ve iplerden oluşan gövdeli uçağın aerodinamik hız limitine erişmesi)
4. Aşama: Orijinal sistemin yerine geçecek; yeni veya yeni nesil sistem ortaya çıkar. (Tek metal gövdeli uçağın üretilmesi)
5. Aşama: Orijinal sistemin kullanım alanı kısıtlanır ve bazı kısıtlı yararlılıkları yeni sistemde de kullanılır. Böylece tamamen yeni sistem tarafından ikame edilmez.



Şekil 3.4 "S" Eğrisi

2. Mükemmelliğin Artırılması: Kaynağından bağımsız olarak tüm sistemlerin, kullanımlarını ve performanslarını sınırlayan tasarım ve işletim çelişkilerini çözerek daha ideal bir duruma doğru evrim geçirdiklerini ifade eden kalıptır. Mükemmel sistem başarısı, var olmadan fonksiyonlarını yerine getirebilen sistem olarak tanımlanır. Sistemler bu noktaya gelemeseler bile bu yönde gelişimlerine devam ederler. Bu bilgi, teknolojik sistemlerin yanı sıra organizasyonel sistemlerin planlaması ve analizi için de kullanılabilir. Daha az kaynak kullanarak daha çok kar sağlamak bu yöndeki evrime doğru gidişin işaretidir. Günlük hayatta kullanılan birçok teknik ve teknik olmayan sistemde bu kalıp ortaktır. Örnek olarak Barkod sistemi ve tarama, e-biletler, kendinden kontrollü ve ayarlı sistemler verilebilir [55].

3. Çelişkiler Sonucu Alt Sistemlerin Orantısız Gelişimi: Bir sistemdeki her alt sistem, kendi yaşam eğrisine göre geliştiği için farklı alt sistemler, doğal sınırlarına farklı zamanlarda ulaşırlar. Sınıra ilk ulaşan alt sistemin tüm kaynakları tükenmiş olduğundan, bu sistemi geliştirme girişimleri diğer alt sistemlerin kaynaklarını tüketir ve tüm sistemi geriletir. Mühendislik veya işletme iyileştirmeleri yapıldıkça, tüm sistemin sınırı başka bir alt sisteme geçer ve süreç böyle devam eder. Bu sistemlerin dikkatlice yapılan analizinde mevcut ve muhtemel kısıtlamaların yerleri tespit edilebilir ve kaynak ve akıl özelliklerine odaklanmak mümkün olur [54]. Sürekli gelişimi garanti etmek için darboğaz yaratan sistemler belirlenmeli, geliştirilmeli veya değiştirilmelidir. Sistem unsurlarının orantısız gelişimi araba ya da uçak gibi karmaşık sistemlerin gelişimine bakarak görülebilir. Önemli buluşlar çoğunlukla her zaman uyum sağlayamayan yeni fikirlerin çokluğundan ortaya çıkar. Arabaların 10 milden daha fazla hız yapmaları sonucu yollardaki bozukluklar konfor problemi olana kadar şok emiciler düşünülmemiştir. Jet motorları uçaktan kısa bir süre sonra icat edilmiş ancak jet motorlu uçaklar, mühendisler işletme sıcaklıklarını

kontrol edebilmek için çeliği nasıl yeterince mukavim yapacaklarını bulana kadar ortaya çıkmamıştır. Buradaki incelik teknik konunun ne olduğunu ya da sistem gelişimini tutan çelişkiyi anlamak ve ardından çözüm için TRIZ yöntemini uygulamaktır [55].

4. Dinamikliğin ve Kontrol edilebilirliğin Arttırılması: Bu kalıp gelişim sürecinde, teknolojik sistemlerin daha dinamik ve kontrol edilebilir hale geldiğini belirtir. Hareket önce dış yollarla kontrol edilirken sonradan sistem kendini hareket ettirebilir ve kontrol edebilir hale gelerek çelişen gereksinimlere ve çevredeki değişimlere daha uyumlu olur. Dinamikliğin artması, sistemin değişen koşullarda idealliğini korumasını sağlar. Arabalardaki hız kontrolü, ayarlanabilir X ışını sistemleri, lazer sistemleri, sıcaklık kontrol sistemleri, ev aletleri ve akış kontrol sistemleri zaman içerisinde daha dinamik ve kontrol edilebilir hale gelmiştir [54]. Bu eğilim, neredeyse her statik sistemin dinamik hale geleceği garanti edilebilir [38].

5. Karmaşıklığın Basit Sistemlerin Bir Araya Getirilerek Artırılması: Sistemler, sürekli olarak idealliğe doğru gitmelerine rağmen takip ettikleri yol her zaman düzgün değildir. Sistemler genellikle performans çelişkileri ile meşgul olurken daha karmaşık hale geldikten sonra, bu karmaşık eklemeler basitleştirilir veya yok edilir ve sistem ideal duruma doğru olan yolculuğuna devam eder. Güneş gözlüğü teknolojisinin gelişimi buna örnektir. Sıradan gözlükler ve güneş gözlükleri içeren ikili sistem yerini sıradan gözlüğün üzerine güneş gözlüklerinin yerleştirildiği sisteme bırakmış ve ardından ışığa göre rengini değiştiren gözlük camları geliştirilerek her iki durumda da kullanılabilen orijinal tekli sisteme dönüş yapılmıştır[54].

6. Parçaların Uyuşması veya Uyuşamaması: Bu kalıp, sistemlerin parçalarının genellikle sonradan uyumlu hale gelen ve son olarak dinamik olarak birbiriyle uyum içinde olan uyumsuz bileşenlere sahip olduğunu belirtir. Örnek olarak arabalardaki süspansiyon sistemleri ve lastikler verilebilir. Süspansiyon sistemleri ilk başta birbirine bağlı, uyum içinde hareket ederken, zamanla ön, arka ve her bir tekerlek için bağımsız süspansiyonlar ortaya çıkmıştır. Bu durum teknolojinin dış etkenlere cevap vermesidir. Düz yüzeyli üretilen lastiklerden sonra belirli hava koşullarına uygun özel lastikler ortaya çıkmış ve ardından farklı sistemlerin aynı lastikte birleşimi yaratılmıştır. Yol koşullarına, havaya ve yolcu yüküne birlikte cevap verecek yeni nesil süspansiyon ve lastiklerin gelişimini hayal etmek zor değildir.

[54]. Diğer bir örnek de, tek bıçağı olan çakılardan, çok bıçaklı olanlara, daha sonra makas, tornavida, konserve açacakları içeren çakılara doğru olan gelişimdir.

7. Makro Sistemden Mikro Sisteme, Enerji Alanlarını Daha İyi Kullanarak Performans veya Kontrol için Geçiş: Gelişimleri sırasında sistemler, malzemelerin mikro yapılarının daha fazla kullanımı örneği gibi, makro sistemlerden mikro sistemlere geçiş yapmaktadırlar. Bu geçiş sırasında daha iyi performans ve kontrol elde etmek için farklı enerji alanları kullanılmaktadır [38]. Yemek pişirmede, odun yakan fırından gaza, gazdan elektriğe, elektrikten de mikrodalga fırınlara doğru bir değişim olmuştur. Temizleme sistemleri, mekanik temizlemeden kimyasal temizlemeye, ardından toz parçacıklarını yakalamak için statik elektriğin kullanılmasına doğru gelişmiştir. İletişim sistemleri, fiziksel olarak bağırmaktan, duman ile işaret yollamaya; kablolu telefon sistemlerinden, mikro dalga kulelere ve cep telefonuna doğru evrim geçirmiştir [54].

8. Otomasyonun artırılmasıyla insan katkısının azaltılması: Teknolojik sistemler insanların yavaşça dışlandığı sistemlere doğru gelişmektedir. Günümüzde birçok sistem şimdiye kadar olduğundan daha az insan ile çalışmaktadır. İletişim sistemleri, sağlık sistemleri, stok ticareti, kendi kendine servis sistemleri bu kalıbın belirgin örnekleridir [54].

Altshuller, çelişkiler matrisi için veri toplarken birçok teknik sistemin evriminin rasgele olmadığını ve nesnel kanunları izlediğini bulmuştur. Herhangi bir sistemin evriminin 8 adet kalıptan birine uyacağını ortaya koymuştur. Bu evrimin altında yatan prensip “her sistemin artan idealliğe doğru evrim geçirdiği”dir. Günümüzdeki TRIZ yazılımları, farklı ürün ve süreç örnekleriyle 20’nin üzerinde eğilim ve 200’ü üzerinde evrim yolu içeren Evrim Eğilim Veritabanına sahiptir [53]. Teknolojik sistemlerin evrim kalıpları uygulanmasıyla geliştirilen sistemde karşılaşılan en önemli problemler, ortaya çıkmadan veya mevcut koşulların bir problem olduğu fark edilmeden tespit edilebilir. Çoğunlukla karmaşık olan bu problemler TRIZ ile çabuk ve etkili bir şekilde çözülebilir. Böylece, herhangi bir ürün veya teknolojinin gelişimindeki bir sonraki adım tahmin edilebilir [55].

Sistemlerin alt sistemleri ve bileşenleri idealliğe doğru evrim geçirirken yaratıcılığın kalıplarını öngörmek, entelektüel özelliğin iddialarını genişletmek ve patentlerin değerini artırmak mümkündür. Bu evrim kalıpları, bir işi, bir ürün hattını, bir pazar

uygulamasını veya bir üretim sürecini tüm olarak analiz etmek parça parça ve bir bütün olarak kullanılabilir. Bu analiz, araştırma için hangi alanın daha yararlı olabileceği, bir organizasyona hangi teknoloji ve bilim alanlarının getirilebileceği ve ne kadar genişlikte bir patent dosyalaması yapılacağı konusunda öngörüler ortaya koyar. Çoğunlukla bu analiz türünün ilk bölümü, müşterinin mevcut teknolojinin kaynağını ve bu teknolojinin hangi alternatiflerinin neden devre dışı kaldığını anlamasını sağlamak için geçmişe bakılmasını içerir. S eğrisi analizi, başlangıçta bertaraf edilmiş ancak teknoloji veya süreç geliştiricisi tarafından bilinmeksizin başka alanlarda yaşayabilecek rekabet halindeki teknolojilerden haberdar olmak için kullanılabilir. S eğrisinin genel olarak farz edilen şekilde olmadığı, yeni S eğrisinin bir başkasının düşmeye ve düzleşmeye başladığı yerde başladığı düşünülür. Ancak çoğunlukla yeni S eğrisi, aslında başka bir tanesiyle aynı anda yaratılır ancak gelişimi daha uzun sürer. Bu durum TRIZ terimleriyle mühendislik tasarım çelişkilerinin çözülmesi olarak tanımlanabilir [55].

3.4.2. Buluş Seviyeleri

Buluş yapmak en eski insan faaliyetlerinden birisi olup bugüne dek milyonlarca buluş yapılmıştır. Ancak yaratıcı problemler karmaşıklaşmasına rağmen, bu problemleri çözmek için kullanılan yöntemler neredeyse hiçbir gelişme göstermemiş ve çözüm için deneme-yanılma yöntemiyle ilerlenmiştir. Ünlü Sovyet mucidi G. Babat, yaratıcılığı dağa tırmanmaya benzetirken yaratıcı sürecin doğasını açıklamıştır [13]. Karmaşık ve düzensiz yapıdaki bu araştırma için çok enerji ve zaman harcanması, kuralları olan düzenli bir araştırma sürecini geliştirme gereksinimini ortaya çıkarmıştır. Yaratıcı problemleri çözmek için bir bilim dalına duyulan ihtiyaç Buluşsal Yöntemlerin (Heuristics) doğmasını sağlamıştır.

Heuristic kelimesi Yunanca “bulmak” anlamına gelen “eureka” kelimesinden türemiştir [55]. Bir problem için buluşsal yöntemler kişinin dikkatini verimli bir şekilde çözüme doğru yönlendirme yollarıdır. Buluşsal yöntemler her zaman istenen sonuca ulaşmayı sağlamaz ancak problem çözme sürecinde çok değerli olabilir. İyi buluşsal yöntemler gereksiz olasılıkları veya ilgisiz durumları inceleme ihtiyacını ortadan kaldırarak bir problemi çözmek için gereken süreyi önemli derecede azaltabilir. İlk ifadesi 3. yüzyılın ikinci yarısında görülen ve her bir yaratıcı problemi çözebilmek için her türlü insan faaliyetine uygulanabilir evrensel kurallar bulmak

gibi genel bir amaç ortaya koyan buluşsal yöntemler 17. yüzyıldan sonra yaratıcı problemleri çözmek için etkin bir yöntem üretememiştir.

Her tür yaratıcılık bazı ortak özelliklere sahip olsa da sadece evrensel unsurların analiziyle sınırlanmak temel kavramların dışına çıkmayı zorlaştırır. Bu konuda Engelmeyer zengin ve gerçeklere dayanan malzemeyi kullanarak yaratıcı süreç için Tablo 3.3'te gösterilen modeli önermiştir.

Tablo 3.3 Engelmeyer'in Yaratıcı Süreç Modeli [13]

İlk Faaliyet	**İkinci Faaliyet**	**Üçüncü Faaliyet**
Sezgi ve arzu	Bilgi ve Analiz	Teknik Bilgi
Bir düşüncenin yaratılması	Kavramların ve planların geliştirilmesi	Buluşun mühendislik uygulaması

Genel anlamda bu modeldeki her şey doğru olduğu ve her yaratıcı sürecin bir planı (problem ifadesi), yeni bir düşünce araştırılmasını (çözüm) ve düşüncenin geliştirilmesi faaliyetlerini (mühendislik uygulaması) içerdiği söylenebilir. Fakat bu kavramın genişliği ve belirsizliği yaratıcı kimselere buluş yapma konusunda gerçekten yardım edemez. Engelmeyer aslında yaratıcı problemleri çözmek için gerçek, çalışılabilir bir yöntem geliştirme gibi bir amaç belirlememiştir. Geleneksel yöntemler kullanılarak, deneme ve hataların sayısına bakılmadan sadece problemin çözülüp çözülmediğine odaklanılmış; buluşsal yöntemlerin gelişimiyse yavaşça ilerlemiştir.

Konuya dar bir uzmanlık konumundan yaklaşmak durumu daha da karmaşık hale getirmiştir. Teknoloji tarihçileri yaratıcı sürecin psikolojik yönünü inkar ederken, psikologlar, bilimde ve teknolojide, evrimin nesnel kurallarını dikkate almadan sadece ünlü bilim insanlarının ve mucitlerin kişisel yaratıcı özellikleriyle ilgilenmişlerdir. Yaratıcı kimseler de yaratıcı süreci açıklığa kavuşturmak için hiçbir girişimde bulunmamışlardır. 20. yüzyılın başında Amerikalı psikolog Rossman bir anket hazırlayarak mucitlerden soruları cevaplandırmalarını istemiştir. Ankette yer alan, yaratıcı yeteneğin doğuştan var olması ve sonradan öğrenilebilir olması konusuna dair bir soruya ankete katılan mucitlerin %70'i buluş yapmayı öğrenmenin olanaksız olduğu ve buluş yapmak için doğal bir yeteneğe sahip olunması gerektiği cevabını vermişlerdir [53]. Ancak doğal yeteneğin ne olduğu konusunda bir açıklama yapamamışlardır.

Anketin tamamlanmasından sonra 1931 yılında, Rossman "Bir Mucidin Psikolojisi (Psychology of an Inventor)" isimli bir kitap yayımlayarak, buluşa doğru giden psikolojik süreç ile ilgili neredeyse hiçbir bilginin olmadığını, bir buluşu geliştirmek için uygun koşulların neler olduğundan veya mucidin kendisinin özelliklerinden haberdar olunmadığını belirtmiştir. Rossman, gerçekleştirdiği anket sayesinde birçok ilginç gerçeğe ulaşmasına rağmen, yaratıcı sürecin kaba bir taslağını oluşturan aşağıdaki iddiasız sonuçları ortaya koymuştur [13]:

1. İhtiyaçların ve/veya problemlerin tanımlanması
2. Bu ihtiyaçların ve/veya problemlerin analizi
3. Mevcut bilginin gözden geçirilmesi
4. Bütün muhtemel sonuçların biçimlendirilmesi
5. Bu sonuçların analizi
6. Yeni bir düşüncenin doğuşu
7. Yeni kavramın denenmesi ve doğrulanması

Rossman'ın vardığı sonuçlar, buluş yapmak için önem seviyesi belirlemeden atılacak adımların kronolojik sıralamasından öteye gidemediği için sağlıklı ve yeni bir fikrin nasıl ortaya çıkarılabileceğinin cevabını verememiştir. 1934'de Sovyet psikolog P. Jacobson, Rossman'ın sonuçlarını incelediği "Bir Mucidin Yaratıcılığının Süreci (The Process of an Inventor's Creativity)" isimli kitabında kendi yaratıcılık süreci kavramını aşağıdaki adımlarla belirtmiştir [13]:

a. Entelektüel ve yaratıcı hazırlık dönemi
b. Bir talebin bulunması
c. Bir fikrin ya da görevin doğuşu
d. Çözüm arayışı
e. Yaratıcı bir kavramın yaratılması
f. Kavramın biçimsel bir şekle geçirilmesi
g. Fikrin teknik uygulaması ve geliştirilmesi

Bu kavramın Rossman'ın fikrini anımsattığı görülebilir; ancak Jacobson yaratıcı problem çözmek için bilimsel tabanlı bir yöntemin geliştirilmesi ve teknik yaratıcılığın temelindeki kanunların ortaya çıkarılması gerektiğini savunmuştur.

1930'larda yaratıcılığın yayılması bilimsel yöntemlere duyulan ihtiyacı belirginleştirmiş; ancak eski kavramlar yararsız oldukları halde, çeşitli sebeplerden dolayı yaratıcı teknolojiler hakkındaki çalışmalar 20 yıl süresince yayınlanamamıştır. Bu durumla ilgili olarak Amerikalı matematikçi D. Poia, buluşsal yöntemlerin açıkça tanımlanmış bir araştırma alanı olmadığını ve çoğunlukla genelleştirilen, nadiren detaylarıyla tarif edilen ve unutulmuş bir kavram olduğunu belirtmiştir [53]. Buluşsal yöntemlerin geçmişi uzun süreli alçalmalarla bölünmüş, kısa süreli yükselmelerden oluşmaktadır. Her yükselişte buluşsal yöntemlerin yeni bir umut ve yeni terminoloji ile zenginleşmiş olması bile bir bütün oluşturmak için yeterli olmamıştır. 1957'de Amerikalı bilim insanları A. Newell, J. Show ve G. Simon tarafından geliştirilen bir buluşsal yöntem programıyla bu yöntemlerin geliştirilmesi için çalışılan alan üzerinde etkili nesnel kanunların temelinin olması gerekliliği belirmiştir.

Rossman ve diğer araştırmacılar yaratıcı aşamaların nicel olarak ayrıştırılabileceği hususunu dikkate almadan yaratıcı süreci bölümlendirmiştir. Her ne kadar buluşlar değişik nesneleri temsil edebilirlerse de her seferinde genel anlamda ele alınmışlardır. Yaratıcı süreçler bir başlangıca, bir orta aşamaya ve bir sona sahiptir. Ancak, örneğin plastik bir mantarın çıkarılması ihtiyacı ile lazer geliştirme ihtiyacı arasındaki nicel farklılık dikkate alınmalıdır. Bu buluşlar için yeni fikirlerin üretilmesi konusunda da aynı nicel farklılığın bulunması gerekir. Bu durum dikkate alındığında yaratıcı sürecin her aşamasında yaratıcı faaliyetin çoklu seviyelerde göz önüne alınması yaratıcı tekniğin anlaşılması için önemli olmaktadır. Tablo 3.4 yaratıcı sürecin yapılandırılmış diyagramını göstermektedir. Yatay sırada A, B, C, D, E, F harfleri sürecin aşamalarını, dikeyde 1, 2, 3, 4, 5 rakamları ise sürecin seviyelerini belirtmektedir. Her bir aşamayla beş seviyenin herhangi birisinde çalışılabilir [13].

Yaratıcı sürecin seviyelerinin karakteristikleri aşağıdaki gibidir:

Seviye 1: Diğer nesneler göz önüne alınmadan mevcut bir nesnenin kullanılması

Seviye 2: Birkaç nesnenin arasından bir tanesinin seçilmesi

Seviye 3: Seçili nesnede kısmi değişiklikler yapılması

Seviye 4: Yeni bir nesnenin geliştirilmesi veya seçilen bir tanesinin tamamıyla değiştirilmesi

Seviye 5: Tamamen yeni bir sistemler kompleksi geliştirilmesi

Tablo 3.4 Yaratıcı süreç diyagramı

Seviyeler	**Görevi seçmek**	**Araştırma kavramını seçmek**	**Veri toplamak**	**Fikir için araştırmak**	**Fikri bulmak**	**Pratik uygulama**
	A	B	C	D	E	F
1	Mevcut bir görevi kullanmak	Mevcut bir araştırma kavramını kullanmak	Mevcut veriyi kullanmak	Mevcut bir çözümü kullanmak	Hazır bir tasarım kullanmak	Mevcut bir tasarımı üretmek
2	Birçok görevden bir tanesini seçmek	Birçok araştırma kavramından bir tanesini seçmek	Birçok kaynaktan veri toplamak	Birçok fikirden bir tanesini seçmek	Birçok tasarımdan bir tanesini seçmek	Mevcut bir tasarımın değiştirilmiş halini üretmek
3	Orijinal görevi değiştirmek	Araştırma kavramını yeni göreve uygun şekilde değiştirmek	Toplanan veriyi yeni göreve uygun şekilde değiştirmek	Mevcut çözümü değiştirmek	Mevcut tasarımı değiştirmek	Yeni bir tasarım üretmek
4	Yeni görev bulmak	Yeni araştırma kavramı bulmak	Yeni göreve göre yeni veri toplamak	Yeni bir çözüm bulmak	Yeni tasarım geliştirmek	Tasarımı yeni bir şekilde kullanmak
5	Yeni bir problem bulmak	Yeni bir yöntem bulmak	Yeni probleme göre yeni veri toplamak	Yeni bir kavram (prensip) bulmak	Yeni yapısal kavramlar geliştirmek	Yeni kavramın uygulandığı tüm sistemleri değiştirmek

Aşağıda her seviye için örnekler verilmiştir [13, 56]:

Seviye 1: a. Dalgıçlar için ağırlaştırılmış (kurşun) ayakkabıların, uzunluklarını ayarlayarak farklı numaralardaki ayaklara uyması için büyüklüklerini değiştirme yeteneği. B. Sıkıştırılmış sıvı ya da çözünmüş gazları depolamak için koruyucu bir kabın geliştirilmesi. Bu kap, içinden çubuklarla dayanımı artırılmış plastik bir kap olup bu yapı maliyeti düşürür ve metal malzemeden tasarruf sağlar. "Metal malzemeden tasarruf" bilinen bir problemdir".Metali daha ucuz bir şeyle

değiştirmek" bilinen bir araştırma kavramıdır. "Kabı plastikten yapmak" da bilinen bir çözümdür. "Kabın içine çubuk koymak" gibi bir tasarım ise rutin bir tasarımdır.

Seviye 2: (a) Bakır ve alüminyum gibi birbirine kaynatılması zor iki metali kaynatabilmek için yararlı bir teknik; bu iki uyumsuz metal arasına, ikisi ile de kolayca kaynayabilecek bir metal kaynatmaktır. (b) Elektromanyetik bir pompanın kullanılması. Pompa gövde, bir kanal ve bir indükleyiciden oluşmaktadır ve pompanın özelliği indükleyicinin kanal ekseninde hareketli olmasıdır. Elektromanyetik pompalar uzun zamandır bilinen bir konudur. Pompanın çalışabilmesi için, etrafında indükleyici olan bir tarafı metal sıvıya batırılmış bir borudan metal sıvının indükleyici seviyesine çıkması gerekmektedir. Bunun için indükleyicinin borunun alt kısmına yerleştirilmesi, pompa çalışmadan metalin borunun üzerinden dökülmesi, boru yerine indükleyicinin aşağı indirilmesi gibi çözümler vardır. Bunlar arasından indükleyicinin aşağı indirilmesi seçilmiştir. Bu 2. seviyede D aşamasında bir buluştur. Yani birçok fikirden bir tanesi seçilmiştir.

Seviye 3: (a) Sığır yemleri, özel donanımlarla birbirine karıştırılmış çeşitli otlardan oluşmaktadır. Ot karışımını, çeşitli otları bir arada dikerek üretmek, işlemesi zor bir ürünün oluşması ve bir ot türünün diğerlerini bastırması olasılığını ortaya çıkarmaktır. Otlar, dar, birbirine paralel şeritler halinde ekilerek, biçilebilir. Böylece, otlar, biçerdöverin haznesinde birbirine karışacaktır. (b) Yüksek hızlı hareketli fotoğraf çekimi yapmak için patlamayla çalışan bir kapak kullanarak ışığın engellenmesi. Bu buluşun özelliği, iki koruyucu cam tabakasının arasına yüzeylerinin nötral şartlarda optik sistemin ışığına dokunacakları şekilde sıvının içine kıvılcım boşaltıcı bir uygulamanın yapılmasıyla yeniden kullanılabilir bir kapağın tasarlanmasıdır. Kapağın fiziksel durumunu değiştirmek, kapağa yeni bir özellik katmıştır ve bu buluş 3. seviyede D ve E aşamalarına tekabül etmektedir.

Seviye 4: Kullanım halindeki yer delgi aletlerinin kontrolü için bir yöntem geliştirilmesi. Bu buluşun diğerlerinden farklılığı, ciddi aşınma durumlarında gösterge olarak çalışan keskin ve güçlü bir kokunun kullanılmasıdır. Bu, delginin içine kimyasal ampuller yerleştirilerek başarılmıştır. Bu 4. seviye bir buluştur çünkü mevcut kontrol yönteminin yerine yeni bir yöntem önermektedir. Bunun dışında mikroskop, buhar motoru, fotokopi makinesi gibi örnekler de 4. seviye buluşlar arasında yer almaktadır.

Seviye 5: Toz halinde metal, alaşım ve diğer iletken malzemelerin üretimi için bir yöntem geliştirilmesi. Bu malzemelerden imal edilen elektrotların, elektrik kıvılcımının boşalacağı ve elektrot malzemenin toz olarak dağılacağı salınımlı bir devreye bağlanması bu buluşun özelliğidir. Bu yöntem, malzemeleri işlemek için elektro-boşaltım teknolojisinin kullanılmasının başlangıç noktası olmuştur. 5. seviye buluşlar arasında X-ışınlarının keşfi, penisilin, DNA, lazer gibi örnekler sayılabilir.

Her aşamanın ve seviyenin daha fazla ayrıştırılması olanaklı ise de önemli olan bu seviyeler arasındaki nitel farkların nicel farklardan daha önemli olduğunu görebilmektir. Altshuller'in buluşlar üzerinde yapmış olduğu araştırmalar sonucunda buluş seviyelerinin dağılımı aşağıdaki gibi ortaya çıkmıştır.

1. Seviye % 32,0

2. Seviye % 45,0

3. Seviye % 19,0

4. Seviye % 4,0'ın altında

5. Seviye % 0,3'ün altında

Bu dağılıma göre buluşların büyük bir çoğunluğunun (%77) 1. ve 2. seviye buluşlardan oluştuğu görülmektedir. Yeni görevlerin olmadığı, yeni fikirlerin seçilmesinin gerekmediği bu seviyelerde mühendislerin etkili çözüm üretebilecek bilgi birikimi ve yetenekleri mevcuttur. Öte yandan 5. seviyenin alt seviyeleri bulunmakta ve bunlardan üstte olanlar yeni bir keşfin yapılması için kullanılmaktadır. Günümüzde yaratıcılık 3. ila 5. seviye buluşlar arasına aittir. D aşamasındaki seviyelerin arasındaki farkları gözlemleyebilmek için çözüm arama sırasında gerçekleştirilen deneme-yanılmaların sayısına bakmak yeterlidir. Tablo 3.5'te bu karşılaştırma yer almaktadır.

5. seviyenin yüksek alt seviyelerine çıkıldıkça yapılan denemelerin sayısının çok artmasının sebebi yaratıcı problemin çözümünü getirebilecek potansiyel sonuçların eksikliğidir.

Tablo 3.5 Buluş Seviyeleri [13]

Buluş Seviyeleri				
Seviye	Yaratıcılık Derecesi	Çözümlerin Yüzdesi	Bilgi Kaynağı	Yaklaşık Deneme Sayısı
1	Görünen Çözüm	32%	Kişisel bilgi	1 – 10
2	Küçük Geliştirmeler	45%	Şirket içi bilgi	10 – 100
3	Büyük Geliştirmeler	18%	Endüstri içi bilgi	100 – 1.000
4	Yeni Bir Kavram	4%	Endüstri dışı bilgi	1.000 – 10.000
5	Yeni Bir Fenomen (Buluş)	1%	Bilinen herşey	10.000 – 100.000 ve daha fazlası

Farklı değişkenlerin sıralanıp kötü değişkenlerin reddedildiği 1. ve 2. seviye buluşların mekanizmaları, psikologlar tarafından yaratıcı olmayan düşünme sürecinden pek farklı olmamaları sebebiyle kesin bir şekilde açıklanabilmektedir. Ancak yüksek seviyelerdeki mekanizmaların açıklanması süreci geleneksel psikoloji yaklaşımını zorlamaktadır. Değişken sayısı teorik olarak çok artar ancak yaratıcı kişinin herşeyi sınıflandırması söz konusu değildir. Örneğin 100.000 muhtemel denemeden 100 tanesini seçerek sayıyı azaltma yoluna gider ve bu seçimi yapan mekanizma sonraki faaliyetlerin bilinen deneme sürecine göre yapılması nedeniyle belirleyiciliğe sahiptir.

Bu noktada yapılan hata, Alsthuller tarafından geniş bir araştırma alanından, gerekli küçük bir araştırma alanına geçişi sağlayacak bir mekanizmanın varlığına inanmak olarak açıklanmaktadır. Aslında mucit 100.000 deneme değil sadece 100 deneme yapmaktadır. Karşılaşılan çelişkiyse sadece tek bir kişinin faaliyetlerinin ele alınmasıdır. Oysa yüksek seviyedeki problemlerin çözümü birden fazla kişinin bir dizi faaliyetinin sonucunda ortaya çıkabilmektedir.

Tablo 3.5 incelendiğinde mühendislerin karşı karşıya oldukları problemlerin çok büyük bir kısmının önceden çözülmüş olduğu gözlemlenebilir. Eğer mühendis ideal çözüme giden yolu izlerse ve çalışmasını kişisel bilgisinden ve tecrübesinden daha üst seviyede ararsa, çözümlerin birçoğunun şirketinde, endüstrisinde veya diğer bir endüstrideki bilgilerde olduğunu görebilecektir [10]. Bir mucidin birçok başka mucit tarafından çözülememiş bir problemi çözmesi kendisinin olağanüstü yaratıcı bir yeteneğe sahip olduğu kanısını uyandırır. Oysa önceden yapılan ve başarısız olan

denemeler olmadan problemin daha iyi anlaşılması zorlaşır, belirsizlik ve yapılması gereken deneme sayısı artar. Dolayısıyla bir problemi çözmeye çalışıp başarısız olan kişilerin sayısı ne kadar artarsa problemin çözümü o kadar kolaylaşır.

Yapılan anketlerde bazı mucitlerin, hayal gücünü donduracağı ve önemsiz çözümleri göz önüne almayı gerektireceği gerekçesiyle teknik problemleri çözmeden önce herhangi bir patent hakkında bilgi sahibi olmak istemedikleri belirlenmiştir [13]. Bu gerekçe incelenirse, Altshuller'e göre 2. ya da 3. seviyede bir geliştirme yapmak için yararlı bilgilerin bulunduğu patentler bulmak her zaman mümkündür. Yeni bir buluş (4. ya da 5. seviye) için şartlar çok genişler ve belirli patent bilgisini tanımlamak zorlaşır. Gerçekte herhangi bir patent sınıfında bir prototip bulunabilir ve bu 4. ve 5. seviyede çözülen problemlerde karşılaşılan bir durumdur.

Eski zamanlardan beri buluşsal yöntemlerin evrensel olarak uygulanabilir olduğu kabul edilmiştir. Yaratıcılık üzerine yapılan çalışmalarda yürütülen deneylerde psikologlar yaratıcılık mekanizmasının her seviyede aynı olacağını farz etmişlerdir. Herhangi bir alanda bir çözüm için yapılan 100.000 denemeden oluşan buluşsal bir araştırma, sadece 100 denemeden oluşan bir alanda yapılan araştırma ile aynı olamaz. Tamamen farklı psikolojik mekanizmalara ihtiyaç vardır.

İnsan beyni evrim süreci boyunca karmaşıklığına göre 1. seviyedeki problemlerin çözümüne adapte olmuş ve bu sayede problemleri güvenle çözebilmiştir. Buluşsal yöntemler dahil olmak üzere düşünme için bilimsel olarak geliştirilen mekanizmalar 2. seviye problemlerin çözülmesinde işe yaramakta ancak üst seviyelerde kullanılamamaktadır. Düşük seviyelerdeki mekanizmaların geliştirilmesinde doğal seçilimle ilk seviyelere ait mekanizmalar geliştiği için buluşsal yeteneği yüksek bir kişinin daha avantajlı olduğu söylenemez. Bunun anlamı, her bir döngü için çok uzun zaman geçmesi gerektiği için doğanın yüksek seviyede buluşsal yöntemleri geliştirmeye yardım etmemiş olmasıdır. 4. seviyede bir buluşun gerçekleştirilmesi için buluşsal deneyimin biriktirilmesine vakit yetmemiştir.

Evrim kendi yolunda ilerleyerek güvenilir olmayan unsurlardan güvenilir sistemler geliştirmiştir. 100.000 denemeyi gerçekleştirmek bir mucidin kapasitesinin sınırları içerisinde değildir; ancak 100.000 deneme her biri 100 deneme içeren 1.000 alana bölünerek yönetilebilir. Bu şekilde yüksek seviyelerde önemli role sahip oldukları kabul edilen buluşsal yöntemlerin düşük seviyeli yaratıcı problemlerde kendilerini

belli ettikleri söylenebilir. Altshuller'in kişisel deneyimleri, yapılan araştırmalar, mucitlerin 25 yıllık gözlemleri yüksek seviyedeki buluşların yüksek seviyeli buluşsal yöntemlerle gerçekleşmediğini ortaya koymuştur [13].

Problemlerin, farklı deneme sayılarını gerektirmesi nicel olarak farklılaşmalarına neden olur. Bunun nedenini problemlerin nitel farklarına bakarak görmek için yapılan karşılaştırmalı analiz sonucunda, seviyelere göre aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmıştır.

Seviye 1: Problem ve çözüm yolları endüstrinin belirli bir bölümünün içindedir. Problemlerin, yaratıcılık gerektirmeyen, kişisel bilgilerle ve yöntemlerle kolayca bulunabilen çözümleri vardır. Çözümlerin yaklaşık %32'si bu sınıfa girmektedir.

Seviye 2: Problem ve çözüm yolları bir endüstrinin tamamında yer almaktadır. Endüstrideki bilinen yöntemleri kullanarak mevcut sistemin üzerinde küçük değişiklikler yapılır. Çözümlerin yaklaşık %45'i bu sınıfa girmektedir.

Seviye 3: Problem ve çözüm yolları belirli bir bilimin içinde bulunur. Endüstri dışı bilinen yöntemleri kullanarak mevcut sistem üzerinde yapılan önemli değişiklikler vardır. Çelişkiler çözülmüştür. Çözümlerin yaklaşık %18'i bu sınıfa girmektedir.

Seviye 4: Problem ve çözüm yolları problemin kaynaklandığı bilimin sınırları dışındadır. Sistemin esas fonksiyonunu yerine getirmek için, yeni bir prensiple çalışan yeni nesil bir teknoloji kullanılır. Çözümlerin yaklaşık % 4'ü bu sınıfa girmektedir.

Seviye 5: Problem ve çözüm yolları günümüz biliminin sınırları dışındadır. Yepyeni bir sistemin nadir bilimsel keşfi veya öncü bir buluş söz konusudur. Çözümlerin yaklaşık %1'i bu sınıfa girmektedir.

Altshuller ayrıca seviye yükseldikçe, çözümün kaynağının daha geniş bir bilgi birikimi gerektirdiğini ve ideal bir tanesi bulununcaya kadar daha fazla çözümün göz önüne alınması gerektiğini bulmuştur. [13] 1. seviye ve 2. seviye buluşlar rutin geliştirme kategorisine girerken 3. seviye buluşlar büyük değişiklikler içerdiği için "yenilikçi" olarak tanımlanabilir. 4. seviye buluşlarda çalışılan alan kullanılmamıştır ve başka bir alandan bilgi alındığı için "yaratıcı" olarak tanımlanabilir. 5. seviye buluşlar ise başlı başına yepyeni bir görüngü yaratmaktır ve gerçek anlamda "buluş" olarak nitelendirilebilir. TRIZ yöntemleri özellikle ikinci, üçüncü ve dördüncü seviyelerdeki konularla ilgili çalışmalarda kullanılmaktadır. [53]

Bir problem ortaya çıktığında, problem, 1. seviyede, 2. seviyede ve sırayla diğer seviyelerde çözülmeye çalışılır. Psikologlar, bir mucidin 4. seviyedeki bir problemin çözümüne bir numaralı denemeden başladığını belirtirler. Ancak mucit aslında daha önce yapılan denemeler göz önüne alındığında "n" numaralı denemeden başlamaktadır ki "n" büyük bir sayıdır. L. Sekei, günlük deneyimin problem çözmede kullanılmasının, kişinin başlangıçta problemi anlamamasının sonucu olduğunu belirtmiştir [13]. Ancak günlük deneyimle ilk seviye yöntemler arasındaki fark büyük değildir ve belli sayıda deneme problemin anlaşılmasına yardımcı olur. Ancak 4. seviyeye gelindiğinde bu taktik işe yaramaz. 1. seviye ve 4. seviyedeki problemler arasındaki farklar Tablo 3.6'da belirtilmiştir.

Tablo 3.6 1. ve 4. Seviye Problemlerin Farkları

1. Seviye	4. Seviye
Problemin elemanlarının sayısı azdır.	Çok sayıda elemanları vardır.
Bilinmeyen eleman yoktur (nadiren bir ya da iki bilinmeyen eleman olabilir)	Önemli sayıda bilinmeyen elemanları vardır.
Basit analiz: Problemin koşulları altında değişikliğe uğrayacak unsurlar değişmeden kalacak olanlardan kolaylıkla ayrılabilir. Unsurlar arasındaki ilişkileri izlemek kolaydır.	Bilinen unsurlarla bilinmeyenleri analiz etmek ve ayırmak zordur. Unsurlar arasındaki tüm ilişkileri hesaba katan eksiksiz bir model oluşturmak neredeyse olanaksızdır.
Problemi çözmek için kısa bir süre verilmiştir.	Problemi çözmek için uzun süre vardır.

Evrim sürecinde, insan beyni basit problemlere yaklaşık çözümleri bulmayı öğrenirken karmaşık problemlere kesin ve yavaş çözümler bulmak için mekanizmalar geliştirmez. İyi bir mucidin aklından geçenleri kesin bir netlikte bilmek bile 4. seviyedeki problemlere karşı taktik geliştirmek için yeterli olmaz. Çünkü mucit, 4. seviyedeki problemleri çözmek için 1. seviyedekiler için kullandığı yöntemlerin aynısı kullanmaktadır. Buradan çıkan sonuç yüksek seviyedeki problemlerin çözümü için yüksek seviye buluşsal yöntemlerin olmadığı ancak geliştirilmeleri gerektiğidir [13].

Yüksek seviye yaratıcı problemlerin çözümünde basit sıralama değişkenleri yerine amaca yönelik hareketler kullanmayı sağlayan buluşsal yöntem programları verimliliği artırır. Bunun anlamı 4. seviyedeki bir problem için 100.000 deneme yapmaktan 1. seviyedeki bir problem için 10 denemeye yapmaya geçişi sağlayacak

bir buluşsal yöntem programının gerekliliğidir. Bu program kişisel ya da bir grup mucidin ortak çalışmasıyla ortaya çıkabilecek bir şey değildir. Bunun için teknik sistemlerin gelişiminin nesnel kanunları tanımlanması; büyük sayıda patent bilgisinin analiz edilmesi; her bir adımın organik olarak bir öncekinden evrildiği bir çözüm süreci için bir program geliştirilmesi ve uygulama aşamasında bu programın sürekli olarak geliştirilmesi gerekir.

3.4.3. Çelişkiler

Ağırlık, boyutlar, güç, güvenilirlik gibi özellikler verimlilik açısından herhangi bir teknik araca atfedilen ölçütlerdir. Bir birim gücün belli birim ağırlık gerektirmesi gibi bu özellikler arasında bazı bağımlılıklar bulunmakta ve bu özelliklerden biri geliştirilir veya iyileştirilirken bir diğerinin kötüleşmesi söz konusu olmaktadır. Buna örnek olarak uçaktaki dengeleyici kanatçığın formu verilebilir. Kanatçığın alanı artırıldığında uçağın titreşim genliği azaltılmış olur; ancak bu değişiklik uçağın yüzey alanının büyüyerek rüzgar direncinin azalması ve ek malzemeden dolayı ağırlığının artmasına yol açarak daha karmaşık problemlerin ortaya çıkmasına neden olur [13].

Bir tasarımcı özel durumları göz önüne alarak tasarımın özelliklerinin en uygun birleşimini bulup bir kazanç sağlamak isterken, bir kayıp vermek veya bir fedakarlıkta bulunmak zorunda kalır. Bir probleme çözüm geliştirilirken en önemli gereklilikler seçilir. Bir çözümün üretilememesi durumunda, uzlaşık çözüm olan kabul edilebilir sapma belirlenir. Uçak örneğine devam edilirse, hız, yük kapasitesi ve pist uzunluğu gibi birbiriyle çelişen özellikler arasında pist uzunluğunun gereklerinden vazgeçilerek diğer ölçütlerin gerekleri karşılanabilir ve uzlaşık bir çözüm elde edilebilir. Tasarımcının rolü de kazanılacak ve vazgeçilecek özelliklerin belirlenmesi için yeteneklerini sergilemektir. Buluşçu yaratıcılığın özündeyse uzlaşmaya ihtiyaç duyulmayan veya elde edilen sonuca göre çok az bir uzlaşmayı içeren çözüm yolları bulmak vardır [13].

Örnek olarak nakil uçaklarının içine yük yükleme ve boşaltım sürecini hızlandıracak taşınabilir bir vinç geliştirilmesi ele alındığında kaldırma araçlarının genel tasarım kurallarına uyulması suretiyle, mühendisler tarafından mevcut teknoloji kullanılarak böyle bir vincin tasarlanabileceği düşünülebilir. Sürecin hızlandırılması bir kazanç

iken uçağın ölü ağırlığındaki artış kayıptır. Tasarımcı az kaybederek daha fazla kazanma durumunda, bu durumu kabul edebilir.

Kayıp olmadan kazanç elde edilmesi söz konusu olduğunda ise ortaya buluş ihtiyacı çıkar. Vinç örneğindeki çelişki, kaldırma aracının istenen ağırlıkları kaldırabilmesi için gerekli güce ve uçak ağırlığını çok etkilememesi için de düşük ağırlığa sahip olması gerekliliğidir. Güçlü taşınabilir vinçlerin ağır olması, problemin çözümüne yeni bir yaklaşım getirilmesi gereğini doğurur. Bu da bir buluştur. Buradan çıkan sonuç, teknik bir çelişkinin yok edilmesi ihtiyacı doğduğunda sıradan bir problemin yaratıcı bir problem haline gelmesidir.

Teknik çelişkileri göz ardı ederek tasarım yapmak kolay olmasına karşın üretilen ürün yetersiz veya uygulanamaz olacaktır. Bu noktada bir buluşun her zaman bir teknik çelişkiyi yok etmesinin gerekip gerekmediği düşünülmelidir. Burada buluşun, yasal (patent) ve teknik iki açılıma sahip olduğuna dikkat etmek gerekir. Patent kavramı sık bir biçimde değişen ve ülkelerin yasalarına göre farklılaşan bir kavramdır. Yeni bir mühendislik çözümünün ekonomik anlam taşıması için yasal korumanın sınırlarını tanımlamak amacıyla patentler kullanılırken; teknik olarak buluşun temelini yani tarihsel olarak kalıcı esasını tanımlayabilmek daha önemlidir [13].

Mühendislik bakış açısından yeni bir buluş kısmen veya tamamen teknik çelişkinin ortadan kaldırılmasıyla ortaya çıkmaktadır. Bir çelişkinin biçimlenimi ve yok edilmesi teknik gelişmenin ana karakteristiklerinden biri olmuştur. Esas itibariyle bir buluş "önemli bir yenilik" içermelidir. Bu noktada "önemli" olanı belirlemek gerekir. "Buluşlar için Uygulamaların İncelenme Yöntemleri Kılavuzu"nda "önemli yenilik"; olumlu bir etki yaratırken buluş nesnesine (makina, süreç, madde) yeni özellikler sağlanması ve daha önceden bilinmeyen özelliklere sahip çözümlerle teknik problemlerin çözülmesi olarak tarif edilmiştir [13]. Önemsiz değişikliklerle bu tür tanımlamalar uygulamaların geçerliliği hakkında bitmeyen iddialar üretmektedir. Bu tanım, yeniliğin yeni özelliklerin varlığı anlamına geldiği belirtmekte ancak yeni özelliğin ne olduğu konusunda kesin bir kural veya düzenleme önermemektedir. Sonuç olarak yeniliğin, yeniliğin olduğu yerde var olduğu ifadesi elde edilir.

Prototip ile karşılaştırılması, uygulamada "önemli yenilik" kavramının önce "önemli değişiklik" ve daha sonra "anlamlı değişiklik" mefhumuna dönüştüğünü ortaya

koyar. Değişimin çokluğu bir buluşun varlığına dalalet olup çokluk kavramı kişisel fikirlerle belirlenmektedir. Altshuller, TRIZ'in bu konuda yöntemin felsefesinde buluşun teknik çelişkilerin ortadan kaldırılması olarak tarif edilmesiyle nesnel bir ölçüt ortaya koyduğunu belirtir [13]. Bu ölçüt kullanılarak, uygulamaların incelenmesi anlamlı derecede daha nesnel olarak yapılabilir.

Nemirovsky "Inventor ve lnnovator" dergisinde yayınlanmış olan "Buluş nedir?" isimli makalesinde kişisel deneyimini aktararak, iki mühendisin ileri işlemler için bir cilt makinasına yükleme yapmak amacıyla tasarladıkları cihazı konu etmiştir. Patent uzmanı tasarımı incelerken Alman patentlerinden birine benzetmiş ve aradaki tek farkın bu tasarımda cihazın kasasının yan kısımlarının cilt kapağının uzunluğundan daha az bir mesafeye yerleştirildiği olduğunu not etmiştir. Bu farklılığın önemli olmadığını düşünen uzman bu gerekçeye dayanarak mucitlere patent sertifikasını vermemiştir.

Karşılaştırma yöntemi için klasik bir örnek olan bu durumda uzman, sadece biçimsel karşılaştırma yapmış ve yapılan değişikliğin nedeniyle ve sonuçlarıyla ilgilenmemiştir. Dolayısıyla prototip arayışında olan uzmana değişiklik önemli görünmemiştir. Burada uzmana göre değişimin önemsizliği "önemli yenilik" eksikliğinden ileri gelmektedir.

Ancak karşılaştırma yönteminin başarısızlığı Nemirovsky'nin makalesinde açıklanmıştır. Buna göre Alman patentinde yan destekler kağıt topunun sapmasını engellemek için sert olmalı; ancak sertlik arttıkça emme vantuzlarının kaplamaları kutularından çıkarması zorlaşmaktadır. Bu çelişki paketleme aletinin arıza yapmasına sebep olmaktadır. Uzman hata yaptığını fark ederek mucitlere sertifikalarını vermiştir. Böylece değişikliğin ne kadar önemli olduğundan ziyade, var olan çelişkinin ortadan kaldırılmasının önemli olduğu ortaya çıkmıştır [13]. Bu şekilde, reddedilen çalışmaların sayısının azalması için yaratıcı kişilerin buluşu teknik çelişkilerin yok edilmesi olarak algılamaları ve uzmanların patent uygulamalarında bu çelişkileri yok etme yollarını bulmayı öğrenmeleri gerekmektedir.

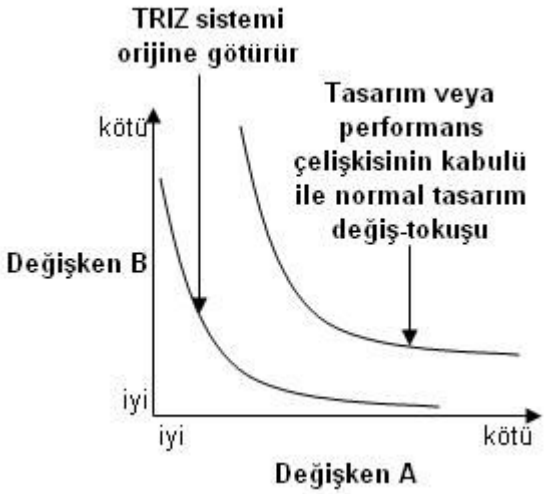
Bir problemdeki teknik çelişkinin açıkça belli olmasına veya problem koşullarına göre kaybolmasına bakmadan, mucidin her zaman teknik çelişkinin yok edilmesinin gerekliliğini hatırlaması gerekir. Bir sonuca ulaşmak problemin sadece yarısı olup

“kaybetmeden başarmak” diğer kısmını oluşturur. Teknik çelişkinin bulunması buluş yapmanın ilk hareketidir ve bu belirlendikten sonra problemi çözmek kolaylaşır.

Çelişkiler, teknik bir sistemin bir karakteristiğinin veya parametresinin iyileştirilmesi arzulanırken diğer bir karakteristiğinin veya parametresinin kötüleşmesiyle ortaya çıkar [6]. Bu durumda en çok kullanılan çözüm, problemin, iki veya daha fazla durum arasında bir denge sağlama ve bu durumlar için kabul edilebilir ancak tatmin edici olmayan bir uzlaşmaya gitme olarak görülmesidir. Bundan daha özel bir çözüm, mühendisin problemin kısıtlarını tanımlamasını, çözümleri değerlendirmek için ölçüt olarak nesnel bir fonksiyon belirlemesini ve bu kısıtlar altında bu fonksiyonun değerini maksimize edecek yolları bulmasını gerektiren “optimizasyon” tekniğidir.

Birçok parametreye sahip bir fonksiyonun içinde çözüm modellerini ortaya çıkarmak ve nesnel fonksiyonun en yüksek değerini veren modeli bulmak amacıyla matematiksel modeller ve teknikler kullanılmaktadır. Ancak bu matematiksel tanımlamalarla, “optimizasyon” tekniğinin sofistike olmasına rağmen sınır şartlarını belirlemede ve model fonksiyonlarını kullanılabilir çözümler olarak tanıtmada önemli boşluklara sahip olduğu gözlemlenmektedir. Optimizasyon sırasında göz ardı edilen mevcut teknik sistem için sadece mevcut çerçevede çözümler aranması yerine çerçevenin dışına bakılabileceğidir. Bu nedenle optimizasyon nadiren büyük ilerlemeler veya buluşlar önerir.

Buna karşılık TRIZ, Nakagawa’nın belirttiği gibi teknik bir problemi “teknik bir çelişki” olarak ele alır. TRIZ ile yapılmaya çalışılan çelişkiyi daha belirginleştirmek ve bu çelişkiden doğan engelleri yok ederek devrimci bir çözüm bulmaktır. TRIZ’in temel dayanağı, teknolojinin ve bilimin geçmişinde çok kez gerçekleştirilen teknik yeniliklere ulaşmak için çelişkilerin etrafından dolaşmak yerine onları yok etmektir. TRIZ çalışmalarında teknik yeniliklerin kayıtları olarak kabul edilen çok sayıda patentin incelenmesiyle, teknik çelişki barındıran problemlere tipik çözümler geliştirilmiştir. [47] Şekil 3.5’te TRIZ’in çelişki yaratan parametreler üzerinde normal tasarım uzlaşmasına göre daha iyi sonuç verdiği şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.5 TRIZ'in çelişkilerin çözümündeki etkisi [57]

TRIZ yönteminde Şekil 3.6'da tanımlamaları yapılan iki tür çelişki belirlenmiştir [41]:

Teknik çelişkiler: Klasik mühendislik değiş-tokuşudur. Sistemdeki bir engelin istenen sonuca erişimi engellemesi veya bir özellik iyileşirken bir diğerinin kötüleşmesi olarak tanımlanabilir. Aşağıdaki örnekler teknik çelişki olarak kabul edilebilir:

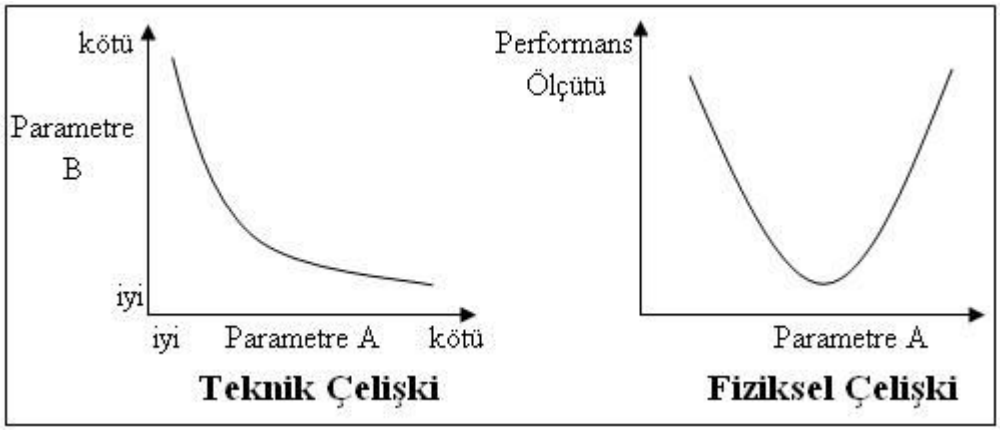
- Ürün daha güçlü hale gelir ancak ağırlığı artar.
- Bant genişliği büyür ancak bu daha fazla güç gerektirir.
- Hizmetler her bir müşteriye özelleştirilir ancak hizmet sunma sistemi karmaşıklaşır.
- Bir arabanın hava yastığı yolcuyu korumak için hızlı bir şekilde açılması gerekir ancak hızın artması küçük yaştaki çocukların veya düzgün konumda oturmayan insanların yaralanmasına hatta ölmesine yol açabilir.

Fiziksel çelişkiler: Bir nesnenin karşıt gerekliliklere sahip olması durumudur. Problemdeki sistemin bir özellik yönünde istenmesine rağmen aynı sistemin aynı özellik için zıt yönde de istenmesi durumu fiziksel çelişkiyi doğurur. Bu durumda akla ilk gelen bu durumun olanak dışı olduğudur [8]. Fiziksel çelişkiye örnek olarak aşağıdakiler verilebilir.

- Gözetleme uçağı varılacak yere gidebilmek için hızlı uçmalı; veri toplamak için hedef üzerinde uzun zaman kalarak yavaş uçmalıdır.

- Yazılımlar kullanımı kolay olmalı ancak birçok karmaşık özellik ve seçeneğe sahip olmalıdır.
- Kahve güzel içimli olması için sıcak, müşterinin yanmaması için de soğuk olmalıdır.
- Eğitim derinlemesine yapılmalı ancak uzun sürmemelidir.
- Arabadaki hava yastığı çabuk ama yavaşça açılmalıdır.
- Çikolata kaplamalı şeker, kolay dolum için sıcak; çikolatanın erimesini önlemek için de soğuk olmalıdır.
- Fren kazaları önlemek için ani; kontrol sağlayabilmek için kademeli olmalıdır.

Altshuller'in yönteminde bu iki tip çelişkinin yok edilmesi için çeşitli araçlar geliştirilmiştir.



Şekil 3.6 Teknik ve Fiziksel Çelişkilerin Karşılaştırılması [45]

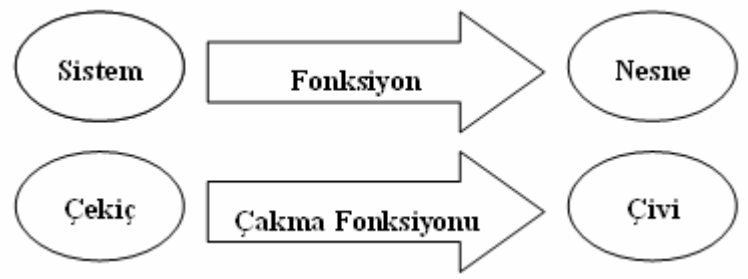
3.4.4. İdeal Nihai Sonuç

Deneme-yanılma yöntemi kullanılarak çözülmeye çalışılan teknik bir problemde problemi anlamaya çalışırken ilk adım genellikle problemin kendisinden atılır. Problemi çözerken sorun çıkaran parçanın veya sistemin nasıl geliştirileceği, zararlı bir etkinin nasıl yok edileceği düşünülür. Bu durum yapılmak istenen değişikliğin amacının bilindiğini gösterse de gerçek problemin farklı olabileceği ve başka bir amacın yaratıcı gayretlerle değiştirilmeye çalışılabileceğini dikkate almak gerekir.

Genel mühendislik düşüncesi bir sistemin amacının fonksiyonlarını yerine getirmesi olduğunu ortaya koyar ve bu fonksiyon için gereken alet veya mekanizmaların

bulunmasına yoğunlaşır. TRIZ yönteminde bu olaya bakış açısı farklıdır. TRIZ aynı fonksiyonları ek alet veya mekanizma gerektirmeden yapabilmenin yolunu arar.

Şekil 3.7'de gösterilen teknolojik sistem ile amaçlar arasındaki etkileşim irdelendiğinde teknolojik sistemin bir amaç olmadığı, başka bir teknolojik sisteme veya insana hizmet etmek gibi bir amaç için belli bir fonksiyonu gerçekleştirdiği görülebilir [58]. Aynı fonksiyonu yerine getiren çeşitli sistemlerin her biri bu fonksiyonu gerçekleştirmek için ödenen bedeldir. Maliyeti daha düşük, sağlamlığı daha yüksek olan, daha az kaynak gerektiren sistemler bir adım öne çıkarlar. TRIZ'in ideal sistemi ise malzeme, enerji, işgücü yani kısacası kaynak gerektirmeyen ve bu şekilde istenen fonksiyonu yerine getiren, yani aslında olmayan bir sistemdir.



Şekil 3.7 Fonksiyonun sistem ile nesne arasında kurduğu bağ

Artan İdeallik Kanunu veya İdeal Nihai Sonuç TRIZ'in önemli temel kavramlarından biridir. Bu kavram teknik sistemlerin artan ideallik derecesine doğru evrim geçirdiğini belirtir. Burada ideallik aşağıdaki denklemde de görülebileceği üzere sistemin yararlı etkilerinin toplamının (Yi), sistemin zararlı etkilerinin toplamına (Zj) oranıdır.

$$\text{İdeallik} = \frac{\sum Yi}{\sum Zj} \qquad \textbf{(3.1)}$$

Yararlı etkiler sistemin çalışması sonucunda ortaya çıkan tüm değerli sonuçları ifade ederken zararlı etkiler maliyet, harcanan enerji, kirlilik, tehlike gibi istenmeyen girdiler anlamına gelmektedir. İdeal durum TRIZ'de, hiçbir zararlı etki olmadan sistemden sadece yarar elde edilmesi olarak tanımlanmıştır.

Bir mühendis tasarımında işgücünü, kullanılan malzemeyi, enerjiyi ve diğer zararlı yan etkileri azaltarak sistemden daha büyük yararlar veya kazançlar elde etmek için uğraşmalıdır. Genelde bir yarar sağlamak için yapılan çalışma beraberinde zararlı bir

yan etkiyi getirir ve sonuçta bir fedakarlık yapmak veya uzlaşmaya varmak gerekir. Ancak TRIZ kullanılarak varılan çözümlerde ideallik kanunu, kişiyi hiçbir uzlaşmaya girmeden tasarım çelişkilerini çözmeye yönlendirir. Sonuçta ideal nihai sonuç, olmayan bir makinadan yararlı fonksiyon elde etme ürünü olacaktır [10].

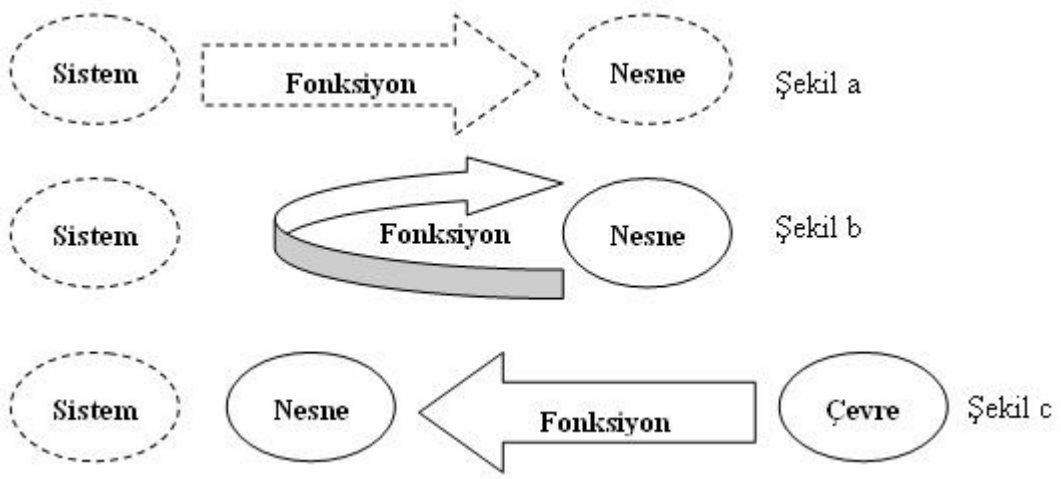
İdeal Nihai Sonuç 4 özelliğe sahiptir [59]:

1. Orijinal sistemin eksikliklerini yok eder.
2. Orijinal sistemin avantajlarını korur.
3. Sistemi daha karmaşık hale getirmez (ücretsiz veya uygun kaynakları kullanır).
4. Yeni dezavantajlar ortaya koymaz.

İdeal sistem, matematikteki limit kavramına benzer bir şekilde pratikte geçekleştirilemez bir sistemdir. Buna rağmen mevcut sistemlerin yararlı fonksiyonlarının artması ve zararlı etkilerinin azalması onları idealliğe yaklaştırır. Buna örnek olarak, modern multimedya bilgisayarların, aynı anda televizyon seti, faks makinası, müzik sistemi, vs. gibi fonksiyonları bünyesinde toplayarak, bu işi gerçekleştiren birden çok sayıdaki donanımdan hem hafif hem de daha ucuz olması gösterilebilir [56].

İdeallik kavramında esas olan, problemden önce ideal çözümün düşünülüp çözüme nasıl ulaşılacağından önce çözümün ne olduğunun belirlenmesidir. Fonksiyonun gerçekleştirilmesi sürecinde bunu gerçekleştirmekten sorumlu bir nesne bulunur. Şekil 3.8'de belirtilen "Tasarım Verimliliğini Artırma Yaklaşımları" ile ideallik kavramını algılayabilmek için çalışılabilir [58]. Buna göre,

a. Fonksiyonun nesnesi yok edildiğinde sistem yok edilebilir. (Şekil a)
b. Sistem yok edilir, ancak nesnenin kendisi veya bazı bileşenleri fonksiyonu yerine getirir. (Şekil b)
c. Sistem yok edilir ancak başka bir sistem veya çevre fonksiyonu yerine getirir. (Şekil c)



Şekil 3.8 Tasarım Verimliliğini Arttırma Yaklaşımları

Yaratıcı bir çalışmanın ideallik mertebesini değerlendirirken sistemin karmaşıklığı göz önüne alınabilir. Bir sistem idealliğe doğru giderken sistemin mekanizması kaybolmaya başlamasına rağmen fonksiyon gerçekleştirilir. Buluş yapabilmek de idealliğe doğru yönelim sürecinde teknik sistemleri engelleyen unsurların yok edilebilmesini içerir. İdeal Nihai Sonucun yararlı bir kavram olduğu şunlardan anlaşılabilir [5]:

1. Problem çözüldükten sonra uygulamadan bağımsız bir tanımlama verir.
2. Mevcut süreçler veya donanımlar yerine gerekli fonksiyonlar üzerine yoğunlaşır.
3. Doğru problemi ilk seferde çözerek tekrar iş yapmayı engeller.
4. Araya giren problemden dolayı engellenmeyen çözüme yönelik buluşçu düşünmeye yönlendirir.

İdeal Nihai Sonucun ana avantajları arasında psikolojik ataleti engelleyerek veya yok ederek sınırlar ötesi düşünmeyi cesaretlendirmesi, uzlaşmayı reddederek daha az ideal sonuca doğru hareketi önlemesi ve çözümün sınırlarını açıkça ortaya koyması sayılabilir. İdeal Nihai Sonuç teknik araçların kullanılması için yönlendirme yapan psikolojik bir araç olup, bu kavramı biçimlendirmek, problemin sınırlarını görmeyi, hangi kısıtın doğa kanunlarından, hangilerinin sistemin kendisinden ileri geldiğini gözlemlemeyi sağlar. İdeallik kanununda evrimin yönü, artan faydalar, azalan maliyetler ve zararlara doğrudur [59]. Bu evrimin uç noktası İdeal Nihai Sonuçtur.

Bir sistemi idealleştirmenin çeşitli yolları bulunmaktadır:

1. Sistemin fonksiyonlarının artırılması (Bir eğlence merkezinin radyo, CD çalar, amplifikatör, vs ile donatılması)
2. Sistemin işlevi yapan kısmına olabildiğince çok fonksiyon yüklenmesi (Elektrikçi pensesinin teli kesmesi, sıyırması ve bükmesi)
3. Sistemin bazı fonksiyonlarını bir üst sisteme veya çevre dışına taşımak (Sıcaklığı duyarlı bimetalik bir spiral sistemi ile elle açılıp kapatılan güneş ısıtmalı pencerelerin otomatik olarak açılıp kapatılması)
4. Mevcut ve elde edilebilir iç ve dış kaynakların kullanılması (Mevcut elektrik şebekesini anten olarak kullanmak)

Saatlerde mekanik yayla çalışma prensibinden elektronik kuartz kristal teknolojisine geçiş idealliğe doğru gidişe güzel bir örnektir.

3.5. TRIZ'in Problem Çözme Araçları

3.5.1. Çelişkiler Analizi

Çelişkiler Analizi bir probleme yeni bir perspektiften bakmanın güçlü bir aracıdır. TRIZ yönteminin duruşu, problemi teknik ya da fiziksel bir çelişki olarak belirtir. Teknik bir çelişki, tasarım sürecine en sık olarak katılan 39 özelliği tanımlayan çelişkiler matrisi kullanılarak çözülebilirken; fiziksel çelişkileri çözmek için ayrılık prensipleri kullanılır. Çelişkiler analizi 40 buluş prensibinin uygulanması için temel adımdır [42].

İlk olarak, teknik problemi ifade edebilmek için, mevcut sistemin hangi yönünün geliştirilmesinin istendiği ve böyle bir geliştirme ile çelişkili bir duruma yol açacak şekilde hangi yönün kötüleştiği açıklanmalıdır. Bu yönleri açıklamak için TRIZ, 39 adet standart parametre kullanmaktadır [47]. 39 mühendislik parametresi açıklamalarla beraber aşağıda yer almaktadır [60].

Hareketli nesneler: Kendiliğinden ya da dış bir kuvvet sonucunda uzayda yerlerini kolayca değiştirebilen nesneler. Araçlar ve taşınabilir olmak için tasarlanan nesneler bu sınıfın temel üyeleridir.

Sabit nesneler: Kendiliğinden ya da dış bir kuvvet sonucunda uzayda yerlerini değiştirmeyen nesneler. Nesnenin kullanıldığı koşullar göz önüne alınmalıdır.

1. Hareketli nesnenin ağırlığı: Yerçekimli bir alanda bir nesnenin kütlesidir. Gövdenin desteği ya da süspansiyonu üzerinde uyguladığı kuvvettir.
2. Sabit nesnenin ağırlığı: Yerçekimli bir alanda bir nesnenin kütlesidir. Gövdenin desteği, süspansiyonu ya da üzerinde bulunduğu yüzeye uyguladığı kuvvettir.
3. Hareketli nesnenin uzunluğu: Herhangi çizgisel bir boyut, en uzun olmayı gerektirmeden bir uzunluk olarak kabul edilir.
4. Sabit nesnenin uzunluğu: Herhangi çizgisel bir boyut, en uzun olmayı gerektirmeden bir uzunluk olarak kabul edilir.
5. Hareketli nesnenin alanı: Bir çizgi tarafından kapatılmış bir düzlemin bir parçasıyla tarif edilen geometrik karakteristik. Bir yüzeyin bir parçasının nesne tarafından işgal edilmesi ya da bir nesnenin iç veya dış yüzeyinin alanının ölçüsü.
6. Bir çizgi tarafından kapatılmış bir düzlemin bir parçasıyla tarif edilen geometrik karakteristik. Sabit nesnenin alanı: Bir yüzeyin bir parçasının nesne tarafından işgal edilmesi ya da bir nesnenin iç veya dış yüzeyinin alanının ölçüsü.
7. Hareketli nesnenin hacmi: Bir nesne tarafından kaplanan uzayın hacmi. Dikdörtgensel bir nesnenin uzunluk, genişlik ve yüksekliğinin; bir silindirin taban alanıyla yüksekliğinin çarpımı, vb.
8. Sabit nesnenin hacmi: Bir nesne tarafından kaplanan uzayın hacmi. Dikdörtgensel bir nesnenin uzunluk, genişlik ve yüksekliğinin; bir silindirin taban alanıyla yüksekliğinin çarpımı, vb.
9. Hız: Bir nesnenin sürati, bir sürecin veya eylemin zaman içindeki hızı.
10. Kuvvet (şiddeti): Kuvvet sistemler arasındaki etkileşimi ölçer. Newton fiziğinde kuvvet, kütleyle ivmenin çarpımına eşittir. TRIZ'de kuvvet bir nesnenin durumunu değiştirecek herhangi bir etkileşimdir.
11. Gerilim veya basınç: Birim alan başına düşen kuvvet ya da gerilimdir.
12. Şekil: Sistemin dış görünüşü veya dış konturlarıdır.
13. Nesnenin yapısal kararlılığı: Sistem bütünlüğü, sistemi oluşturan unsurların ilişkisidir. Aşınma, kimyasal çözünme, demontaj, artan entropi yapısal kararlılığın düşüşüdür.

14. Dayanım: Bir nesnenin kuvvete karşı değişime ne kadar direnç gösterdiğidir. Kırılmaya karşı dirençtir.
15. Hareketli nesnenin eylem süresi: Bir nesnenin eylemi gerçekleştirme süresi, hizmet süresidir. Arızalar arası ortalama süre, eylemin süresinin ölçümüdür. Aynı zamanda sağlamlıktır.
16. Sabit nesnenin eylem süresi: Bir nesnenin eylemi gerçekleştirme süresi, hizmet süresidir. Arızalar arası ortalama süre, eylemin süresinin ölçümüdür. Aynı zamanda sağlamlıktır.
17. Sıcaklık: Nesnenin ya da sistemin ısısal koşuludur. Esnek olarak ısı kapasitesi gibi sıcaklık değişim hızını etkileyen başka ısısal değişkenleri içerir.
18. Aydınlatma şiddeti: Birim alan başına düşen ışık akışı ve ayrıca aydınlık, ışık kalitesi, vb. diğer aydınlatma özellikleridir.
19. Hareketli nesnenin enerjiyi kullanması: Nesnenin iş yapabilme kapasitesinin ölçüsüdür. Klasik mekanikte iş (enerji) kuvvetin yol ile çarpımına eşittir. Bu elektrik enerjisi ya da ısı gibi üst sistem tarafından sağlanan enerjinin kullanımını içerir.
20. Durgun nesnenin enerjiyi kullanması: Nesnenin iş yapabilme kapasitesinin ölçüsüdür. Klasik mekanikte iş (enerji) kuvvetin yol ile çarpımına eşittir. Bu elektrik enerjisi ya da ısı gibi üst sistem tarafından sağlanan enerjinin kullanımını içerir.
21. Güç: İşin yapıldığı süre, enerji kullanımının hızı.
22. Enerji Kaybı: Yapılan işe katılmayan enerjinin kullanımı. Enerji kaybını azaltmak bazen enerji kullanımını iyileştirmekten başka teknikler gerektirdiği için bu ayrı bir kategoridir.
23. Madde kaybı: Kısmi ya da bütün, kalıcı ya da geçici olarak bir sistemin malzeme, madde, parça ya da alt sistem kaybetmesidir.
24. Bilgi kaybı: Kısmi ya da bütün, kalıcı ya da geçici olarak bir sistemde ya da bir sistem tarafından veri ya da veriye erişimin kaybedilmesidir. Sıklıkla koku, doku gibi duyusal verinin kaybolmasını içerir.

25. Zaman kaybı: Zaman bir eylemin süresidir. Zaman kaybını iyileştirmek eylem için gereken süreyi azaltmak demektir. Döngü zamanının azaltılması ortak bir terimdir.
26. Maddenin miktarı: Sistemin tümden ya da kısmi, geçici ya da kalıcı olarak değişebilecek malzemesinin, maddesinin, parçalarının ya da alt sistemlerinin sayısı ya da miktarı.
27. Güvenilirlik: Bir sistemin öngörülebilir yollar ve koşullarda istenen fonksiyonu gerçekleştirebilme yeteneği.
28. Ölçüm doğruluğu: Ölçülen değerin bir sistemin bir özelliğinin mevcut değerine yakınlığı. Ölçümde yapılan hatayı azaltmak ölçümün doğruluğunu artırır.
29. Üretim hassaslığı: Sistemin ya da nesnenin mevcut özelliklerinin belirlenen ya da gerekli görülen özelliklere uyum derecesidir.
30. Nesnenin etkilendiği zararlı faktörler: Dış kaynaklı (zararlı) etkilere karşı sistemin duyarlılığıdır.
31. Nesnenin ürettiği zararlı faktörler: Zararlı etki nesnenin ya da sistemin fonksiyonun verimliliğini ya da kalitesini düşüren etkidir. Bu zararlı etkiler işleminin bir parçası olarak nesne ya da sistem tarafından üretilirler.
32. Üretim kolaylığı: Nesne ya da sistemi üretmekteki kolaylık, rahatlık ve çabasızlıktır.
33. Operasyon kolaylığı: Basitlik: süreç çok sayıda insan, işlemde çok fazla adım, özel araçlar, vs. gerektiriyorsa kolay değildir. Zor süreçler düşük, kolay süreçler yüksek kara sahiptir.
34. Tamir kolaylığı: Uygunluk, rahatlık, basitlik gibi özellikler ve bir sistemde hataların ya da aksaklıkların tamir edilme süresidir.
35. Uyum sağlayabilirliği veya çok yönlülüğü: Bir sistemin ya da nesnenin dış değişikliklere ne kadar olumlu cevap verdiğidir. Ayrıca bir sistem değişik durumlarda değişik yollarda kullanılabilir.
36. Aletin karmaşıklığı: Bir sistemdeki unsurların ve unsurlar arası ilişkinin çeşitliliğidir. Kullanıcı karmaşıklığı artıran sistemin bir unsuru olabilir. Bir sistem idaresinin zorluğu karmaşıklığının bir ölçüsüdür.

37. Ortaya çıkarma ve ölçme zorluğu: Pahalı, karmaşık, kurulum ve kullanım için daha fazla zaman ve iş gücü gerektiren ya da bileşenleri arasında karmaşık ilişkiler bulunan ya da birbirine girmiş bileşenlere sahip sistemlerin ölçümü ve gösterimi "ortaya çıkarma ve ölçme zorluğu"nu gösterir.
38. Otomasyonun mertebesi: İnsan katkısı olmadan bir sistemin ya da nesnenin kendi fonksiyonlarını yerine getirebilme derecesidir. En düşük seviye elle işletilen araçtır. Orta seviyede insan aracı programlar, işlemini gözlemler ve gerekirse durdurup tekrar programlar. Yüksek seviyede makina gerekli işlemi anlar, kendini programlar ve kendi işlemini görüntüler.
39. Üretkenlik: Birim zaman başına bir sistem tarafından yapılan fonksiyon ya da işlem sayısıdır. Birim zamandaki çıktı ya da birim çıktının maliyetidir.

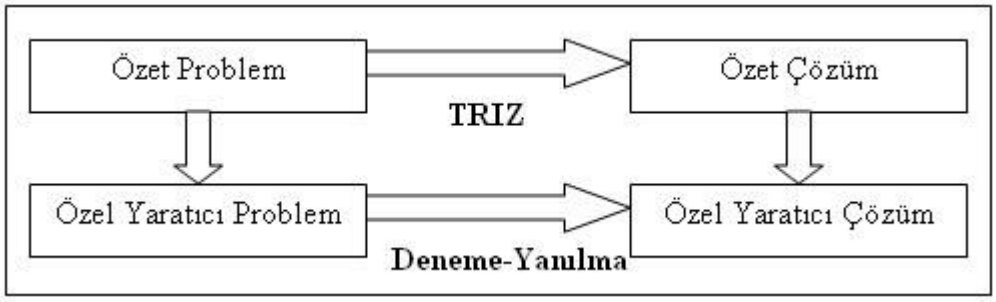
Problemler her zaman iki parametre arasındaki bir çelişki olarak tanımlanır ve bu parametrelerden biri iyileşirken diğeri kötüleşir. 39 parametreden ikisi arasındaki çelişki problemi yaratmaktadır. Birçok patentli çözümün değişik alanlarda tekrar tekrar bu çelişkileri çözdüğü bilinmektedir. Sadece 40 tane buluş prensibiyle bu çelişkiler değiş-tokuş yapmaya ya da uzlaşık çözüm bulmaya gerek kalmadan çözülebilmişlerdir ve Altshuller'e göre bu sonuçların araştırmacılar tarafından önceden bilinmesi kendi problemlerini çözmede onlara büyük kolaylık sağlayacaktı [53]. Dolayısıyla Altshuller sıklıkla ortaya çıkan çelişkiler ile bu çelişkilerin çözümü olan prensipleri belirlemek ve organize etmeye başlamıştır.

Teknik çelişkileri göstermek için temel olarak 39 tane iyileştirilen ve 39 tane kötüleşen parametreden oluşan matris kullanılmaktadır. Altshuller ve öğrencileri, patentlerde kayıtlı olan teknolojik yenilikleri analiz edip her yeniliğin problemini 39x39 boyutlu matriste sınıflandırmıştır. Patentlerdeki çözümlerin esası ise 40 buluş prensibine göre ifade edilirken, matrisin hücrelerine en uygun ilk dört prensip konularak patent analizi sonuçlandırılmıştır. Bu çalışma sonucu ortaya çıkan yapıya da "Çelişkiler Matrisi" adı verilmiştir. "Çelişkiler Matrisi" TRIZ'in ilk bilgi veritabanını oluşturmuştur.

Teknik problemleri çözmek isteyen mühendislere önerilen problemi, iyileştirilen özelliğe karşılık kötüleşen özellik olarak açıklamaları ve ardından matrisin gösterdiği ve bu tip problemi yaratıcı olarak çözmek için en çok kullanılan 40 buluş prensibini

kullanmalarıdır. Bu sayede çözüm arayan mühendisler problem çözme sürecinde prensipleri ve uygulama örneklerini referans olarak alabilirler.

"Çelişkiler Matrisi" mevcut problemleri çözmek için öncülerle gerçekleştirilen yenilik ve büyük hamle örneklerinin tekrar kullanımını sağlayan bir yöntem sunmuştur [47]. Mucitlerin kendi kelimeleriyle biriken bu örnekle yeni problemler için yeniden kullanımı kolaylaştırmamaktadır. Buna karşın TRIZ, bunu başarabilmek için problemleri ve çözümlerini tanımlarken, problemler için 39 özellik arasındaki çelişkileri ve çözümler için 40 prensibi kullanarak, soyut terminoloji kümesinin sabit çerçevesinin kullanımını zorlamıştır. Bu zorlama çok büyük sayıdaki patenti sınıflandırmak ve kolayca yeniden kullanılabilir bir bilgi birikimi oluşturmaya olanak sağlamıştır. Şekil 3.9'da teknik çelişkilerin yok edilmesi için Çelişkiler Matrisinin kullanımı gösterilmektedir.



Şekil 3.9 Çelişkiler Matrisi ile teknik çelişkilerin yok edilmesi [8]

40 buluş prensibi en kolay kullanılabilen TRIZ aracı olup, çözümleri kolay ve çabuk bir şekilde sağlamaktadır [45]. Bu prensipler binlerce patent araştırması sonucunda ortaya çıkan ve çelişkilerin çözümünde kullanılan 40 farklı stratejiyi ifade etmektedir. 40 buluş prensibi örnekleriyle beraber aşağıda yer almaktadır [61]:

1. Dilimlemek, bölmek, parçalamak

A. Nesneyi bağımsız parçalara bölme.

- Ana bilgisayarların yerini kişisel bilgisayarların alması.
- Büyük bir proje için iş ayrıştırma yapısının kullanılması.
- Büyük bir kamyonun kamyon ve treyler ile yer değiştirmesi.

B. Nesnenin kolayca demonte olmasını sağlama.

- Modüler mobilya.

- Su tesisatında çabuk ayrılabilen bağlantılar.

C. Bölünme ve parçalanma derecesini arttırma.

- Sert gölgelikler yerine jaluzi kullanılması.
- Folyo ya da çubuk yerine bağlantının daha iyi yerleşimi için toz kaynak metali kullanmak.

2. Çıkarma, ayırma

A. Bir nesneden müdahaleci bir parçayı veya özelliği ayırma ya da nesnenin sadece gerekli parçasını (veya özelliğini) bırakma.

- Sıkıştırılmış havanın kullanıldığı bir yerde gürültülü bir kompresörün binanın dışına konulması.
- Işığa ihtiyaç duyulan bir yerde, sıcak ışık kaynağını mekandan uzaklaştırmak için fiber optiklerin ya da ışık borularının kullanılması.
- Hırsız alarmı olarak köpek olmadan köpek havlaması sesinin kullanılması.

3. Lokal Kalite

A. Bir nesnenin yapısını tek biçimliden çok biçimliye dönüştürme, dış çevreyi (veya dış etkileri) tek biçimliden çok biçimliye dönüştürme.

- Sabit sıcaklık, yoğunluk veya basınç yerine derece derece değişen sıcaklık, yoğunluk, basıncın kullanılması.

B. Bir nesnenin her parçasının fonksiyonunun, gerçekleştirdiği işlem için en uygun şartlarda olması.

- Sıcak ve soğuk katı yiyecekler ile sıvılar için özel bölmelere sahip bir yemek kutusu.

C. Bir nesnenin her parçasının farklı ve yararlı bir fonksiyon yerine getirmesi.

- Silgili kalem.
- Çivi çıkarıcı kısımlı çekiç.
- Balık pulu kazıyıcısı, pense, kablo soyucusu, düz tornavida, manikür seti, vs. olarak kullanılabilecek çok fonksiyonlu bir set.

4. Asimetri

A. Bir nesnenin şeklini simetrikten asimetriğe çevirme.

- Asimetrik karıştırıcı kapların veya simetrik kaplardaki asimetrik fırdöndünün karıştırmayı geliştirmesi (çimento kamyonları, kek karıştırıcıları, mikserler).
- Bir topuzu güvenli bir şekilde iliştirmek için silindirik şaftın üzerine düz bir spot konulması.

B. Eğer bir nesne asimetrikse asimetriklik derecesini arttırma.

- Renkleri birleştirmek için astigmat merceklerin kullanılması.
- Geçirmezliği iyileştirmek için yuvarlak o bilezik yerine oval kesitli ve özel şekilli bilezikler kullanılması.

5. Kaynaştırma, birleştirme

A. Paralel işlemleri yerine getirmek için aynı veya benzer nesneleri bir araya getirmek (veya birleştirmek), benzer veya aynı nesneleri monte etmek.

- Bilgisayar ağındaki kişisel bilgisayarlar.
- Paralel işlemcili bir bilgisayarda binlerce mikro işlemci.
- Havalandırma sistemindeki pervaneler.
- Bir devrenin her iki yanına monte edilen elektronik çipler.

B. İşlemleri bitişik ve paralel yapma, zaman içerisinde bir araya getirme.

- Aynı zamanda çeşitli kan parametrelerini analiz eden tıbbi teşhis cihazları.
- Jaluzi ya da dikey panjurlarla bağlantı çıtalarının birlikte olması.

6. Evrensellik, genellik

A. Bir parçanın veya nesnenin çoklu fonksiyonları yerine getirmesi; diğer parçalara olan ihtiyacı ortadan kaldırma.

- Diş fırçasının sapının diş macunu içermesi.
- Çocuklar için araba koltuğunun pusete dönüşmesi.
- Takım liderinin kaydedici ve zaman tutucu olarak görev yapması.

7. Birbirinin içine girebilme

A. Bir nesneyi diğerinin içine yerleştirme, her nesneyi sırayla diğerinin içine yerleştirme.

- Ölçü bardakları ve kaşıkları.
- Rus matruşka bebekleri.
- Taşınabilir ses sistemi (amplifikatör kasasının için yerleştirilen aktarıcının içine mikrofon yerleştirilmesi)

B. Bir parçanın diğerinin içindeki delikten geçmesi.

- Uzayan radyo anteni.
- Uzayan işaret değneği.
- Yakınlaştırıcı lensler.
- Emniyet kemerinin içeri çekme mekanizması.
- Uçak iniş takımlarının uçak gövdesinin içine çekilmesi.

8. Ağırlık azaltma, dengeleme.

A. Bir nesnenin ağırlığını dengelemek için kaldırma sağlayan diğer nesnelerle birleştirilmesi.

- Reklam tabelalarını desteklemek için helyum balon kullanılması.
- Bir deste kütüğün içine daha iyi yüzmesi için köpük doldurulması.

B. Bir nesnenin ağırlığını dengelemek için çevre ile etkileşim kurması (örnek olarak aerodinamik, hidrodinamik, yüzme kabiliyeti ve diğer kuvvetler)

- Uçağın kanadının şeklinin havalanmayı sağlamak üzere hava yoğunluğunu kanat üzerinde arttırması, kanat altında azaltması.
- Uçak kanatlarının kaldırmasını iyileştirmek için vorteks çıtaları konulması.
- Kızaklı botların, sürüklenmeyi azaltmak üzere gemiyi su üzerine kaldırması.

9. Başlangıçta eylemsizlik

A. Eğer faydalı ve zararlı etkilerin her ikisi ile bir eylem yapılması gerekiyorsa, bu eylem yerine zararlı etkileri kontrol etmek üzere karşıt eylemlerin gerçekleştirilmesi.

- pH'ın aşırılıkların zararlarından korumak için tampon vazifesi görecek bir çözüm bulmak.

B. Bir nesnede daha sonradan bilinen istenmeyen gerilimlere karşı koymak üzere daha önceden gerilim yaratılması.

- Betonu dökmeden önce inşaat demirinin önceden gerilmesi.
- Zararlı bir şeye maruz kalmadan herhangi bir şeyi maskelemek: vücudun X ışınlarına maruz kalmayan kısımlarında kurşun önlük kullanmak. Bir nesnenin boyanmayan kısmını korumak için maskeleme bandı kullanmak.

10. Başlangıçta hareket

A. Bir nesnede ihtiyaç duyulmadan gereken değişikliği kısmen veya tümden yerine getirme.

- Kendinden yapışkanlı duvar kağıdı.
- Cerrahi bir operasyon için gerekli tüm aletlerin mühürlü bir tepside sterilize edilmesi.

B. Nesnelerin dağıtım için zaman kaybetmeden en uygun yerden eyleme geçebilmesi için önceden ayarlanması.

- Tam zamanında üretim uygulanan bir fabrikadaki Kanban ayarlamaları.
- Esnek üretim hücresi.

11. Önceden güvenliliği sağlama

A. Daha az güvenirliliği olan bir nesneyi dengelemek için acil durum araçları hazırlama.

- Kötü pozları telafi etmek için fotoğraf filmine manyetik bant konulması.
- Yedek paraşüt.
- Uçak gereçleri için alternatif hava sistemleri.

12. Alternatif potansiyellilik

A. Potansiyel bir alanda konum değişikliğini kısıtlama (nesneyi yerçekimi ortamında kaldırma veya indirmeyi gerektirmeyecek şekilde işletme koşullarını değiştirme)

- Fabrikadaki yüklü parçaların teslim sistemini yaylandırmak.
- İki su kütlesi arasındaki kanalın kilitleri (Panama Kanalı)
- Süper hızlı tamirat yerlerinde otomobil yağının pahalı kaldırma ekipmanları olmadan değiştirilmesi.

13. Tersinden yapma

A. Problemi çözmek için kullanılan eylemi tersine çevirme (örneğin bir nesneyi soğutmak yerine ısıtmak).

- Sıkışmış parçayı kurtarmak için dış kısmı ısıtmak yerine iç kısmı soğutmak.

B. Hareketli parçaları (veya dış çevreyi) sabitlemek, sabit parçalan hareketli hale getirmek.

- Alet yerine parçayı döndürmek.
- Ayakla çalıştırılan değirmen (yürüme veya koşmak yerine).

C. Nesneyi (veya süreci) tersine çevirme

- Tutturucu aletler ekleyebilmek için bir montajı altını üstüne çevirmek.
- Konteynırlardaki (gemi yada tren) tahılları boşaltmak için baş aşağı çevirme.

14. Küresellik, eğrilik

A. Düz hatlı parçalar, yüzeyler, şekiller yerine, kavisli olanların kullanılması; düz yüzeylerden, küresel yüzeylere; küp şeklindeki parçalar yerine küre şeklindeki yapılara geçilmesi.

- Mimaride gücü arttırmak için kavis ve kubbelerin kullanılması.

B. Silindirler, toplar, helezonlar, kubbelerin kullanılması

- Spiral donanım ağırlık kaldırma için sürekli direnç üretir.
- Düzgün mürekkep dağıtımı için top silindir uçlu kalemler.

C. Doğrusal hareketlerden dönen hareketlere doğru gidilmesi, merkezkaç kuvvetinin kullanılması.

- Bilgisayar ekranında fare topunun dönen hareketini kullanarak imlecin doğrusal hareket etmesini sağlama.

- Çamaşırların suyunu burarak sıkmak yerine çamaşır makinesinde çamaşırların döndürülerek sıkılması.
- Eşya hareket ettirmek için silindirik tekerlekler yerine küresel tekerlekler kullanmak.

15. Dinamik

A. Bir nesnenin, dış çevrenin veya sürecin özelliklerinin optimal olmak üzere değişmesi veya optimal çalışma alanı bulması için tasarlanması.

- Ayarlanabilir direksiyon (veya koltuk, arka destek veya ayna pozisyonu)

B. Bir nesnenin birbirine göre hareket edebilir parçalara bölünmesi.

C. Eğer bir nesne veya süreç katı ya da esnek değilse hareket edebilir ve uyarlanabilir olmasının sağlanması.

- Motorları incelemek için esnek baroskop.
- Tıbbi inceleme için esnek sigmoydoskop.

16. Kısmi veya aşırı eylemler

A. Eğer bir amacın % 100'ünü bir çözüm yöntemiyle başarmak zorsa, aynı yöntemi biraz az, biraz daha çok kullanarak, problemin daha kolay çözülebilir hale getirilmesi.

- Boya yaparken fazla boyayıp, daha sonra fazlalığı almak (veya bir kalıp kullanmak)
- Arabanın yakıt deposunu doldururken üstünden yakıt almak.

17. Diğer boyut

A. Bir nesneyi 2–3 boyutlu uzayda hareket ettirme.

- Kızıl ötesi bilgisayar faresinin bir yüzey yerine sunumlar için uzayda hareket etmesi.
- 5 eksenli kesim aracının ihtiyaç duyulan yere yerleştirilmesi.

B. Nesnelerin tek katlı yerine çok katlı düzenlenmesi.

- Müzik süresini ve çeşitliliğini arttırmak için 6 CD'li teyp.
- Bir devre tahtasının her iki yüzündeki elektronik çipler.

- Bir lunaparkta çalışanların ziyaretçinin önünden kaybolması, bir sonraki aşamaya aşağıdaki tünelden yürümesi ve sihirli bir şekilde yeryüzüne çıkarak tekrar belirmesi.

C. Nesneyi eğmek, bir tarafına yatırmak.

- Damperli kamyon.

D. Bir alanın "diğer tarafını" kullanmak.

- Yoğunluğu arttırmak için mikroelektronik hibrid devreleri bir tarafa yığmak.

18. Mekanik titreşim

A. Nesnenin titreşmesini veya salınmasını sağlamak.

- Titreşen bıçaklara sahip elektrikle çalışan dilimlere bölen bıçak.

B. Frekans arttırma.

- Pudrayı titreşim ile dağıtma.

C. Bir nesnenin rezonans frekansını kullanma.

- Ultrasonik rezonansı kullanarak safra taşlarını veya böbrek taşlarını kırmak.

D. Mekanik yerine piezo-elektrik titreştiricilerin kullanılması.

- Quartz kristal salınımlarının saatlerin daha doğru çalışmasını sağlaması.

E. Birleşmiş ultrasonik ve elektromanyetik olan salınımların kullanılması

- İndüksiyon fırınında alaşımların karıştırılması.

19. Periyodik hareket

A. Sürekli hareket yerine, periyodik hareket kullanılması.

- Bir şeye devamlı olarak çekiçle vurulması.
- Sürekli bir sireni duraklı bir sesle değiştirme.

B. Eğer bir hareket periyodik ise periyot büyüklüğünü veya frekansını değiştirme.

- Bilgi aktarmak için Mors alfabesi yerine frekans değiştirmeyi kullanma.
- Sürekli bir sireni genliğini veya frekansını değiştiren bir ses ile değiştirme.

C. Farklı bir hareket elde etmek için itmeler arası duraklamaların kullanılması.

- Kalp masajında her 5 göğüs masajından sonra nefes verme.

20. Yararlı hareketlerin sürekliliği

A. Sürekli çalışmanın sürdürülmesi, bir nesnenin tüm parçalarının her zaman tam yükle çalışmasının sağlanması.

- Hidrolik sistemin araç durduğunda enerji depolaması, böylece motorun optimum güçte çalışmasını sağlaması.
- Optimum ilerleme hızına ulaşmak için fabrikadaki darboğaz işlemlerinin sürekli olarak çalıştırılması.

B. Tüm boş, bir gelip bir giden hareket ve işleri elimine etmek

- Yazıcı taşıyıcısının geri dönüşünde yazdırma yapılması.

21. Acele etme

A. Bir süreci veya belirli aşamalarını yüksek hızda götürmek.

- Dokunun ısınmasını önlemek üzere yüksek hızlı dişçi delgisi kullanılması.
- Nesnenin şeklinin bozulmasını engellemek için ısının malzemede yayılımından daha hızlı olarak plastik parçayı kesmek.

22. Zararı yarara dönüştürme (Limonları limonataya çevirmek)

A. Olumlu bir etki elde etmek için zararlı etkileri (özellikle çevrenin zararlı etkilerini) kullanmak.

- Çöpten elektrik elde etme.
- Bir sürecin atıklarını geri dönüşümle başka bir sürecin hammaddesi haline getirme.

B. Problemi çözmek için birincil zararlı etkiyi başka bir zararlı etki ekleyerek ortadan kaldırmak.

- Korozyon üreten bir çözeltiye depolama malzemesi ekleme.
- Dalmak için helyum-oksijen karışımı kullanarak, hem nitrojen narkozunu ve havadaki oksijen ve diğer nitroks karışımlarının zehirleme etkisini yok etmek.

C. Zararlı bir etkiyi daha fazla zararlı olmayacağı dereceye kadar genişletme.

- Bir orman yangınında körüklemeyi yok etmek için başka bir ateş çıkarma.

23. Geri-besleme

A. Bir süreci veya eylemi geliştirmek üzere geri besleme sağlama.

- Ses devrelerinde otomatik ses kontrolü.
- İstatistiksel Süreç Kontrol, ölçümlerin bir sürecin ne zaman değiştirileceğine karar vermek için kullanılması.
- Bütçeler, ölçümlerin bir sürecin ne zaman değiştirileceğine karar vermek için kullanılması.

B. Eğer geri besleme kullanılıyorsa büyüklüğünü veya etkisini değiştirme.

- Havaalanının 5 mil yakınındayken otomatik pilotun hassaslığını değiştirme.
- Soğuturken enerjiyi daha az etkin kullandığından termostatın ısıtmaya karşı soğutma hassaslığını değiştirme.
- Bir yönetim ölçütünü, bütçeden müşteri memnuniyetine çevirme.

24. Aracı kullanma

A. Aracı taşıyıcı bir parça veya aracı süreç kullanma.

- Çekiç ile çivi arasında kullanılan marangozun çivi seti.

B. Bir nesneyi geçici olarak kolaylıkla çıkarılabilen bir diğeriyle birleştirme.

- Tabakları masaya taşıyacak bir tepsi.

25. Kendi kendine hizmet

A. Bir nesnenin yardımcı faydalı fonksiyonlar yerine getirerek kendine hizmet etmesi.

- İçecekleri gazlı hale getirmek için kullanılan karbon dioksitin basıncı üzerinde çalışan bir soda havuzu pompası.
- Halojen lambalar kullanımları sırasında filamenti tekrar üretir, buharlaşan materyal tekrar depolanır.
- Çeliği alüminyuma kaynatmak için 2 malzemenin bantlarından oluşan bir yüzeyin yaratılması.

B. Atık kaynakların, enerji ve maddelerin kullanılması

- Bir süreç sonucunda ortaya çıkan ısının elektrik üretiminde kullanılması.

- Hayvan atıklarının gübre olarak kullanılması.
- Yiyecek ve çimen atıklarının gübre yaratmak için kullanılması.

26. Kopyalama

A. Pahalı, kırılgan, uygun olmayan nesneler yerine, daha basit ve ucuz kopyalarının kullanılması.

- Bir seminere katılmak yerine kasetten dinlemek

B. Bir nesnenin veya sürecin yerine görsel kopyalar kullanma

- Yerden inceleme yapmak yerine uzaydan çekilmiş fotoğrafları kullanmak.
- Bir nesneyi ölçmek için fotoğrafını kullanma.
- Doğrudan riskli ölçüm yapmak yerine fetüsün sağlığını değerlendirmek için sonogram kullanmak.

C. Eğer görsel kopyalar mevcutsa, kızıl ötesi veya ultraviyole kopyaları kullanma.

- Kızıl ötesi görüntülerle ısı kaynaklarını, mahsullerdeki hastalıkları veya bir güvenlik sistemine davetsiz giren misafirleri tespit etmek.

27. Ucuz kısa ömürlü nesneler

A. Pahalı olmayan bir nesneyi hizmet ömrü gibi bazı kaliteleri kabul edilebilir olan birden çok ucuz nesneyle değiştirme.

- Dayanıklı nesneleri temizleme ve saklama maliyetinden kaçınmak üzere bir kere kullanıldıktan sonra atılabilen kağıt nesnelerin kullanılması. Kağıt bardaklar, bebek bezleri, tıbbi malzemelerin birçoğu.

28. Mekanik sistemin ikamesi

A. Mekanik bir aracı duyumsal (optik, akustik, tat veya koku) araçlarla değiştirme.

- Bir kediyi veya köpeği kapatmak için fiziksel çit yerine akustik (hayvan tarafından işitilebilir sinyal) çit kullanılması.
- Mekanik veya elektrikli algılayıcı yerine doğal gaz içine kötü kokan bir bileşik koyarak sızdırma alarmı yapmak.

B. Nesneyle etkileşmesi için elektrik, manyetik, elektromanyetik alanların kullanımı.

- İki tozu karıştırmak için, birini elektrostatik olarak pozitif diğerini negatif yükleme.

C. Statik alanlardan hareket edebilir alanlara, yapısal olmayandan yapısal alanlara doğru değişim.

- İlk iletişim cihazları 360 dereceye yayın yaparken şimdi çok detaylı radyasyon kalıbının yapısına sahip antenler kullanılmaktadır.

D. Aktive edilmiş alan parçacıkları ile birleşen alanların kullanılması.

- Ferromanyetik malzeme içeren bir maddenin değişken manyetik alan kullanılarak ısıtılması. Curie sıcaklığına erişildiğinde malzeme paramanyetik olacak ve ısıyı içine emmeyecektir.

29. Pnömatik ve hidrolik

A. Katı parçalar yerine bir nesnenin gaz ve sıvı parçalarının kullanılması (hava yastığı, hidrostatik, sıvıyla doldurulmuş, vb.)

- İçine jel doldurulmuş rahat ayakkabı tabanları.
- Hidrolik sistemde bir aracı yavaşlatarak enerji depolamak ve depolanan enerjiyi daha sonra hızlandırmak için kullanmak.

30. Esnek kabuklar ve ince filmler

A. 3 boyutlu yapılar yerine esnek kabuklar ve ince filmler kullanılması.

- Tenis kortlarında kışın koruma için şişirilebilir (ince filmler) yapılar kullanılması.

B. Nesneyi esnek kabukları ve ince filmler kullanarak dış çevreden ayırmak.

- Su deposunda buharlaşmayı sınırlandırmak için iki kutuplu bir film yüzdürmek.

31. Gözenekli malzemeler

A. Nesnenin gözenekli hale getirilmesi veya gözenekli maddeler eklenmesi.

- Bir yapının ağırlığını azaltmak için delikler açılması.

B. Eğer bir nesne gözenekliyse gözeneklerin faydalı bir fonksiyon yerine getirmesi.

- Bağlantıdan fazla lehimi kaldırmak için gözenekli metal tel kullanılması.
- Palladium süngerinin gözeneklerinde hidrojen saklanması.

32. Renk değiştirme

A. Nesnenin veya dış çevrenin renginin değiştirilmesi.

- Fotoğraf için karanlık odada güvenli ışıklar kullanılması.

B. Nesnenin veya dış çevrenin saydamlığının değiştirilmesi.

- Saydam bir yara bandı ile bandı çıkarmadan yaranın durumunun gözlenmesi.

33. Homojenlik

A. Nesnelerin aynı malzemeden nesnelerle (veya benzer özellikli nesnelerle) etkileşime girmesi.

- Kimyasal reaksiyonları azaltmak için kapların ve içindekilerin aynı malzemeden olması.
- Elmas kesme aletinin elmastan yapılması.

34. Gözden çıkarma ve yeniden ele alma

A. Bir nesnenin fonksiyonları yerine getirmiş olan parçalarını atmak veya işlem sırasını değiştirmek.

- Eriyen kapsülü tıpta kullanma.
- Su buzunun veya karbon dioksitin (kuru buz) dövülmüş yer yapısı için geçici bir baraj olacak şekilde bir kalıp yapmak için kullanılması.

B. Aksi şekilde nesnenin bir operasyonda tüketilen parçalarını saklamak.

- Kendi kendine bilenen çim biçme makinesi bıçakları.
- Otomobil motorlarının çalışırken kendilerini ayarlamaları.

35. Parametre değişikliği

A. Nesnenin fiziksel halinin değişmesi (gaz, sıvı, katı).

- Hacmi azaltmak için oksijen, nitrojen, petrolün gaz yerine sıvı halinde taşınması.
- Şekerlerin içini dolduran sıvının dondurularak erimiş çikolata içine batırılması.

B. Konsantrasyonunu veya yoğunluğunu değiştirme.

- Doğru miktarda dağılmasını kolaylaştıran ve birkaç kişi tarafından paylaşıldığında daha sağlıklı olan sıvı el sabununun kullanım sırasında kalıp sabundan daha yoğun ve daha yapışkan olması.

C. Esneklik derecesini değiştirmek.

- Konteynerin duvarlarının hareketini sınırlandırarak konteynerin içine düşen parçaların çıkardığı sesi azaltmak için ayarlanabilir damper kullanılması.
- Esnekliği ve dayanıklılığı değiştirmek için kauçuğu kükürtle işleme.

D. Sıcaklığı değiştirmek.

- Ferromanyetik bir maddeyi paramanyetik hale dönüştürmek için sıcaklığı Curie noktasına çıkarmak.
- Gıdayı pişirmek için sıcaklığı arttırmak (tadı, kokuyu, dokuyu, kimyasal özellikleri, vb. değiştirir)
- Tıbbi örneklerin sonraki analizlerde kullanılabilmesi için sıcaklıklarının düşürülmesi.

36. Hal geçişleri

A. Hal geçişleri sırasındaki tabiat olaylarının kullanılması

- Isı pompalarının faydalı iş yapmak için kapalı termodinamik döngünün buharlaşma ve yoğunlaşma ısısını kullanması.

37. Isıl genleşme

A. Malzemelerin ısıl genleşme ve büzülmelerinin kullanılması.

- Sıkı bir contayı iç kısmını soğutup büzüşmesini sağlayarak ve dış kısmını ısıtıp genleşmesini sağlayarak, contayı birleştirip denge durumuna dönme.

B. Eğer termal genleşme kullanılıyorsa farklı genleşme katsayıları olan birçok malzemenin kullanılması.

- Basit yaprak yay termostatı. Farklı genleşme katsayılarına sahip iki metal bağlanır ve böylece nominal değerden daha sıcak olduğunda beraber bir tarafa, soğuk olduğunda öbür tarafa eğilir.

38. Kuvvetli oksitlendiriciler

A. Normal havayı oksijen ile zenginleştirilmiş havayla değiştirme.

- Dalışta uzun süreli dayanma için Nitroks veya diğer hava harici karışımların kullanılması.

B. Zenginleştirilmiş havayı, saf oksijen ile değiştirme.

- Anaerobik bakterileri öldürmek ve tedaviye yardımcı olmak için yaraları yüksek basınçla oksijenli ortamda tedavi etme.

C. Radyasyonu iyonize etmek üzere hava ve oksijen açığa çıkarma.

D. İyonize edilmiş oksijen kullanma.

- Hava temizleyicideki kirlilikleri yok etmek için iyonize hava kullanma.

E. İyonize edilmiş oksijeni ozonla değiştirme.

- Gazı kullanmadan önce iyonize ederek kimyasal reaksiyonları hızlandırma.

39. Eylemsiz atmosfer

A. Normal çevreyi eylemsiz çevre ile değiştirme.

- Sıcak metal filamentin küçülmesini önlemek için argon atmosfer kullanma.

B. Bir nesneye nötr parçalar veya eylemsiz ekler ekleme.

- Toz deterjana eylemsiz maddeler ekleyerek hacmini arttırma. Bu, konvansiyonel araçlarla ölçümü kolaylaştırır.

40. Kompozit malzemeler

A. Tek malzemeden, birçok parçadan oluşan kompozit malzemeye dönüşme.

- Fiberglas sörf tahtalarının tahta olanlardan daha hafif, daha kontrol edilebilir ve çeşitli şekillere sokulmasının daha kolay olması.

Aşağıda 39 mühendislik parametresi, Çelişkiler Matrisi ve 40 buluş prensibinin kullanılmasıyla çözülen bir yaratıcı problem örneği yer almaktadır [6]. Problem gazlı içecek kutusu veya gazlı içecek içerecek bir sistemin geliştirilmesidir. Çalışma ortamı, depolamak amacıyla gazlı içecek içeren kutuların üst üste konulduğu bir bölgedir. Kullanılabilecek kaynaklar; dolu kutuların ağırlıkları, kutu iç basıncı ve kutunun sağlamlığıdır. Ana yararlı işlev, kutuların gazlı içecek içermesidir. Zararlı etkiler ise kutu malzemesinin fiyatı ve kutu üretimi ve depolama alanını kullanmaktır. İdeal sonuç ise, kutuların üst üste depolamada bir insan boyunu geçmeyecek şekilde olmasıdır.

Üst üste ne kadar kutu konulacağını kontrol etmek zordur. Zararlı etkilerden olan kutu ham maddesinin maliyeti, kutuyu ucuza üretmeyi dayatan bir kavramdır.

Kutunun yan yüzeylerinin ince yapılması durumunda, kullanılacak malzeme azalır ve maliyet düşer; ancak bu durumda üst üste konularak depolama yapılmak istendiğinde kutular düşen dayanımları nedeniyle yük taşıyamaz hale gelirler. Bu durumda ortaya şu çelişki çıkar: düşük maliyet için kutunun yan yüzeyleri ince olmalı ancak depolamada ortaya çıkan yükü taşıyabilmelidir.

Kutunun yan yüzeylerinin inceltilmesi, 39 mühendislik parametresi arasından 4 numaralı parametreye karşılık gelir: hareketsiz nesnenin boyutu. Boyut olarak, uzunluk, genişlik, yükseklik, çap gibi kavramlar anlaşılır. Yüzeylerin boyutu inceltilirse, depolama ağırlığına karşı dayanımda azalma olacaktır. Bu da, 11 numaralı Gerilim, basınç parametresinin karşılığıdır. İyileştirilmek istenen özellik (dikey eksen) hareketsiz nesnenin boyutu yani kutunun yüzeyinin kalınlığıdır, kötüleşen özellik ise gerilim yani yük dayanımının azalmasıdır. Şekil 3.10'da bir kısmı gösterilen Çelişkiler Matrisine bakıldığında, 4 ve 11 numaralı parametrelerin kesiştiği hücrede 1, 14 ve 35 numaralı buluş prensiplerinin yer aldığı görülür. Aşağıda bu parametrelerin açıklamaları yer almaktadır.

1. Dilimlemek, bölmek, parçalamak

Nesneyi bağımsız parçalara bölme.

Nesnenin kolayca demonte olmasını sağlama.

Bölünme ve parçalanma derecesini arttırma.

14. Küresellik, eğrilik

Düz hatlı parçalar, yüzeyler, şekiller yerine kavisli olanların kullanılması; düz yüzeylerden, küresel yüzeylere; küp şeklindeki parçalar yerine küre şeklindeki yapılara geçilmesi.

Silindirler, toplar, helezonlar, kubbelerin kullanılması.

Doğrusal hareketlerden dönen hareketlere doğru gidilmesi, merkezkaç kuvvetinin kullanılması.

35. Parametre değişikliği

Nesnenin fiziksel halinin değişmesi (gaz, sıvı, katı).

Konsantrasyonunu veya yoğunluğunu değiştirme.

Esneklik derecesini değiştirme.

Sıcaklığı değiştirme.

	Kötüleşen Özellik → / İyileşen Özellik ↓	1 Hareketli nesnenin ağırlığı	2 Sabit nesnenin ağırlığı	3 Hareketli nesnenin uzunluğu	4 Sabit nesnenin uzunluğu	5 Hareketli nesnenin alanı	6 Sabit nesnenin alanı	7 Hareketli nesnenin hacmi	8 Sabit nesnenin hacmi	9 Hız	10 Kuvvet (şiddeti)	11 Gerilim veya basınç
1	Hareketli nesnenin ağırlığı	+	-	15, 8, 29,34	-	29, 17, 38, 34	-	29, 2, 40, 28	-	2, 8, 15, 38	8, 10, 18, 37	10, 36, 37, 40
2	Sabit nesnenin ağırlığı	-	+	-	10, 1, 29, 35	-	35, 30, 13, 2	-	5, 35, 14, 2	-	8, 10, 19, 35	13, 29, 10, 18
3	Hareketli nesnenin uzunluğu	8, 15, 29, 34	-	+	-	15, 17, 4	-	7, 17, 4, 35	-	13, 4, 8	17, 10, 4	1, 8, 35
4	Sabit nesnenin uzunluğu		35, 28, 40, 29	-	+	-	17, 7, 10, 40	-	35, 8, 2,14	-	28, 10	1, 14, 35
5	Hareketli nesnenin alanı	2, 17, 29, 4	-	14, 15, 18, 4	-	+	-	7, 14, 17, 4		29, 30, 4, 34	19, 30, 35, 2	10, 15, 36, 28
6	Sabit nesnenin alanı	-	30, 2, 14, 18	-	26, 7, 9, 39	-	+	-		-	1, 18, 35, 36	10, 15, 36, 37
7	Hareketli nesnenin hacmi	2, 26, 29, 40	-	1, 7, 4, 35	-	1, 7, 4, 17	-	+	-	29, 4, 38, 34	15, 35, 36, 37	6, 35, 36, 37
8	Sabit nesnenin hacmi	-	35, 10, 19, 14	19, 14	35, 8, 2, 14	-		-	+	-	2, 18, 37	24, 35
9	Hız	2, 28, 13, 38	-	13, 14, 8	-	29, 30, 34	-	7, 29, 34	-	+	13, 28, 15, 19	6, 18, 38, 40

Şekil 3.10 Çelişkiler Matrisinin bir bölümü

Bulunan prensiplerden, buluş prensibi 1.C kullanılarak, kutunun duvarlarını düz yapmak yerine dalgalı birçok küçük yüzeylerden oluşacak şekilde yapmak olanaklıdır. Bu aynı zamanda ince malzeme kullanılırken yüzeyin yük taşıma kapasitesini artıracaktır. Buluş prensibi 14.A kullanılırsa, kutu kenarlarına kaynatılan kapakların birleşim yerleri dik açılı yapmak yerine kavisli yapılabilir. Buluş prensibi 35.B ile daha dayanıklı malzeme için alaşımlı metal kullanarak kutunun yük taşıma kapasitesi arttırılabilir.

Teknik çelişkilerin yanı sıra içinde sertlik, yumuşaklık gibi fiziksel bir parametre barındıran çelişkiler de bulunmaktadır. Bunlar TRIZ yönteminde fiziksel çelişki olarak adlandırılmıştır. Fiziksel çelişki, bir sistemin bir özelliğinin aynı anda iki zıt durumda olması gerekliliğinde ortaya çıkar. Bu çelişkileri çözümlemek için TRIZ'de dört Ayrılık Prensibi tanımlanmıştır [62]:

1. Zamanda ayrılık
2. Uzayda ayrılık
3. Sistemin bütünü ve parçaları arasındaki ayrılık

4. Koşula göre ayrılık

Zamanda ayrılık prensibi, örneğin yeni bir fikir geliştirme sürecinde, yenilikçilik ile disiplinli düşünmeyi ayırmakta ortaya çıkar. Yeni fikirler geliştirildiğinde, yeni fikir üretmeyi buluştan ayırma ihtiyacının tanınması da olabilir [63]. Mevcut iş faaliyetleriyle ilgisi olmayan yeni konuları tartışmak için özel zamanlar ayırma düşünülebilir.

Küçük delikli bir iğneden iplik geçirmek problemi ile karşılaşıldığında, deliğin büyütülmesi iplik geçirmeyi kolaylaştırırken düzgün dikişi zorlaştırmaktadır. Bu problem, TRIZ açısından bir fiziksel çelişki olarak ifade edildiğinde, iğne deliğinin, ipliğin geçebilmesi için büyük, uygun bir dikiş için küçük olması gerektiği ortaya çıkar [62]. Deliğin boyutu parametresi, aynı anda birbirine zıt iki özelliği taşımalıdır. Zamanda ayrılık prensibi kullanılarak çelişkiyi tanımladığımızda, iğne deliğinin iplik geçirme sırasında küçük, dikiş dikme sırasında büyük olması gerekliliğinin formülasyonu elde edilir. Bu çelişkiyi çözebilmek için aynı uzunlukta, burulmuş iki ince telden bir iğne tasarlanmıştır. Teller bir uçlarından kaynatılmış, üç tur bükülmüş ve diğer uçlardan da kaynatılmıştır. Sonuçta ortaya çıkan iğne, normal bir iğneye benzerken yavaşça açıldığında, ipliğin kolaylıkla geçebileceği büyük bir delik ortaya çıkmaktadır. Serbest bırakıldığında, iğne ilk haline dönmekte ve ipi kavramaktadır.

Uzayda ayrılık prensibinde, çelişki yaratan parametrenin her yerde mi, yoksa sadece belirli bölgelerde mi olması gerektiği sorularına cevap aranmaktadır [62]. Sadece yeni iş fikirlerinin tartışılacağı özel bir odanın ayrılması, daha az disipline bir yaklaşımla tartışma yapmak için ayrı bir toplantı yerinin düzenlenmesi veya şirket dışında bir toplantı yeri belirlenmesi uzayda ayrılık prensibine uygundur.

Metal parçaları boyarken, boya sıvısının daha sıcak olması süreci hızlandırırken, yüksek ısı sıvının ayrışmasına yol açar. Burada yaratıcı çözüm, metal parçadan elektrik akımı geçirerek sıcaklığı arttırmaktır. Bu durum boyanın metale sürülen kısmının ısınmasını ancak geri kalan boyanın soğuk kalmasını sağlar [64]. Uzayda ayrılık prensibi için patateslerin üzerinde üreyen bakterilerin çürümeye neden olduğu problem örnek olarak verilebilir. Bakterileri öldürmek için yüksek ısı gerekmektedir; ancak sıcaklık çok yükselirse patatesler pişecektir. Eğer 4–8 saniye arası gibi çok kısa bir süre için 500–800 derece gibi çok yüksek sıcaklıklar uygulanırsa, patates pişmeden üzerindeki bakterileri öldürmek mümkün olacaktır.

Zamanda ayrılık ve uzayda ayrılık prensipleri, trafiğin akışının kesilmemesi gereken otoyol problemi için de uygulanabilir. Zamanda ayrılık prensibinde, trafik ışıkları ve trafik polisi kullanarak kontrollü geçişe veya belirli zamanlarda belirli yerlere dönüşe izin vermek gibi çözümler üretilebilir. Uzayda ayrılık prensibi uygulandığı taktirde, alttan veya üstten geçen yolların inşa edilmesi çözüm olarak sunulabilir.

Sistemin bütünü ve parçaları arasındaki ayrılık prensibine örnek olarak, şirkete yeni faaliyetler getirmek konusunda tam yetkiye sahip bir yöneticinin etrafına bu yeni faaliyetleri araştırmak için çalışan tamamen ayrı bir grubun getirilmesi verilebilir. Bir bisiklet zinciri ele alınırsa, zincir bir döngüyü geçebilmek içi esnek, pedaldan gelen yükleri karşılayabilmek için rijit olmalıdır. Sistemin bütünü ve parçaları arasındaki ayrılık prensibi uygulanırsa çözüm büyük ölçekte esnek, küçük ölçekte rijit bir bağlantılar zinciri kullanmaktır.

Yüksek kar elde edebilmek için büyük olmak ve ek kaynaklara sahip olmak zorunda olan bir şirket, büyüdükçe çalışma esnekliğini kısıtlayan bürokratik problemler yaşamaya başlar. Fiziksel çelişki, şirketin hem büyük hem de küçük olması gerekliliğidir. Bu prensip kullanılarak söz konusu şirketi, küçük, farklı alanlarda çalışan şirketlere bölüp bu şirketleri ortak bir şemsiye altında toplamak suretiyle çözüm üretilebilir.

Yeni bir patentin sunulması, rekabetçi bir birleşmenin duyurulması gibi gerçek veya hayali bir koşul tarafından tetiklenen simüle edilmiş bir uygulama ele alınırsa, bu durum gerçek veya hayali olsun, organizasyonun yapabilecekleri ile ilgili fikirler geliştirmek için kullanılabilir. Çocukların duvarlarını boyamasını engelleyen ve sadece özel kağıda boya yapabilen kalemler koşula göre ayrılık prensibine bir örnektir. Gözlükler, birçok ayrılık prensibi için iyi bir örnektir. Çift odaklı gözlükler uzayda ayrılık, çalışma durumuna göre gözlük değiştirmek zamanda ayrılık, güneş ışığında kararan gözlükler ise koşula göre ayrılık prensibine uygundur.

Ayrılık prensipleri, teknik ve teknik olmayan problemlerin çözümünde kullanılabilirler [63]. Genellikle bu prensipler, çözülmesi çok zor gözüken teknik problemlerin ortadan kaldırılmasında kullanılmıştır. Hali hazırda, TRIZ yazılım paketlerinde yer alan yazılım algoritmaları ile birlikte bu prensipler, günlük teknik problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Ancak çelişkiler, sadece mühendislik veya üretim fonksiyonlarında ortaya çıkmadığı için ayrılık prensiplerini

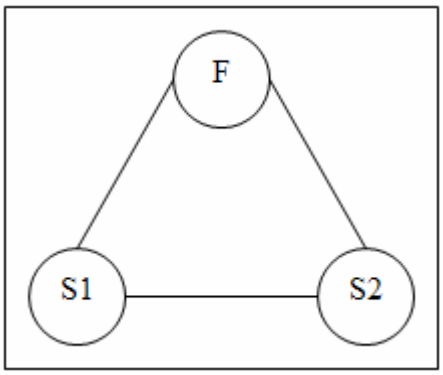
organizasyonel türde problemlere uygulamak da mümkündür. Ayrılık prensipleri birçok teknik problemin çözümünde rüştünü ispat etmiş olmakla birlikte, iletişim, organizasyonel yapı, personel değerlendirme ve geri besleme ve iş fonksiyonları gibi teknik olmayan problemler için de uygulanabilir.

Her teknik çelişkinin fiziksel bir çelişki içermesi ve fiziksel çelişkilerin daha az sayıda prensip gerektirmesi, çelişkinin, fiziksel çelişkiye dönüştürülmesi yolunun daha verimli olabileceğini gösterir. Fiziksel bir çelişki, bir değişkenin kendisiyle çelişmesi durumunda ortaya çıkar. Bir arabanın yakıt ekonomikliği ve park kolaylığı açısından küçük; kolay çıkış ve paket taşıma için büyük olması gerekir. Genellikle, fiziksel çelişkilerin tanımlanması için teknik çelişkilerden başlamak doğru bir yöntemdir [64]. TRIZ'in araştırma bulguları kullanılırken, en kapsamlı çözümlerin fiziksel çelişki formülasyonundan, en kuralcı çözümlerin ise teknik çelişki formülasyonundan geldiği görülmektedir. Eğitim aşamasında, insanlar ilk önce yöntemin çok somut olması sebebiyle teknik çelişkileri öğrenip ardından her iki yöntemi, üzerinde çalışılan probleme göre dönüşümlü olarak kullanmaktadır [41].

3.5.2. Madde - Alan Analizi

Her sistemin alt sistemlerinin olması ve her alt sistemin bir üst sisteme ait olması durumu, Altshuller'in yöntemini geliştirirken temel aldığı ve her teknik sistemin özel bir fonksiyon yerine getiren alt sistemler ağından oluştuğunu belirten düşüncesinin sonucudur. Alt sistem yapısı, parçacık, atom seviyesine kadar bölünebilen bir yapı olup, üst seviyelere gittikçe ortaya çıkan üst sistemlerin basitten karmaşığa doğru giden bir özellik kazandığı görülür. Sonunda süper sisteme varılır ve çevre de süper sistemlerin süper sistemi olarak hiyerarşiyi tamamlar [5].

Mevcut veya yeni teknolojik sistemlerle ilgili problemler için fonksiyonel modeller üretmek amacını güden TRIZ'in analitik bir aracı olan Madde-Alan analizinde de her sistemin belli bir fonksiyon yerine getireceği kabulü vardır [42]. TRIZ'in bu aracında, bir fonksiyon, bir nesne (S2) tarafından yerine getirilen ve başka bir nesneye (S1) karşı bazı araçlar (F) yardımıyla gerçekleştirilen bir hareket olarak tanımlanmaktadır. Şekil 3.11'deki gibi iki nesne ve bir eylemin veya etkileşimin gösterildiği bir üçgen ile bu durum modellenmektedir. Burada eylem veya etkileşim "alan" olarak isimlendirilmiştir. Modeldeki maddeler aynı zamanda "üzerinde çalışılacak nesne" (S1) ve "işi yapan nesne" (S2) olarak da adlandırılırlar [7].



Şekil 3.11 Madde-Alan Modeli (Üçgeni)

Madde-Alan analizinde problemleri modellemek ve teknik sistemleri tarif etmek için grafik anlamlı bir dil kullanılır [56]. TRIZ'in de fizik veya kimyadakine benzer, en basit teknik nesne organizasyonuna göre düzenlenmiş sembollere dayalı bir dili bulunmaktadır. Her bir nesne belirli bir karmaşıklık derecesine sahip en az bir maddeye (S) sahip olup, yerçekimsel veya manyetik kuvvet, bir akım (ısı veya elektrik gibi) veya bir sinyal (ses veya ışık gibi) gibi en az bir alan (F) ile etkileşime girer.

İlk aşamada, problemi tanımlamak için kullanılan Madde-Alan analizi, ilgi alanına odaklanmak amacıyla gerçekleştirilir. Analiz bir sisteme uygulanabileceği gibi, genellikle iki maddenin arayüzüne karşılık gelen sistemin bileşenleri seviyesinde de uygulanabilir. İki madde ve bir alan, çalışan bir teknik sistemi tanımlamak için gerek ve yeter şarttır. Madde Alan analizinde 4 tane temel model bulunmaktadır [65]:

1. Etkili bütün sistem
2. Bütün olmayan sistem (Tamamlamayı veya yeni sistemi gerektirir)
3. Etkili olmayan bütün sistem (İstenilen etkiyi yaratmak için iyileştirme gerektirir)
4. Zararlı bütün sistem (Olumsuz etkinin giderilmesini gerektirir)

Düzgün olarak fonksiyonunu yerine getiren her sistem, Madde-Alan üçgeni ile modellenebilir. Sistemin üç unsurundan birinin eksikliği veya verimsiz, istenmeyen bir fonksiyonun gerçekleşmesi, bu üçgendeki bir sapmayı ve dolayısıyla bir problemin varlığını ortaya koyar. Madde-Alan analizi ile modelin nerede tamamlanması gerektiği bulunarak yenilikçi düşünceye yol açılır. Unsurlarda herhangi bir eksik olmamasına rağmen bir problemin çözülmesi gerekiyorsa, bu analiz daha iyi performans elde etmek için sistemde değişiklik yapmanın yolunu

gösterir. Bu durum, özellikle bir tasarımda kökten bir değişikliğin olanaklı olduğu durumlarda geçerlidir.

TRIZ'in benzetim düşüncesine bağlı olarak, problem çözme geometrisi içinde üçlü bir teknik sistemin kendine ait kurallar dizisine sahip olması gerektiği görülür [65]. Bu kurallar dizisi, 76 standart çözüm ile beraber Madde-Alan analizi için basit yapıların modellenmesine izin vermektedir.

Madde-Alan analizinde model kurulurken, ana unsurlar olan maddeler ve alan hakkında bilgi sahibi olunması şarttır. Kendisi de bir tür enerji olan alanın görevi, bir etki yaratabilmek için enerji, kuvvet veya tepki sağlamaktır. Bu etki, S1 üzerine etkiyebileceği gibi alan bilgisinin çıktısı da olabilir. Alan terimi, elektromanyetizma, yerçekimi, nükleer etkileşimler, vb. fiziğe ait alanları da içerecek şekilde geniş bir anlamda kullanılmaktadır. Isıl, kimyasal, mekanik, akustik gibi alanlar da modeller içinde kullanılmaktadır. Maddelere gelindiğinde, iki maddenin tekil nesneler, alt sistemler veya üst sistemler olabileceği görülür. Madde-Alan modelinin amacı da maddeler ile alan arasındaki ilişkiyi veya etkileşimi göstermektir. Sistemlerin karmaşıklığının artması durumunda birden çok sayıda ve birbirine bağlı Madde-Alan modelleri kurmak mümkündür. Madde-Alan modelini oluşturmak için 4 aşama tamamlanmalıdır [65]:

1. Unsurları belirlemek: Alan, ya iki madde üzerine etki ediyordur veya madde 2'nin içinde sistem olarak vardır.

Modeli yapılandırmak.

Bu iki adım tamamlandıktan sonra yapılması gereken, sistemin bütünlüğünü ve etkinliğini değerlendirmeyi durdurmaktır. Bir unsur eksikse bunun ne olduğu tanımlanmalıdır.

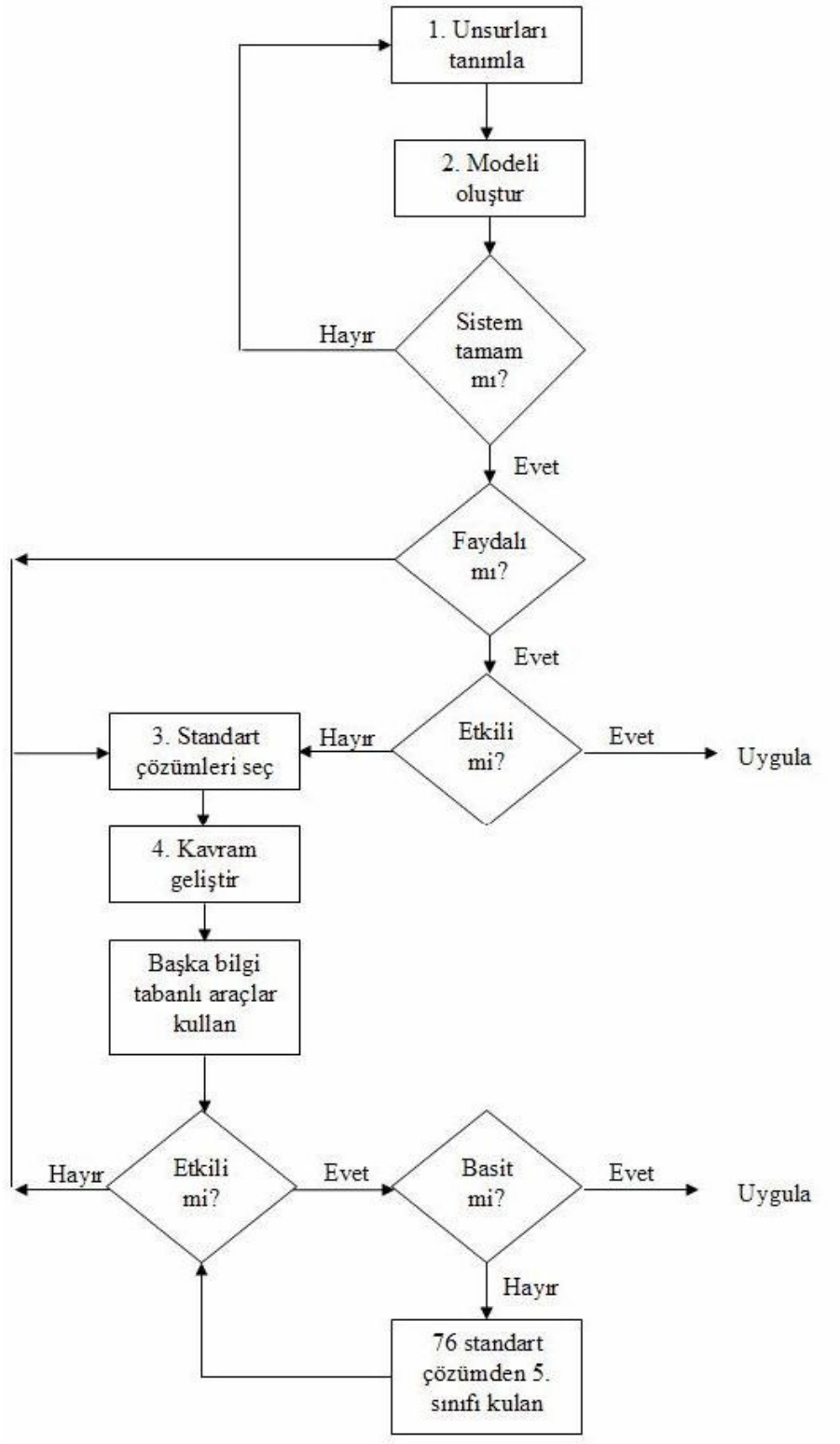
76 standart çözümdeki yer alan çözümleri dikkate almak.

Çözümü desteklemek için bir kavram oluşturmak.

3. ve 4. adımlarda gerçekleştirilen faaliyetler, TRIZ'in diğer bilgi tabanlı araçlarına kaymaktadır.

Şekil 3.12'de Madde-Alan analizinin nasıl uygulanabileceğini gösteren bir algoritma yer almaktadır. Tam bir model bulunana kadar 1. ve 2. adımlar arasında döngü devam etmektedir. 3. adıma geçildiğinde buradaki standart çözümler yenilikçi

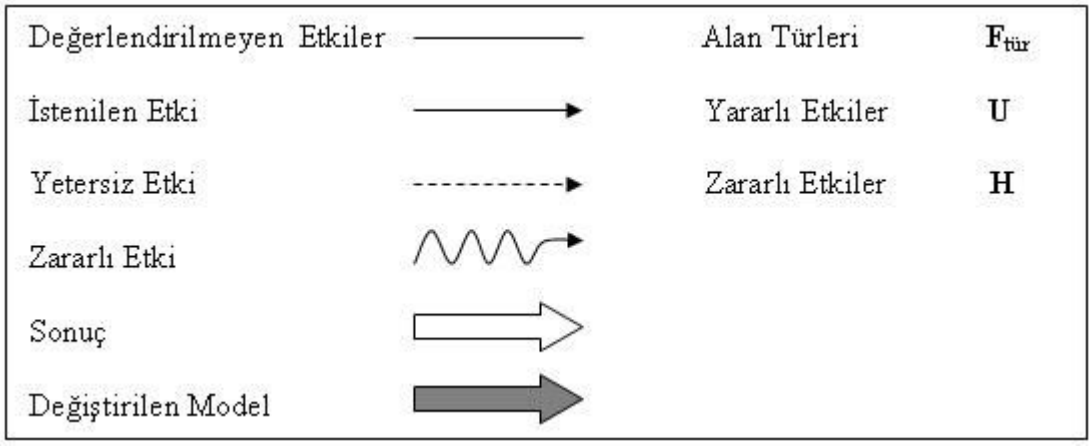
düşünmeyi teklif etmektedir. Bilgi tabanlı araçların kullanılması suretiyle temel yapının bloklarına alternatifler düşünülerek tamamlanmış sistem için alternatif yapılar göz önüne alınır.



Şekil 3.12 Madde-Alan analizi diyagramı

1974'te başlayıp üç yıl süren bir çalışma sonucu ortaya çıkan Madde-Alan analizinde her iyileştirme döngüsü kurulacak model ve yapılacak tercih sayısında artışa neden olmaktadır. Günümüzde orijinal çözümlerin rafine halleri olan 76 adet standart çözüm bulunmaktadır.

Bir malzeme, alet, parça, insan veya çevre olabilen maddeler (S1, S2) yapılan uygulamaya göre tanımlanırlar. Burada S1, sistemin hareketini karşılayan, S2 ise S1'e uygulanan enerjinin geçtiği yoldur. Enerji kaynağı veya alan (F) genellikle, Mekanik (Me), Isıl (Th), Kimyasal (Ch), Elektriksel (E), Manyetik (M) ve Yerçekimsel (G) olmaktadır. Alanlara atfedilen harfler farklı Madde-Alan analizlerinde kullanılmaktadır. Madde-Alan modeli içinde yer alan unsurların arasındaki ilişkileri göstermek için Şekil 3.13'te belirtilen bağlantı çizgileri kullanılmaktadır.



Şekil 3.13 Madde-Alan analizindeki ilişkiler

Madde-Alan analizinin çalışma yöntemini anlatabilmek için çekiç-taş örneğinden yararlanılacaktır. Örnekte, sıkıştırılmış havanın titreşimiyle hareket edebilen metal bir pistonu içinde bulunduran hidrolik bir çekiç ve bir taş vardır. Hava basıncının olmadığı veya taş ile çekiç arasındaki etkileşim bulunmadığı durumda herhangi bir eylem gerçekleşmez. Bu noktada, Madde-Alan analizindeki model, dört temel model oluşturma aşamasından geçilerek kurulacaktır [65]:

Birinci aşama unsurları belirlemektir. Burada görev taşı kırmaktır. Şekil 3.14'te belirlenen elemanlar görülmektedir.

Fonksiyon: Taşı kırmak

S1: Taş (eylemden etkilenen madde)

S2: Çekiç (eylemi gerçekleştiren madde)



Şekil 3.14 Madde - Alan modeli elemanları

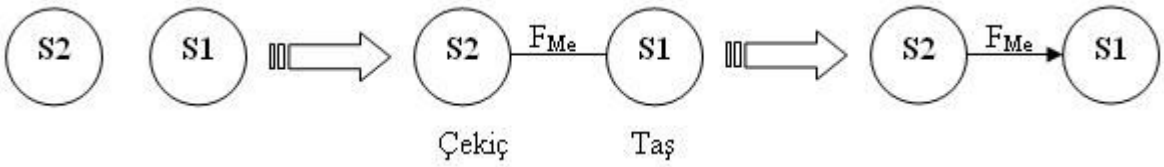
İkinci aşamada modeli yapılandırılması vardır. Bütün olmayan sistem ele alındığında şu bulgulara ulaşılır:

Modelde sadece taş maddesi (S1) varsa kırılmayacaktır, model tam değildir.

Modelde hem taş (S1) hem çekiç (S2) varsa, model yine tam değildir.

Taş (S1) ve alan olarak yerçekiminin (F) bulunması da model tamamlamaya yetmez.

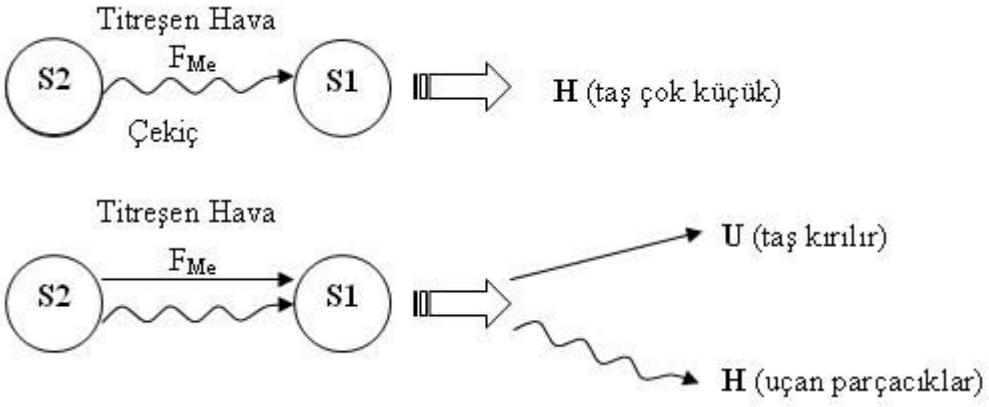
Eksik modellerde istenilen etki gerçekleşmez. Faydalı fonksiyonu oluşturmak için sistemin tamamlanması gerekmektedir. Tamamlanmış bütün sistem için titreşen mekanik kuvveti, çekiç vasıtasıyla taşın üzerine uygulayan pnömatik çekiçtir. Bu sefer sistemin performansı dikkate alınmamıştır. Modelin tamamlanması için mekanik etkinin (F_{Me}), çekiç (S2) tarafından taşa (S1) uygulanması gerekir. Şekil 3.15'te modelin tamamlanma safhaları yer almaktadır.



Şekil 3.15 Madde - Alan Modelinin tamamlanması

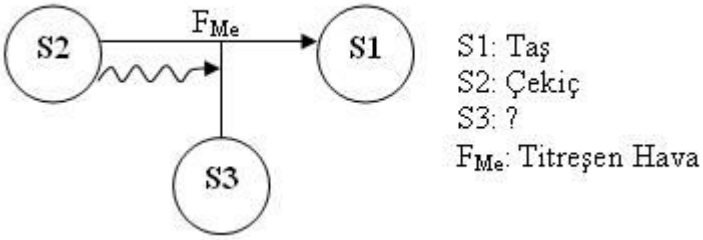
Sistemin analizi, tüm sistemin tamamlanmasından sonra mümkün olabilir. Değerlendirilmeyen etki düz bir çizgi ile gösterilirken bütün olmayan bir sistemin performansı değerlendirildiğinde üç tane olası cevapla karşılaşılır.

1. Etkili bütün sistem: Eğer sistem istenilen etkiyi sağlıyorsa analiz tamamlanmıştır. Mekanik alan olarak titreşen hava kullanılır. Eğer sistem istenilen etkiyi sağlıyorsa S1 ve S2 okla birbirine bağlanır.
2. Zararlı bir etki oluşur. Bu durumda 76 standart çözüm dikkate alınır.
3. Etkisiz sonuçlar ortaya çıkar. Bu durumda 76 standart çözüm dikkate alınır



Şekil 3.16 Zararlı bütün sistem

Üçüncü aşama 76 standart çözümden birini dikkate almaktır. S2 yerine S3 maddesini koymak veya alanı değiştirmek suretiyle yeni bir sistem seçeneği yaratılabilir. Örneğin S2 taşı kırabilecek büyük bir mengene olabilir. Ancak bu durumda F_{Me}, yani alan, titreşen hava değil insan gücü olacaktır. Şekil 3.17'de modele farklı bir alan eklenmesi durumu gösterilmiştir.

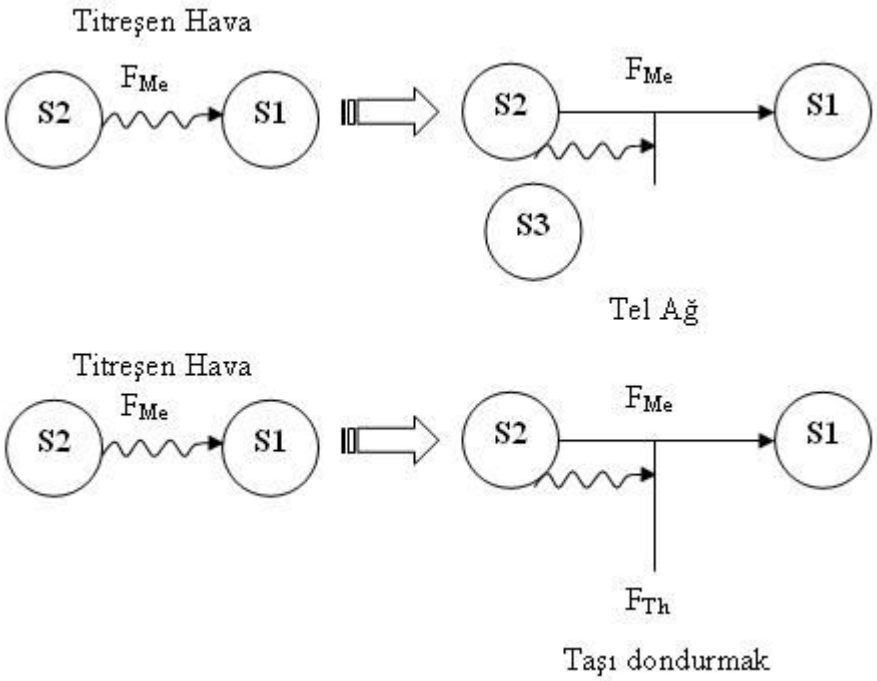


Şekil 3.17 Modele farklı bir alan eklenmesi

Dördüncü aşamada çözümü desteklemek için kavram geliştirmek yer almaktadır. Değişiklikler sadece problemin orijinal durumuna göre ayarlandığı için üçüncü aşamada ortaya konulan yapısal değişiklikler, değişikliği desteklemek için araştırma yapmaya yönlendirir ve yeni yönler tasarım çözümlerini araştırmak için sunulur. Burada zor olan, genel kavrama detay ekleyebilmektir ve TRIZ'in diğer araçları bunu yapabilmek için kullanılabilir.

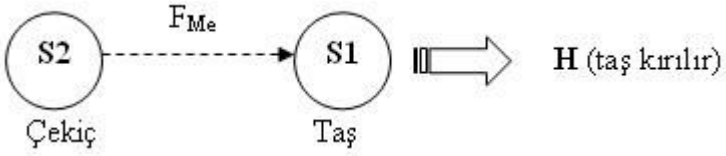
Zararlı bütün sistemde, standart çözümün uygulanması için iki yol bulunmaktadır. Bunlardan biri, başka bir maddenin diğeri başka bir alanın sisteme eklenmesidir. Bu örnekte, zararlı etki uçan parçacıklardır. Metal bir kutu veya tel bir ağ uçan parçacıkları tutmak üzere ek bir madde (S3) olarak sisteme eklenebilir ve zararlı etki giderilebilir. Mekanik alan yerine örneğin ısıl alan kullanmak da bir çözüm olabilir. Eğer taş nemliyse dondurma (F_{Th}) işlemi taşın üzerindeki suyun genleşerek taşı

parçalamasını sağlar. Zaman önemli bir konu değilse ve gerekli hava şartlarını sağlamak mümkünse hiçbir ek maliyet gerektirmeden kış mevsiminde bu deneme yapılabilir. Suyun genleşmesi taşta çatlaklara yol açacak ve bu oluşum, kırılmanın, parçacıkların havaya saçılmasını engelleyecek şekilde gerçekleşmesini sağlayacaktır. Bu yöntem mekanik etkiyi azalttığı için "süper etki" olarak da adlandırılabilir.



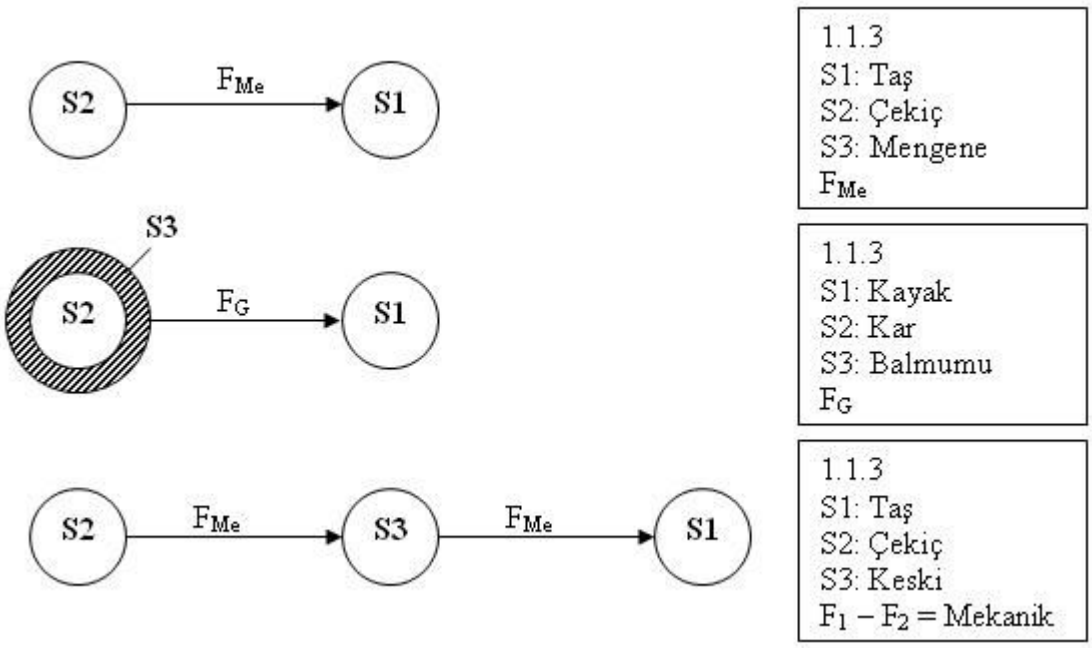
Şekil 3.18 Modele başka bir madde ve alan tanıtılması

Standart çözümlerin 1.1 ve 2.1.1 maddesinde yer alan etkili olmayan bütün sistemler ele alındığında madde ve/veya alan değişikliği yapmak olanaklıdır. Çalışılan örneğe göre Şekil 3.19'da etkili olmayan bütün sistem gösterilmiştir.



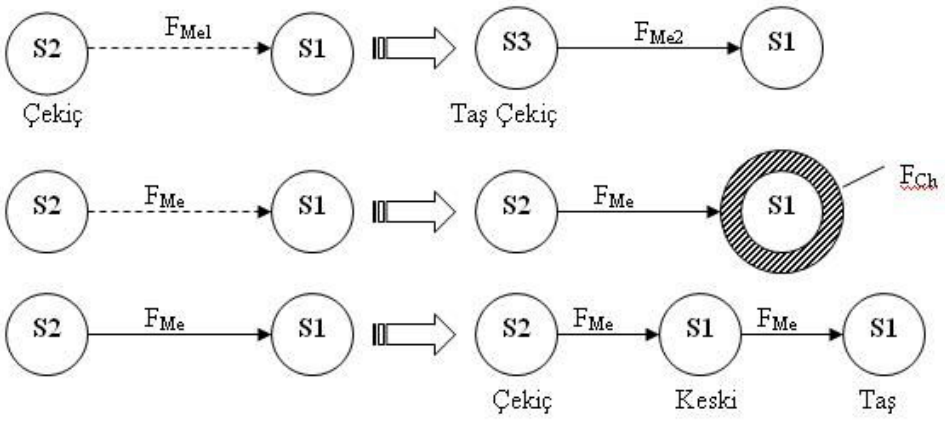
Şekil 3.19 Etkin olmayan bütün sistem

Madde veya alan değiştirmek suretiyle sistemde değişiklik yapılabilir. Örneğin mekanik kuvvet, titreşen hava yerine büyük bir mengenenin kullanılmasıyla insan gücüne dönüştürülebilir. Şekil 3.20'de çeşitli alternatifler sunulmuştur.



Şekil 3.20 Etkili olmayan bütün sistemlere farklı bir madde eklenmesi

Üçüncü aşamada bu değişiklikler yapıldıktan sonra, çözümü desteklemek için kavram geliştirme aşamasında etkili olmayan bütün sistem ele alınabilir. Taşın kırılması istenildiği gibi etkili ve yeterli olmayabilir. Orijinal çekiç kafası yerine taş çekiç kafası (S3) kullanmak, buhar oluşturmak üzere ısıl alan (F_{Th}) ve su (S3) kullanmak, taşı daha kolay kırmayı sağlayacak kimyasal bir alan (F_{Ch}) kullanmak gibi madde ve alan değişiklikleri yapılabilir. Bir madde ve alan eklemek için çekiç ile taş arasında bir keski (S3) yerleştirilebilir ve böylece 3 unsura sahip 2 sistem elde edilir. Hava basıncı (F_{Me1}) çekiç (S2) üzerinde etki ederek keskiye (S3) enerji aktarımı yapar; keski de bu enerjiyi taşa (S1) aktarır. Bahsedilen alternatifler Şekil 3.21'de gösterilmiştir.



Şekil 3.21 Etkin olmayan bütün sisteme madde, alan tanıtılması

Madde-Alan analizi, sadece mühendislik sistemlerini tanımlamaya uygun bir dil olmakla kalmaz, aynı zamanda bir problemi tanımlamak ve problemin üzerinde çalışmak için bir araçtır. Önceden yerleşmiş fikirlerin üstesinden gelmeye ve neyin, niçin yanlış olduğunu ve bunu geliştirmek için yolları anlamaya yardım eder. Madde-Alan analizinin, mühendislikte problem çözme için önemi, matematikteki sembolizm ile karşılaştırılabilir. Semboller, kelimeler ve belirli problemlerle düşünülen sınırlamalardan bağımsızdır [7].

3.5.3. Standart Çözümler

Birçok problem ve bunların çözümünü tanımlamak için aynı Madde-Alan modelini kullanmak mümkündür. Karmaşık yaratıcı problemlerin etkili çözümleri üzerine yapılan çalışmalarla, farklı Madde-Alan modelleri geliştirilebilmiş ve bunları problemlerin çözümlerinin Madde-Alan modelleri haline getirmek mümkün olmuştur [7]. Yaratıcı problemler için yapılan bu dönüşümler, yaratıcı kişilerin deneyimlerine dayanılarak geliştirilmiş ve Standart Çözümler olarak adlandırılmıştır. Bu deneyimin bilinçli bir şekilde kullanılması Standart Çözümlerin uygulanması anlamına gelir.

İyi anlaşıldıklarında ve uygulamaya konulabilmeleri için gereken deneyim var olduğunda karmaşık problemlerin çözümünde önemli katkıları olan standart çözümler, teknik bir sistemin biçimlendirilmesi ve sentezi için kullanılan yapısal kurallardır.

Standartların iki önemli fonksiyonu vardır [6]:

1. Standartlar, mevcut bir sistemin veya yeni bir problemin sentezinin geliştirilmesine yardım eder.
2. Standartlar, bir problemin grafik bir modelini sağlamaya yönelik oldukça etkili bir yöntemdir. Bu grafik Madde-Alan modelleme olarak isimlendirilmektedir.

Bir problemin çözümünde, problemin, standardın ve standart çözümün Madde-Alan modelleri kullanılmalıdır. Standart çözümleri kullanmak, yüksek yaratıcılık seviyesindeki çözümlerin hazır olarak alınıp sistemin iyileştirilmeye çalışılan özelliği ile ilgili çelişkiyi tanımlama gereksinimi duymadan çözüme geçmek anlamına geldiği için, problemi çözüm süresini ve harcanacak çabayı azaltmak mümkündür. Altshuller ve arkadaşları 5 sınıfta toplanmış toplam 76 tane standart çözüm önermiştir:

Sınıf 1: Sistemde küçük bir değişiklik yaparak veya değişiklik yapmaksızın iyileştirme (13 Standart Çözüm)

Sınıf 2: Sistemi değiştirerek sistemi iyileştirme (23 Standart Çözüm)

Sınıf 3: Ana sistemden bir üst sisteme veya mikro seviyeye geçiş (6 Standart Çözüm)

Sınıf 4: Teknik sistemdeki herhangi bir şeyin ortaya çıkarılması veya ölçümünün yapılması (17 Standart Çözüm)

Sınıf 5: Teknik sisteme madde veya alanları nasıl konulacağının tanımlanması (17 Standart Çözüm)

Aşağıda her sınıf adımları ile açıklanmaktadır;

Sınıf 1: Sistemde küçük bir değişiklik veya değişiklik yapmaksızın iyileştirme. İstenilen sonucu elde etmek üzere sistemi değiştirmek veya istenilmeyen sonucu yok etmek. Sistemde hiç değişiklik yoktur veya küçük değişiklikler vardır. Bu grup, bir modeli tamamlamak için gerekli çözümleri içermektedir. Alanlar, mekanik, termal, kimyasal, akustik, elektrik, manyetik, yerçekimsel, nükleer veya güçlü nükleerdir [66].

1.1 Yetersiz bir sistemin performansını geliştirme

1.1.1. Eğer sadece S1 ve S2 maddeleri ve bir alan varsa tam olmayan bir modeli tamamlama.

1.1.2. Sistem değiştirilemez; fakat kalıcı veya geçici bir ek kabul edilebilir. İçsel bir eki S1 ve S2 ile birleştirme.

1.1.3. 1.1.2'deki gibi, fakat kalıcı veya geçici S3 maddesinin, S1 veya S2'yi değiştirmek için kullanılması.

1.1.4. 1.1.2.'deki gibi, içsel veya dışsal olarak, çevreden bir kaynağı ek olarak kullanma.

1.1.5. 1.1.2.'deki gibi, fakat sistemin çevresini değiştirme.

1.1.6. Küçük miktarların kontrolünün başarılması tam anlamı ile zordur. Küçük miktarları, artık ekleyerek veya çıkararak kontrol etme.

1.1.7. Ortalama bir alan, istenilen etki için yetersiz ve daha büyük bir alan, sisteme zarar verecekse, daha büyük alan, başka bir elemente uygulanarak orijinal sisteme

bağlanabilir. Bunun gibi, eğer bir madde tüm hareketi direkt olarak alamıyorsa, istenilen etkiyi, bağlantılı olan diğer bir maddeyi kullanarak başarabilir.

1.1.8. Büyük/güçlü ve küçük/zayıf etkilerin kalıbı gereklidir. Daha küçük etkilere ihtiyaç duyan yerler S3 nesnesi ile korunabilir.

1.2. Zararlı etkileri yok etme veya etkisiz hale getirme.

1.2.1. Yararlı ve zararlı etkiler mevcut tasarımda vardır: S1 ve S2'nin doğrudan temasta olması gerekli değildir. S3 ile zararlı etkiler ortadan kaldırılır.

1.2.2. 1.2.1'ye benzer, fakat yeni maddeler eklenmez. Zararlı etkiyi S1 veya S2'yi değiştirerek ortadan kaldırma. Bu çözüm, "hiçbir şey", boşluk, vakum, hava, kabarcık, köpük vb. veya ek bir madde gibi davranan bir alanı eklemeyi içerir. .

1.2.3. Zararlı hareket alan sebebiyle olmaktadır. Zararlı etkileri emecek olan S3 maddesini tanıtma.

1.2.4. S1 ve S2 bileşenlerinin bağlantı halinde olduğu sistemde yararlı ve zararlı etki mevcuttur. F1'in zararlı etkisini, F2'nin zararlı etkiyi gidermesi veya ek yararlı etki kazanılmasıyla yok etme.

1.2.5. Sistemdeki bir elementin manyetik özellikleri yüzünden zararlı etkiler mevcut olabilir. Zararlı etki, manyetik maddeyi Curie noktasının üzerine ısıtmakla veya zıt manyetik alan kullanmakla ortadan kaldırılabilir.

Sınıf 2: Sistemi değiştirerek sistemi iyileştirme. Madde-Alan sistemi geliştirme.

2.1. Karmaşık madde-alan modellerine geçiş.

2.1.1. Zincir madde-alan modeli: Tek modelli, S2'nin F1 ile S3'e, S3'ün sırasıyla F2 ile S1'e uygulanması. İlk modelin sıralaması bağımsız olarak kontrol edilebilir.

2.1.2. Çift madde-alan modeli: Daha zayıf kontrol edilen sistem geliştirilmelidir, fakat mevcut sistemin bileşenleri değiştirilemeyebilir. S2'ye ikinci bir alan uygulanır.

2.2. Madde-alan modellerini zorlama.

2.2.1. İyi kontrol edilmeyen bir alanı, daha kolay kontrol edilen bir alan ile değiştirme. Yerçekimli bir alandan mekanik bir alana geçmek, mekanik araçlardan elektriksel araçlara veya mekanikten manyetiğe geçmede olduğu gibi daha fazla kontrol sağlar.

2.2.2. S2'yi makro seviyeden mikro seviyeye değiştirme. Bu standart makro seviyeden mikro seviyeye geçiş gelişimi kalıbıdır.

2.2.3. S2'yi gaz veya sıvı geçişine izin verecek gözenekli veya kılcal malzemeyle değiştirme.

2.2.4. Sistemi daha esnek ve daha uyumlu hale getirmek; daha dinamik hale getirmek başka bir gelişim kalıbıdır.

2.2.5. Kontrolsüz alanı, geçici veya kalıcı olan önceden belirlenmiş kalıplar ile başka bir alana değiştirme.

2.2.6. Tek şekilli veya kontrol dışı bir nesneyi, geçici veya kalıcı önceden belirlenmiş uzaya ait yapı ile tek şekilli olmayan bir nesneye dönüştürme.

2.3. Performansı geliştirmek üzere, bir veya her iki elementin sıklığının, doğal sıklığa uyum veya uyumsuzluğunu kontrol etme.

2.3.1. F, S ve S1'in sıklıklarının uyumlu veya uyumsuz olması.

2.3.2. F1 ve F2'nin ritimlerini uydurma.

2.3.3. İki uyumsuz veya bağımsız hareket, her birini, diğerinin çalışmaz olduğu durumda çalıştırarak başarılabilir.

2.4. Ferromanyetik malzeme ve manyetik alanları birleştirmek, sistemin performansını arttırmak için etkili bir yoldur.

2.4.1. Ferromanyetik malzeme ve/veya manyetik alanı sisteme ekleme.

2.4.2 2.2.1. (daha kontrollü alanlara gitme) ve 2.4.1'i (ferromanyetik malzeme veya manyetik alanları kullanma) birleştirme.

2.4.3. Manyetik sıvıları kullanma. Manyetik sıvılar 2.4.2'nin özel durumudur.

2.4.4. Manyetik parçalar veya sıvı içeren kılcal yapıların kullanılması.

2.4.5. Manyetik olmayan bir nesneye manyetik özellikler vermek için ekler kullanmak. Bunlar kalıcı veya geçici olabilir:

2.4.6. Eğer nesneyi manyetik yapmak mümkün değil ise ferromanyetik malzemeleri çevreye göstermek.

2.4.7. Doğal olguları kullanmak

2.4.8. Dinamik, değişken veya kendinden ayarlı manyetik alanları kullanmak

2.4.9. Bir malzemeye ferromanyetik parçacıklar koyarak, malzemenin yapısını değiştirmek, daha sonra parçacıkları uzaklaştırmak için manyetik alanı uygulamak. Daha genel olarak, duruma göre yapısal olmayandan yapısal sisteme veya tam tersine geçiş.

2.4.10. Fe-Alan modellerinin ritimlerini uydurmak. Makro sistemlerde, ferromanyetik parçacıkların hareketini arttırmak için mekanik titreşimlerin kullanılmasıdır.

2.4.11. Manyetik parçacıklar kullanmak yerine manyetik alan oluşturmak için elektrik akımı kullanmak.

2.4.12. Jeolojik sıvılar bir elektrik alan tarafından kontrol edilen viskoziteye sahiptir. Buradaki diğer her yöntem ile birlikte kullanılabilir. Sıvı/katı faz geçişlerine benzeyebilirler [67].

Sınıf 3: Sistem Geçişleri

3.1. İkili ve çoklu sistemlere geçiş

3.1.1. Sistem geçişi 1 a: ikili ve çoklu sistemleri yaratmak.

3.1.2. İkili ve çoklu sistemlerdeki bağları geliştirmek

3.1.3. Sistem geçişi 1b: Elementler arasındaki farklılıkları arttırmak.

3.1.4. İkili ve çoklu sistemleri basitleştirme.

3.1.5. Sistem geçişi 1c: Bütün ve parçalarının farklı özellikleri.

3.2. Mikro seviyeye geçiş.

3.2.1. Sistem geçişi 2: Mikro seviyeye geçiş [68].

Sınıf 4: Tespit Etme veya Ölçme. Tespit etme veya ölçme kontrol içindir. Tespit etme iki yönlüdür (bir şey olur veya olmaz) ve ölçümde miktar ölçme ve bunun kesinliğini sağlama vardır. Birçok durumda, en yenilikçi çözüm, fiziksel, kimyasal ve geometrik etkilerden yararlanarak tespit etme ve ölçme olmadan otomatik kontroldür.

4.1. Dolaylı yöntemler

4.1.1. Tespit etme veya ölçme yerine sistemi değiştirme, böylece ölçmeye ihtiyaç kalmaması

4.1.2 Eğer 4.1.1. kullanılamıyorsa, bir kopyasını veya görüntüsünü ölçme.

4.1.3. Eğer 4.1.1. ve 4.1.2 kullanılamıyorsa, sürekli ölçüm yerine iki kere tespit etmek.

4.2. Bir ölçüm sistemini yaratına veya sentez yapma. Bazı unsurlar ve alanlar, mevcut sisteme eklenmelidir.

4.2.1. Eğer tam olmayan Madde-Alan sistemi tespit edilemiyor veya ölçülemiyorsa çıktı olarak bir alanı olan tekli veya çiftli Madde-Alan sistemi oluşturulur. Eğer mevcut sistem yetersiz ise orijinal sisteme etki etmeden, alanı değiştirmek veya geliştirmek.

4.2.2. Yapılan bir eklentiyi ölçmek. Orijinal sistemde değişikliğe yol açan bir eklenti yapılır ve ardından eklentideki değişiklikler ölçülür.

4.2.3. Eğer sisteme hiçbir şey eklenmiyorsa dış çevreye yerleştirilmiş ekler tarafından oluşturulan alanda, sistemin etkisini tespit etme veya ölçme.

4.2.4. Eğer 4.2.3.'teki gibi ekler sistem çevresine sokulamıyorsa çevrede zaten var olan bir şeyin durumunu değiştirerek veya ayrıştırarak oluşturmak ve sistemin etkisini bu oluşturulan ekler üzerinde ölçmek.

4.3. Ölçüm sistemlerini değerlendirmek

4.3.1. Doğal olguları uygulamak. Sistemin içinde olduğu bilinen bilimsel etkileri kullanmak ve etkilerdeki değişimleri gözlemleyerek sistemin durumunu belirlemek

4.3.2. Eğer sistemdeki değişiklikler doğrudan veya bir alan geçerek belirlenemiyorsa, değişimleri ölçmek üzere sistemin veya bir unsurun rezonans sıklığını ölçme.

Eğer 4.3.2. mümkün değil ise maddenin diğer bilinen özelliklerden birine bağlanmış rezonans sıklığını ölçmek.

4.3.3. Ölçüm için ferromanyetik malzemelerin tanıtılması, minyatür aletler, fiber optikler, mikro işlemciler vb.nin gelişiminden önce popülerdi.

4.4. Ölçmeyi kolaylaştırmak için, sistemdeki ferromanyetik madde ve manyetik alanın kullanılmasını sağlamak veya eklemek.

4.4.2. Sonuçtaki manyetik alanı tespit ederek ölçümünü kolaylaştırmak için sisteme manyetik parçacıklar eklemek veya bir maddeyi ferromanyetik parçacıklara çevirmek.

4.4.3. Eğer ferromanyetik parçacıklar doğrudan sisteme eklenemiyorsa veya madde ferromanyetik parçacıklarla yer değiştiremiyorsa, ferromanyetik ekleri maddenin içine yerleştirerek karmaşık bir sistem oluşturmak.

4.4.4. Ferromanyetik parçacıkları, eğer sisteme eklenemiyorsa çevreye eklemek.

4.4.5. Manyetizma ile ilgili doğal olguların etkilerini ölçmek:

4.5. Ölçüm sistemlerinin gelişiminin yönü

4.5.1. İkili ve çoklu sistemlere geçiş. Eğer tek ölçüm sistemi yeterli doğruluğu sağlayamıyorsa iki veya daha çok ölçüm sistemi kullanmak veya çoklu ölçümler yapmak.

4.5.2. Bir olayın direkt ölçümü yerine, zamanda veya uzayda birinci veya ikinci türevlerini ölçmek [69].

Sınıf 5: Standart çözümleri basitleştirme ve iyileştirme için yöntemler

5.1. Maddeleri tanıtmak

5.1.1. Dolaylı yollar

5.1.1.1. “Hiçbir şey” kullanmak; hava, vakum, köpük, baloncuk, boşluk, kılcallar, gözenekler, delikler vb. eklemek.

5.1.1.2. Madde yerine alan kullanmak.

5.1.1.3. Dahili yerine harici katkı kullanmak.

5.1.1.4. Çok aktif bir katkıdan çok az bir miktar kullanmak.

5.1.1.5. Spesifik bir yerde yoğunlaşmak

5.1.1.6 Katkıyı geçici olarak tanıtmak

5.1.1.7. Eğer katkılara orijinal nesnede izin verilmiyorsa, orijinal nesne yerine, eklerin kullanılabildiği, maddenin bir kopyası veya modelini kullanmak. Modern kullanımda bu, simülasyonların veya katkıların kopyasını kullanmayı içerecektir.

5.1.1.8.İstenilen malzemenin zararlı olacağı bir yerde, istenilen elementleri ve bileşikleri açığa çıkaran kimyasal bileşiği tanıtmak

5.1.1.9. Çevrenin veya maddenin kendisinin bozulmasıyla gereken katkıyı elde etmek

5.1.2. Elementleri küçük birimlere bölmek

5.1.3. Katkıların kullanımından sonra kendisini yok etmesi

5.1.4. Eğer koşullar, çok miktarda malzemenin kullanımına izin vermiyorsa, "hiçbir şey" kullanmak.

5.2. Alanları kullanmak.

5.2.1. Bir alanı; başka bir alanın oluşması için kullanmak.

5.2.2. Çevredeki alanları kullanmak

5.2.3. Alanların kaynağı olan maddeleri kullanmak

5.3. Safha geçişleri.

5.3.1. Safha geçişleri 1: Fazların yerine kullanmak.

5.3.2. Safha geçişleri 2: Çift faz durumu

5.3.3. Safha geçişleri 3: Faz değişimine eşlik eden olguyu kullanmak.

5.3.4. Safha geçişleri 4: 2 fazlı duruma geçiş.

5.3.5. Fazların etkileşimi: Sistemin elemanları veya sistemin fazları arasında etkileşimi sağlayarak sistemin etkinliğini arttırmak:

5.4. Doğal olguları kullanmak (Fiziksel etkileri kullanma olarak da bilinir)

5.4.1. Kendinden kontrollü geçişler. Eğer bir nesnenin birkaç farklı durumda olması gerekiyorsa bir halden diğerine kendi kendine geçmelidir.

5.4.2. Zayıf bir alan girdisi olduğunda, çıktı alanını güçlendirmek. Genel olarak, bu faz geçiş noktasına yakın çalışılarak yapılır:

5.5. Maddelerin daha yüksek ve düşük hallerini üretmek

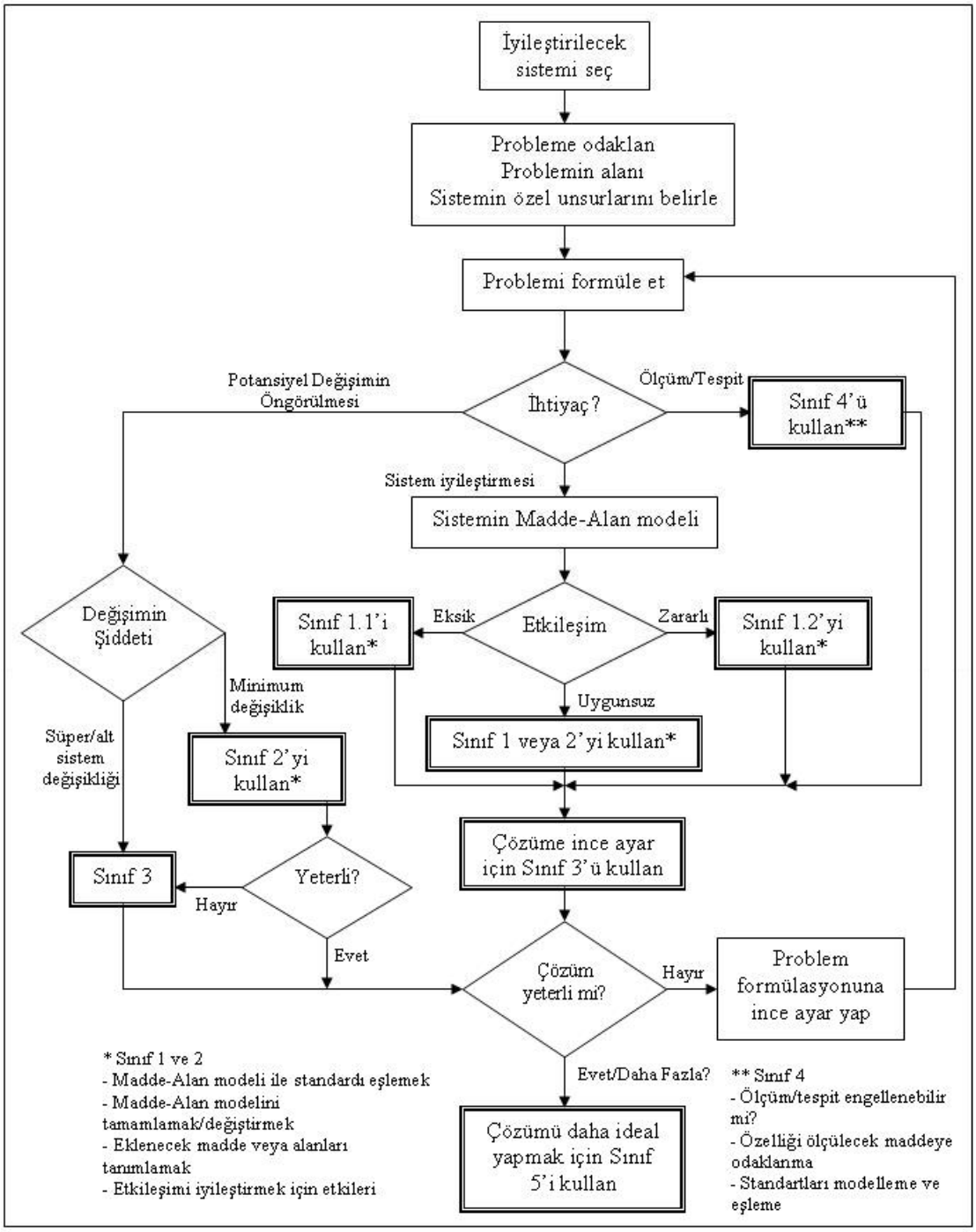
5.5.1. Bozunma ile madde parçacıkları (iyonlar, atomlar, moleküller vb.) elde etmek.

5.5.2. Birleşme ile madde parçacıkları elde etmek.

5.5.3. 5.5.1. ve 5.5.2. standart çözümlerini uygulamak. Eğer yüksek yapısal seviyenin maddesi ayrıştırılması gerekiyorsa ve ayrıştırılamıyorsa, diğer en yüksek

seviyedeki madde ile başlamak. Aynı şekilde, eğer bir maddenin düşük yapısal seviyeli malzemelerden oluşturulması gerekiyorsa ve oluşturulamıyorsa bir sonraki yüksek yapısal seviye ile başlamak [70].

76 Standart çözümün kullanımı için Şekil 3.22'deki akış diyagramı referans alınabilir.



Şekil 3.22 76 Standart çözümün kullanımı akış diyagramı [71]

3.5.4. Yaratıcı Problem Çözme Algoritması (ARIZ)

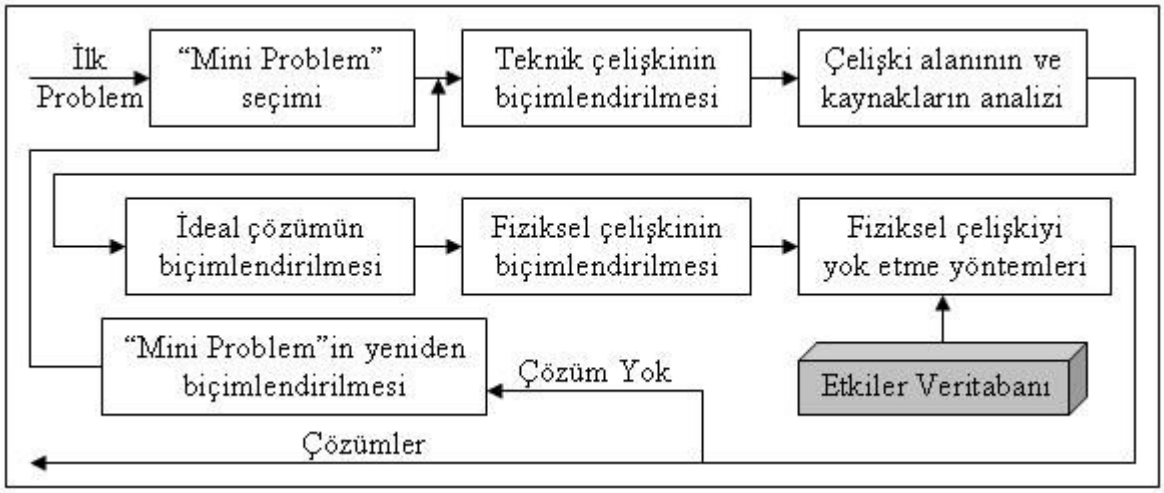
İdeallik kanununun, araştırma yönünü belirlemeye yardımcı olması ve teknik çelişki analizinin, yok edilmesi gereken engeli göstermesiyle, yaratıcı problem çözme sürecini kontrol etmek olanaklıdır. Ancak bazen, bir çelişkinin problem ifadesine gizlenmesi ve hatta izole bir halde kendiliğinden ortaya çıkmaması gibi durumlar söz konusu olur. Böyle zamanlarda, problem ifadesinden çözüme gidiş kolay olmadığı için çözüme adım adım yaklaşmayı sağlayan akılcı taktikler kullanmak gerekir [13]. Yaratıcı Problem Çözme Algoritması ifadesinin Rus dilindeki kısaltması olan ARIZ, bu taktikleri uygulamak için bir yöntem olarak sunulmuştur.

ARIZ, Glenn Mazur'un tarifiyle, görünen çelişkiler olmadan problemlere çözüm tanımlamak için kullanılan sistematik bir izlektir [10]. Problemin doğasına göre, bu izlekte bitirilmesi gereken aşamaların sayısı değişir ve ARIZ sayesinde açık olmayan teknik bir problemden temeldeki teknik problem çıkarılabilir. ARIZ, buluş seviyelerine göre özellikle ikinci, üçüncü ve dördüncü seviye problemler için kullanılabilir.

ARIZ, 1956 yılından itibaren geliştirilmeye başlanmış ve sırasıyla ARIZ–56, ARIZ–59, ARIZ–61, ARIZ–64, ARIZ–65, ARIZ–68, ARIZ–71, ARIZ–75, ARIZ–77, ARIZ–82 (A, B, C, D sürümleri) ve ARIZ–85 (A, B, C sürümleri) olmak üzere yıllar boyu yapılan araştırmalarla geliştirilen sürümleri ortaya çıkmıştır. Altshuller'in de doğrudan katkısının bulunduğu son ARIZ sürümü ARIZ-85C'dir. Bunun ardından geçen 20 yıllık sürede de çeşitli TRIZ uzmanları ARIZ üzerindeki çalışmalarına devam etmiştir.

Verilen bir problemin yeniden tercüme edilmesi için kullanılan bir dizi mantıksal izlekten oluşan ARIZ, problem üzerinde çalışan kişinin güçlü olduğu özel karakteristiklerini harekete geçirerek problem çözücüsünün yaklaşımına adapte olabilen bir yöntemdir. Yaratıcı kişi, deneyimlerine, bilgi birikimine ve yaratıcı yeteneklerine dayanarak problemden çözüme gidiş için yolu çizerken ARIZ onun yanlış yönlere sapmasını veya yanlış adımlar atmasını engeller. ARIZ, mucidi, verilen problem için bulunabilecek en güçlü çözüme doğru yönlendirir [13]. Şekil 3.23'te yapısı şematik olarak gösterilen ARIZ, bir denklem değildir. Fakat ARIZ, bir dizi soru sormak suretiyle TRIZ'in farklı parçalarını birleştiren çok adımlı bir

süreçtir. ARIZ, herhangi bir çözümden yana olmayan bir süreçtir; önyargıya dayalı çözümleri problem ifadesinden çıkarmaktadır.



Şekil 3.23 ARIZ Yapısı [42]

ARIZ;

- Verilen problemin tekrar biçimlendirilmesi sürecidir.
- Mantıksal ve disipline edilmiş bir süreçtir.
- Problemin sürekli olarak yeniden yorumlanmasını sağlar.
- Çelişkilerin çözümünde kullanılan ana TRIZ aracıdır.

ARIZ ile problem çözümünde, TRIZ'in kapsamındaki şu araçları kullanır;

- Problemin ideal çözümünü anlamak için ideallik kanunu,
- Önce teknik sonra fiziksel çelişkiler,
- Sistemin kaynakları,
- Bilimsel etkiler,
- Madde-Alan modellemesi ve Standart çözümler,
- 40 buluş prensibi.

Karmaşık problemler yeniden biçimlendirilerek çözülebildiği için ARIZ'in önemi, bu yeniden biçimlendirme sürecinin yarısından fazlasını içermesidir. ARIZ süreci, 3 ana gruba ayrılabilecek toplam 9 temel aşamadan oluşur. Alt aşamaların sayısı sürümlere değişmektedir [72].

A. Orijinal problemin yeniden yapılandırılması

1. Sistemin/problemin analizi
2. Kaynakların/problem modelinin analizi
3. İdeal Nihai Sonucun ve fiziksel çelişkinin tanımlanması

B. Fiziksel çelişkinin ortadan kaldırılması

4. Fiziksel çelişkinin ayrılması, kaynakların hareketlendirilmesi ve kullanılması
5. Bilgi veritabanının kullanılması: Etkiler, Standartlar ve Prensipler
6. "Mini-Problem"in değiştirilmesi veya yeniden biçimlendirilmesi

C. Çözümün analizi

7. Çözümün yeniden incelenmesi ve fiziksel çelişkiyi yok eden yöntemin analizi
8. Çözümün maksimum kullanımının geliştirilmesi
9. Gerçek zamanlı uygulamada çözüme ulaştıran tüm aşamaların yeniden incelenmesi

Problemin çözümünde yol gösteren basamaklar ve sorular dizisi olan ARIZ, çok tekrarlı bir süreç olduğu için 1. ile 4. adımlar arasındakiler sıralı olduğu halde, basamaklar ve sorular her zaman doğrusal olarak ilerlemez.

A. Orijinal problemin yeniden yapılandırılması: ARIZ'in ilk üç aşamasında problemin analizi ve dönüşümü gerçekleştirilir. Mevcut sistem, basit şemalar çizilerek bilinen şeklinde gösterilir. İki çelişkinin biçimlendirilip yoğunlaştırılması ve mevcut kaynaklara daha hassas bir anlayışla yaklaşılması olan "mini problem"e yönelim, teknik fonksiyona yapılan vurguyla sağlanır. İdeal Nihai Sonucun ve fiziksel çelişkinin geliştirilmesi, ikinci ana aşama olan "Fiziksel Çelişkilerin Ortadan Kaldırılması" noktası için çözüm kavramları üretmeyi sağlar.

1. Sistemin/problemin analizi: Bu bölümde, "mini problem" ve teknik çelişki analizi kullanılarak orijinal problem daha yaratıcı hale getirilir. Sistemdeki çelişkinin basit şeması, modelin problemini, teknik çelişki ve temel fonksiyon açısından oluşturmaya yardımcı olur. Bu aşamanın alt adımları Tablo 3.7'de gösterilmiştir.

Tablo 3.7 ARIZ 1. aşama adımları [72]

No	Adımlar	Notlar
1.1	İlk analizin aşağıdakiler belirlenerek gerçekleştirilmesi Bilinen şekliyle orijinal problem Sistemin "temel fonksiyonu" Sistem ve bileşenleri (alt sistemler) Her süper sistem Çevre Sistemin faydalı fonksiyonları Sistemin zararlı/fazla/yetersiz fonksiyonları Basit bir şema çizilir ve ana parçalar etiketlenir.	Analizin erken safhasında, sistemin esas amacı ve kararlar için esas olan "temel fonksiyon"un belirlenmesi, problem ifadesinin sonradan buna dayanması nedeniyle önemlidir. Temel fonksiyon ve fiziksel sistem belirlenerek Fonksiyonel ve Fiziksel Alanlar tanımlanır. Fonksiyonel Alan ve Fiziksel Alan terimleri ARIZ'e ait olmasa da, bu belirleme ARIZ'in stratejisini ortaya koyar. Basit şema, fiziksel alanın oluşturulması için gereklidir.
1.2	"Mini Problem"in tanımlanması Sistemdeki herşey aynı kaldığından ve gerekli fonksiyon en az değişiklikle gerçekleştirildiğinden bu aşamadaki çalışmalar idealliğe yaklaşmadaki ilk adıma doğru yönlendirir.	ARIZ, orijinal problemin sisteme en az değişikliği getirecek şekilde tanımlanmasını sağlar.
1.3	Sistem Çelişkisinin birbirine zıt iki şekilde ifade edilmesi Çelişki 1: Zararlı eylem ortadan kaldırılmaya / azaltılmaya çalışılırken yararlı eylem de azaltılır. Çelişki 2: Faydalı eylem arttırılmaya çalışılırken, zararlı eylem arttırılır.	Hangi çelişkinin temel fonksiyon için daha iyi olacağı bilinmediği için iki çelişki oluşturulur.
1.4	Çelişkinin yoğunlaştırılması Yoğunlaştırılmış Çelişki 1: Zararlı eylem tamamen yok edilir; fakat faydalı eylem tam olarak görevini yerine getiremez. Yoğunlaştırılmış Çelişki 2: Faydalı eylem tam olarak yerine getirilir; fakat zararlı eylem olabilecek en kötü halindedir.	Çelişkiyi yoğunlaştırmanın faydası, problem çözücüye daha iyi kalitede bir çözüm vermesi ve çözümün, problem uç noktalarda tam olarak çözüldüğünden, problemin farklı sürümlerine uygulanabilmesini sağlamasıdır.
1.5	Temel fonksiyon için en iyi olan yoğunlaştırılmış çelişkinin seçilmesi. Karar vermek için tekrar "temel fonksiyon"a dönülür. Temel fonksiyon açısından problemi çözmek için daha yüksek derecede idealliği garantilemek amacıyla çelişki seçilmeden önce yoğunlaştırılır.	Her ne kadar iki çelişkiden biri seçilse de diğerinin sonradan tekrar incelenmesi olasılığı nedeniyle her iki sürüm de saklanmalıdır.
1.6	Yoğunlaştırılmış çelişkinin modelinin çizilmesi	Bu çizim büyük ihtimalle çelişkinin orijinal model veya çiziminden daha basit olacaktır.

2. Kaynakların Analizi. Seçilen çelişkinin nerede gerçekleştiği (etki bölgesi), çelişkinin gerçekleştiği zaman (etki zamanı) ve sistemin nesneleri ve enerjisi (madde ve alanlar) bu bölümde incelemektedir. Yer, zaman, madde ve alan kaynaklarını inceleyerek problem, ortaya çıkan fiziksel çelişki uğraşmaya ve sistemin kaynaklarını, bileşenlerini, süper sistemi ve çevreyi kullanmaya hazır olur. Tablo 3.8'de bu aşamanın alt adımları yer almaktadır.

Tablo 3.8 ARIZ 2. aşama adımları [72]

No	Adımlar	Notlar
2.1	Etki Bölgelerinin tanımlanması Aşağıdaki bilgilere göre diyagramlar çizilir. Bölge 1 faydalı eylemin bölgesidir. Bölge 1 belirlenir, bileşenler veya alt sistemler tanımlanır ve bunları içeren bir diyagram çizilir. Bölge 2, zararlı eylemin bölgesidir. Bölge 2 ve bu bölgede neler olacağı belirlenerek bu unsurları içeren bir diyagram çizilir.	
2.2	Etki süresinin tanımlanması. Aşağıdaki bilgilere göre diyagramlar çizilir. Periyot 1, çelişen gerekliliklerden birinin süresidir. Periyot 2, çelişen diğer gerekliliğin süresidir.	Zaman periyotları "önce" (T1), "sırasında" (T2) ve "sonra" (T3) olarak tanımlanır.
2.3	Sistemin ve çevresinin iç ve dış kaynaklarının listelenmesi. Bu aşağıdaki liste ile bağlantılı Madde ve Alanları içerir. İç kaynaklar Araç, zararlı eylemin amacı, faydalı eylemin amacı, diğer sistem araçları Dış kaynaklar Çevre, süper sistem, yan ürünler, atık ürünler	İlk şema çizilirken eklenmeyen kaynaklar, bu adımda kontrol edilir. Zaman ve yer (bölge) önceki adımlarda tanımlanmıştır. Özet olarak madde kaynakları, alan kaynakları, zaman kaynakları ve yer kaynakları vardır.

3. İdeal Nihai Sonucun ve fiziksel çelişkinin tanımlanması: Bu bölüm, çelişkiyi aynı parametrenin çelişen gereksinimlerine göre ifade ederek, çözülecek problemi en yüksek seviyesine getirir. Bu, fiziksel çelişki ve ayrıca bu bölümde belirlendiği üzere İdeal Nihai Sonuçtur. Böylece problem alanını yönlendirilip daraltılarak kaynakların kesin olarak kullanılması ve tüm sistemin hedef alınması sağlanır. Tablo 3.9'da bu aşamanın alt adımları yer almaktadır.

Tablo 3.9 ARIZ 3. aşama adımları [72]

No	Adımlar	Notlar
3.1	İlk İdeal Nihai Sonucun ifade edilmesi İlk ifade aşağıdaki gibidir; "Kaynak", etki bölgesinde, etki zamanında, ... (olumlu etkiyi) yerine getirirken ....., (olumsuz etkiyi) sistemi karmaşıklaştırmadan yok edecektir.	Bu ifadeyi kurarken "kaynak", "olumsuz etki", "olumlu etki" kavramları tanımlanmalıdır.
3.2	İdeal nihai sonucun farklı ifadeleri kullanılarak ideal nihai sonucun güçlendirilmesi Araç, Nesne, Sistem, Çevre, Süper Sistemden herhangi biri "kaynak" yerine kullanılır.	
3.3	Fiziksel çelişkinin makro seviyede tanımlanması Fiziksel çelişki, etki zamanında ve etki bölgesinde gerçekleşmelidir.	Makro seviyede, Çelişki 1 ve Çelişki 2 olmak üzere iki fiziksel çelişki vardır. Normalde makro seviye yüksek seviye madde veya alandadır.
3.4	Fiziksel Çelişkinin mikro seviyede tanımlanması Parçacık koşulları/eylemleriyle ifade edilmiş, birbirine zıt fiziksel koşul/eyleme sahip olan fiziksel çelişki, etki zamanında ve etki bölgesi içerisinde gerçekleşmelidir. Bazen problemi makro seviyeye taşımak zordur. Problemi mikro seviyede incelerken ortaya çıkan "buluşsal güç", fiziksel çelişkinin üstesinden gelmek için çok etkindir. Kaynak, atom, molekül gibi "parçacıklar" şeklinde ifade edildiğinden bu seviyeye mikro denir.	Mikro seviyede fiziksel çelişki yoksa problem makro seviyede çözülmelidir. Bu aşamada da mikro seviyede iki çelişki vardır. Bileşenler çok küçültüldüğünde moleküller arası etkileşim bileşenler arasındakinden farklı olur ve alışılmış çözümlere bağlayan kelimeler kalmadığı için psikolojik atalet yok olur.
3.5	İdeal Nihai Sonucun geliştirilmesi Makro ve mikro seviyedeki fiziksel çelişkilere göre İdeal Nihai Sonuç şu şekilde ifade edilir; Etki zamanında, kaynak, ... (araç, nesne, ürün, sistem, çevre, süper sistem) kendi başına ..... (fiziksel durum veya parçacıkların eylemini) sağlamalı ve ..... (zıt fiziksel durum veya parçacıkların eylemini) sağlamalıdır.	İdeal Nihai Sonucun en az altı tane sürümü biçimlendirilmelidir.
3.6	Madde-Alan analizi ve Standart Çözümlerin uygulanması Bu bölümün sonunda, İdeal Nihai Sonucun problemi ve çözümünü açığa çıkarmasıyla genelde bir çözüm bulunur. Daha sonra 7. aşamadan devam edilir. Tersi olursa 4. aşamaya geçilir.	3. adımda iyi bir çözüm kavramı elde edilse de 4. adıma geçilebilir ve çözümde ne elde edildiği daha iyi anlaşılabilir. Madde-Alan analizi ve Standart Çözümler, ARIZ'de birçok defa uygulanarak problem yeniden biçimlendirilir ve çözüm kavramı geliştirilir.

B. Fiziksel Çelişkinin Ortadan Kaldırılması: Bu gruptaki 3 aşama, problem için çözüm kavramlarına ulaşmak üzere seçenekler sunmaktadır. Fiziksel çelişkinin ortadan kaldırılması, uzlaşının olmadığı bir çözüme ulaşılmasını sağlar. Bununla birlikte, 4. adımdan sonra fiziksel çelişki ortadan kaldırılamazsa, 5. aşamaya, bu adımda da yapılamazsa 6. aşamaya geçilir.

4. Fiziksel çelişkinin ayrılması, kaynakların hareketlendirilmesi ve kullanılması: Bu bölümde, fiziksel çelişki ayrılarak yok edilir. "Küçük akıllı insanlar" tekniği, sistemdeki değişiklikleri ve bunların maliyetini en aza indirmek için kaynakları kullanmaya farklı bir bakış açısı getirir. Bu adımda bir çözüm bulunursa, 7. adıma, bulunamazsa, 5. adıma geçilir. Tablo 3.10'da bu aşamanın alt adımları yer almaktadır.

Tablo 3.10 ARIZ 4. aşama adımları [72]

No	Adımlar	Notlar
4.1	Fiziksel çelişkileri ortadan kaldırmak için 4 prensibin uygulanması Zıt fiziksel durumları zamanda ayırmak Zıt fiziksel durumları uzayda ayırmak Zıt fiziksel durumları sistemler ve bileşenleri arasında ayırmak Her iki zıt fiziksel durumun aynı maddede bulunmasını sağlamak	
4.2	Madde-Alan analizi ve Standart Çözümlerin uygulanması	ARIZ ile "yönlendirilmiş" ve Madde-Alan analizi yapılır.
4.3	Probleme "Küçük Akıllı İnsanlar" tekniğinin uygulanması Mikro seviyede kullanılan parçacıkların, dinamik ve hareket edebilir oldukları düşünülür. Kişi, kendini problemin bir parçası olarak görürse çözümleri sınırlıyor olabilir. Fakat sonsuz sayıda zıt fiziksel durumlara ve hareketlere tepki gösteren "parçacıklar" olabilen, görebilen, anlayabilen, gerekli eylemi yerine getiren "Akıllı Küçük İnsanlar"a sahip olunursa, "küçük parçacıklar"a sahip olunur. Aslında, "Akıllı küçük insanlar" empatinin gücünü mikro seviyede kullanan bir tekniktir.	
4.4	Geliştirilmiş İdeal Nihai Sonuçtan geri adım atılması Zaman zaman çözüme ulaşmak için sistemi biraz bozmak, bir şekilde değiştirmek ve demonte etmek gerekir.	

5. Bilgi veritabanının kullanılması: Bu bölümde, benzer problemlere uygulanan geçmiş çözümler ve veritabanındaki prensipler, etkiler ve standart çözümlerle probleme çözüm aranır. Tablo 3.11'de bu aşamanın alt adımları yer almaktadır.

Tablo 3.11 ARIZ 5. aşama adımları [72]

No	Adımlar	Notlar
5.1	3. aşamadaki ideal nihai sonuca benzer, daha önce başarıyla çözülmüş problemlerin çözümlerinin uygulanması	
5.2	Bilimsel etkilerin uygulanması	
5.3	40 yenilikçi prensibin uygulanması	
5.4	Madde-Alan analizinin uygulanması	
5.5	Standart çözümlerin uygulanması	

6. "Mini-Problem"in değiştirilmesi veya yeniden biçimlendirilmesi: Psikolojik Ataletin sınırlamaları, bazen yeniden biçimlendirilen problem ve çelişkiden kaybolmaz. Bu sınırlamalar, yapılan kabullerin bir parçası olup fark edilemezler. Bu bölümde, probleme ve çelişkiye geri dönülerek bu sınırlamalar yok edilmeye çalışılır. Tablo 3.12'de bu aşamanın alt adımları yer almaktadır.

Tablo 3.12 ARIZ 6. aşama adımları [72]

No	Adımlar	Notlar
6.1	Çelişkinin tekrar gözden geçirilmesi (Adım 1, çelişkiyi analiz etmek)	
6.2	Çelişkinin diğer sürümünün seçilmesi	
6.3	"Mini problem"den sonra başka bir çelişkinin yeniden biçimlendirilmesi	
6.4	Eğer problem hala çözülmemişse "mini problem"in yeniden biçimlendirilmesi	
6.5	Eğer hala bir çözüm yoksa problemin süper sistem seviyesinde yeniden biçimlendirilmesi	

C. Çözümün Analizi: 7. aşamada, esasen gerçekten problemin çözülüp çözülmediği ve fiziksel çelişkinin ortadan kaldırılıp kaldırılmadığı sorgulanır. Son iki aşama, ARIZ sürecindeki anahtar bilgilerin "uygulaması"dır.

7. Çözümün yeniden incelenmesi ve fiziksel çelişkinin yok eden yöntemin analizi: Bu bölüm, fiziksel çelişkinin, ideal olarak giderilip giderilmediğini incelemektedir. Yeni madde ve alanlar eklenmez. Çözümün kendisi, çözümün sistemin

gereksinimlerine nasıl uyduğunu görmek üzere değerlendirilir. Tablo 3.13'te bu aşamanın alt adımları yer almaktadır.

Tablo 3.13 ARIZ 7. aşama adımları [72]

No	Adımlar	Notlar
7.1	Sisteme dahil edilen madde ve alanların gözden geçirilmesi	
7.2	Elde edilen sonucun yeniden incelenmesi Aşağıdaki soruların cevabı aranarak sonuç incelenir: Çözüm, ideal nihai sonucu tatmin ediyor mu? Çözüm, fiziksel çelişkiyi ortadan kaldırıyor mu? Çözüm, gerçek hayatta uygulanabilir mi? Eğer çözüm, problemin tümünü tatmin etmek için kullanılamıyorsa, çözüm sistemin bir parçası için kullanılabilir mi? Çözümün sonucu olarak başka problemler var mı?	

8. Çözümün maksimum kullanımının geliştirilmesi: Bu bölüm, yeni geliştirilen kavramdan kazanılan bilginin arttırılmasını sağlar. Tablo 3.14'te bu aşamanın alt

Tablo 3.14 ARIZ 8. aşama adımları [72]

No	Adımlar	Notlar
8.1	Bu çözüm için süper sistemde değiştirilmesi gerekenlerin belirlenmesi	
8.2	Çözümden dolayı değişen sistemin yeni ve farklı uygulamalara sahip olup olmadığının araştırılması	
8.3	Bu çözümle başka problemlerin çözülüp çözülemeyeceğinin araştırılması Çözümü bir yönteme genelleştirmek Bu yeni yöntemi başka problemlere uygulamak Bu yöntemi zıt şekilde ifade edip başka problemlere uygulamak Eğer sistem büyüklüğü sıfıra veya sonsuzluğa doğru giderse yöntemin nasıl değişeceğini araştırmak	

9. Gerçek zamanlı uygulamada çözüme ulaştıran tüm aşamaların yeniden incelenmesi: 9. bölüm, ARIZ'i uygulamada, problemi çözenler için "anahtar bilgileri" belirginleştirir. Tablo 3.5'te bu aşamanın alt adımları yer almaktadır.

ARIZ, TRIZ'in tümü olmasa da ayrıcalıklı bir parçası ve gelişmiş bir tekniği sayılmaktadır. Problemin tüm parçalarının açıkça tanımlanmasını ve süper sistem ve alt sistem seviyelerinde fonksiyonel ve fiziksel alandan ileri geri hareket etmeyi sağladığından, TRIZ problem çözme yöntemlerinin tekrarlanan kullanımını gerektirir. Böylece, yol gösteren problemin yeniden biçimlendirilmesi, çözüm

kavramlarının fonksiyonel gereksinimlerini ve gerekli fiziksel parametrelerini tanımlamaktadır.

Tablo 3.15 ARIZ 9. aşama adımları [72]

No	Adımlar	Notlar
9.1	ARIZ'i uygularken atılan adımların gözden geçirilmesi; ARIZ'in adımları ile adımların gerçek sıralaması arasındaki fark yazılır.	
9.2	Çözümün, diğer bilimsel etkilerden ve standart çözümlerden nasıl farklı olduğunun tespit edilmesi	
9.3	Çözümün Bilgi Veritabanı'na eklenmesi Çözümü diğer etkilere veya belirli bir etkinin örnekleri arasına eklemek Diğer standart çözümlere eklemek	

3.5.5. Bilimsel Ve Teknik Etkiler

1965 yılından itibaren, Altshuller ve arkadaşları Madde-Alan modellerinde betimlenen fonksiyonların sentezi üzerine çalışmaya başlamışlardır. Bir sistemin gerekliliklerinin en basit Madde-Alan modeline kadar tanımlanabildiği noktada, bu gereklilikleri gerçekleştirmek veya uygulamak için sadece uygun kaynakları kullanmak gerekmektedir. İstenen fonksiyonun uygulanabilmesi için, sadece uygun kaynakların kullanılabilmesine izin veren bu özel kısıt birçok belirsiz ve yenilikçi düşüncenin varlığına ihtiyaç duyar.

Etkilerin kullanılması, TRIZ'in problem çözme araçları arasında yer alan bir kavramdır. Problemi çözmek için hangi özel fiziksel alan ve maddelerin kullanılması gerektiği konusunda yaratıcı prensipler ve yenilikçi standartlardan fikir edinilemezken, etkilerin kullanılması, belirli fiziksel etkilerle, bu etkilerin verebildiği teknik fonksiyonlar arasında bir bağlantı kurulmasını sağlar [43].

Alsthuller etkinin, belirli çıktı değişkeni seviyesi ile sonuçlanan belli işletme koşulları altında iki veya daha fazla değişken arasındaki etkileşim olarak tanımlandığı bilimsel etkilerin özet bir modelini geliştirmiştir. Bu tanımlamaya göre, etki bir manada bir değişkenler dizisi olan girdiler üzerinde işlem yaparak yine bir değişkenler dizisi olan çıktıların ortaya çıkmasını sağlayan ve doğrusal olmayan bir işlemcidir [5]. Zusman ve Zlotin TRIZ'de etkiyi, malzemenin özellikleri ve doğa kanunları tarafından yönetilen bir eyleme karşı bir maddenin vermiş olduğu özel otomatik cevap olarak tanımlamaktadır [73]. Bu kanunların nedenselci yapısı gereği cevaplar tekrar edilebilir ve güvenilir olmaktadır.

1965'ten sonra 5 yıl süresince, Altshuller ve meslektaşları, "teknik hedeflerden uygulama yollarına" olarak adlandırılan bir organizasyon üzerinde çalışarak, Etkiler Veritabanı'nı oluşturmaya başlamışlardır. Bu veritabanı çalışmasının tamamen baştan yapılmasının nedeni, geleneksel olarak bilimsel etkilerin, konuya göre veya bilimi insanı veya mucidin adına göre düzenlenmiş olmasıdır. Bu nedenle, herhangi belirli bir fonksiyonu gerçekleştirmek isteyen bir mucidin, fizik, kimya, vb. farklı bilim alanlarında araştırma yapması veya benzer etkilerle bağlantılı kişilerin isimlerini arayarak çalışması gerekmekteydi. Mucidin, kendisininkinden başka bir alan hakkında bilgisinin bulunmaması olasılığı ise bu görevi çok daha zor bir hale getirmekteydi. Madde-Alan modelini kurarak temel fonksiyonun belirlenmesinin ardından getirdiği düzen sayesinde, mucidin muhtemel yenilikçi çözüm kavramlarına ulaşarak yaratıcı kavramlar üretebilmesini sağlayan Etkiler Veritabanı, temel amaçlar ve bu amaçları gerçekleştirme yolları ile uyumlu olarak derlenmiştir.

Standart çözümler, Madde-Alan modeli üzerinde özel bir sistem dönüşümünü önerirken, bilimsel ve teknik etkiler, dönüştürülmüş Madde-Alan diyagramı tarafından modellenen fonksiyonu gerçekleştirmek için kullanılır. Buna ek olarak, gerekli fonksiyonun Madde-Alan modelinin ve fonksiyonun bilindiği ancak uygulamak için bilinen bir yöntemin olmadığı durumlarda da bilimsel ve teknik etkiler kullanılır ve bu durum fonksiyonların sentezi olarak adlandırılır [5].

3.6. TRIZ Pazarı

3.6.1. TRIZ Eğitimi ve TRIZ'in Geniş Kitlelere Yayılması

TRIZ yöntemi, Soğuk Savaş'ın bitişi ve özellikle Perestroika ile beraber SSCB'nin dışına çıkmıştır. Altshuller ile beraber çalışan veya onun eğitiminden geçerek TRIZ konusunda deneyim kazanan birçok uzman ve bilim insanı, başta Amerika Birleşik Devletleri, İsrail, Almanya gibi ülkeler olmak üzere birçok farklı ülkeye göç etmişler ve TRIZ'in öğretilmesi ve uygulanması için çalışmalara başlamışlardır. Bunlardan bir kısmı kendi şirketlerini, diğer bir kısmı da ortaklıklar kurmak suretiyle, TRIZ'i öğretme ve yaygınlaştırmaya başlamışlardır. Özellikle AR-GE, kalite, tasarım, yaratıcılık üzerine çalışan şirketler TRIZ'den fayda sağlamak için eğitimler almaya başlamıştır.

Günümüzde TRIZ eğitimleri fiziksel ve sanal ortamda birçok kurum tarafından verilmektedir. Bu eğitimlerin amaçları arasında aşağıdakiler sayılabilir;

- TRIZ kavramları ve problem çözme araçlarının kullanılması
- Psikolojik Ataleti yenerek yaratıcı çabayı en ümit veren çözüme yönlendirmek
- En uygun çözülebilirlik için problem tanımlanması ve biçimlendirilmesi
- Yeni ve devrimci çözüm kavramlarının geliştirilmesi
- Uzlaşmanın veya değiş-tokuşun, çelişen gereklilikleri tatmin eden gerçek çözümlerle ikame edilmesi
- Uygun kaynakların azami kullanımının sağlanması
- Ürün veya sürecin gelecekteki evriminin göz önüne getirilmesi
- TRIZ yazılımlarının kullanımı
- Tüm ve kapsayıcı Ürün Geliştirme Süreci içinde TRIZ ve diğer problem çözme ve kalite tekniklerinin birleştirilmesi
- TRIZ'in organizasyonlarda uygulanması
- Patent koruması ve patentçi rekabet

TRIZ ilk çıkışında öncelikle mühendislere yönelik bir araç olarak kabul edilmiş olsa da, başta Altshuller olmak üzere TRIZ uzmanları, yöntemin mühendislik dışı alanlara doğru genişletilebileceğini belirtmişlerdir. Meslek, yaş veya konumdan bağımsız olarak TRIZ'in genişletilmiş olarak geniş kitlelere yayılması için çalışmalar yapılmaktadır. Bunu gerçekleştirmek için aşağıdaki prensip ve kaynakları dikkate almak önemlidir [74]:

Altshuller'in belirttiği gibi insanlar, yaratma ve yaratıcılıkla ilgili yeteneklerini geliştirme hakkı dahil olmak üzere mutluluk için eşit haklara sahiptir. Dolayısıyla herkesin yaratıcılık hakkında bilgi sahibi olma hakkı vardır.

Bu amaçla, genel anlamda TRIZ "yaratıcılıkta cehaleti" yok etmek için genişletilmelidir. Böylece teknolojik alanlarda olduğu gibi TRIZ günlük problemlerin çözümüne de yardımcı olabilir.

İnsanların ve dünyanın çeşitli problemleriyle uğraşabilmek için problem çözme ve uygun araçlar yaratma sürecinde yaratıcı düşünmenin yönetilmesi için araştırmalar

yapılmaktadır. Bu noktada, genişletilmiş TRIZ, diyalektik sistem düşüncesini ve TRIZ'in kendi araçlarıyla uyumlu sistem geliştirmenin nesnel kanunlarıyla yönlendirilen yaratıcı düşünmeyi oluşturmak için bir geliştirme olacaktır.

TRIZ, genişleyebilmek için gerekli iç kaynaklara sahip bir yöntemdir. TRIZ felsefesi, teknolojik alanlar haricindeki insani faaliyetlerinde de kullanılabileceğini gösteren birçok noktaya sahiptir. Sistem hiyerarşisi açısından Altshuller'in geliştirdiği prensipler, kimyasal elementlere ve yaratıcılık yöntemleri kimyasal bileşenlere benzetilirse, gerçek dünyada birçok farklı kimyasal elementten oluşan birçok kimyasal bileşenin olduğu ve geliştirilebilecek yaratıcılık araçlarının sayısının ne kadar çok olabileceği anlaşılabilir.

Şekil 3.24'te görüldüğü gibi TRIZ, aralarında diyalektik, sistem teorisi, bilgi teorisi gibi yüksek seviyede genelleştirmeye sahip birçok bilim ve bilgi kaynağından beslenerek geliştirilmiştir. Uygulama alanı çok geniş olan bu bilimlerden edinilen bilgi ve bulgular, genel bir problem çözme teorisi yaratılması yolunda TRIZ'i genişletme sürecini etkili bir şekilde kolaylaştırabilir.

İnsan yaratıcılığının öznel (psikolojik) ve nesnel olmak üzere iki yönü bulunmaktadır. TRIZ öğretisinde, sistem gelişiminin veya evriminin nesnel kanunlarına vakıf olup kişisel psikolojiyi bu yönde yöneterek etkili yaratıcılık sergilenebileceğinden bahsedilir. Bu noktada, kişinin kendi psikolojik faktörlerinin nasıl çalıştığını bilmesi, onları yönetmesini kolaylaştıracağı için bilişsel psikoloji alanındaki bilgilerin, genişletilmiş TRIZ öğretisine eklenmesi uygun olacaktır.

Buluşların gelişimlerindeki bilgiye dayanarak ortaya çıkan patent bilgisi sayesinde teknolojik sistemlerin evrim kanunlarını ortaya çıkarmak mümkün olmuştur. Dolayısıyla, genişletilmiş TRIZ tanıtımı için sistemlerin evrim kanunlarının uygulamalarını kullanmanın önemi ile beraber teknolojik olmayan alanlardan alınacak örnekler de kullanılabilecektir.

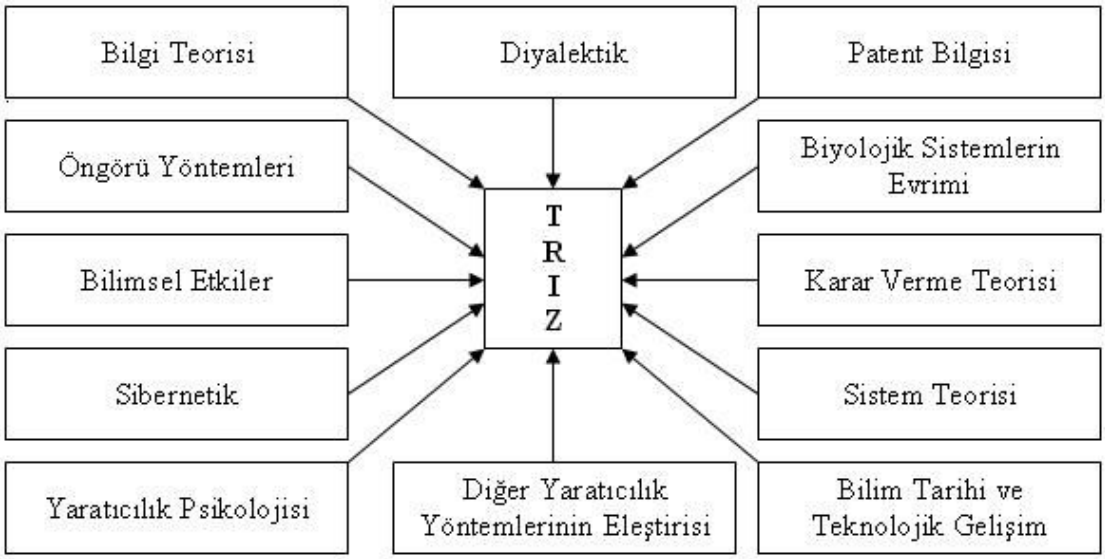
Yüksek seviye yaratıcı problemlerin çözümü sürecinde, üzerinde çalışılan teknolojinin yanı sıra geometri, fizik ve kimya konularında da geniş bilgiye sahip olmak önemlidir. Bu anlamda, mucitlerin bu konuda daha fazla bilgiye sahip olmaları için yapılması gereken çalışmalar gelecekte önem kazanacaktır.

TRIZ'in genişletilmesi sürecinde, genel seviyede ve özelde patent bilgisi seviyesinde alınacak geri beslemeler ve uygulamaların, yöntemin kullanıcılar tarafından

öğrenilmesinden sonra kullanım sonuçlarıyla her yeni genişletmenin doğrulanması, düzeltilmesi ve iyileştirilmesi gerekmektedir.

TRIZ'in sadece eğitim seviyesi yüksek insanlara değil daha düşük eğitim seviyeli insanlara da ulaştırılması genişletme çalışmalarında önemlidir.

Yaratıcılığı ve yeniliği yönetme sürecinin aşamalarında ve teorik ve uygulamalı konularda uzmanlaşmaya gidilerek TRIZ, kendi evrimi sürecinde genişletilebilir.



Şekil 3.24 TRIZ'in Yararlandığı Kaynaklar [74]

3.6.2. TRIZ Yazılımları

TRIZ, basit ancak etkili tasarım çözümleri sunmak için dünyadaki bilimsel ve mühendislik bilgisini kullanmaktadır. Bu sayede, mucitlerin ihtiyacı olan bilgilerin, etkili bir bilgi yönetimi çözümüyle bir araya getirildiği ve erişilebildiği bir yapı ortaya çıkmıştır. Milyonlarca patent üzerinde yapılan araştırmaların bir sonucu da buluşlarda kullanılan bilimsel ve mühendislik teorilerinin tanımlanabilmesi olmuştur. TRIZ'in kullanım sürecinde, bu bilgilere hızlı erişim büyük önem taşımaktadır. Bu sebeple özellikle TRIZ'in dünyaya açılmasından sonra Bilgi Teknolojileri Çağı'nın etkisiyle, bu geniş veritabanındaki bilgiler yazılım uygulamalarına taşınarak kullanıcıların hizmetine sunulmaktadır. Yazılımlar sayesinde, TRIZ sürecini öğrenmek, hızlı patent araştırması ve analizi yapmak ve kişisel veya kurumsal TRIZ çalışmalarını kayıtlı tutmak mümkün olmaktadır.

Günümüzde, başarılı bir biçimde yaratıcı problemleri çözmek için gereken süreyi azaltmak amacıyla geliştirilen ve felsefe açısından farklı olan iki TRIZ yazılımı bulunmaktadır. Bunlardan ilki, Boston'daki The Invention Machine kurumundan Valery Tsourikov tarafından geliştirilen TechOptimizer (daha sonra Goldfire Innovator olarak geliştirilmiştir), diğeri ise Michigan'daki Ideation International kurumundan Boris Zlotin ve Alla Zusman tarafından geliştirilen Innovation Workbench isimli yazılımlardır [39]. Invention Machine şirketi ile ortak bir çalışma yürüten Mitsubishi Araştırma Enstitüsü, TechOptimizer yazılımının Japon sürümünü çıkararak TRIZ'in Japonya'ya tanıtımında liderliği ele almaya çalışmaktadır.

Her iki yazılım paketi, TRIZ'i tanıtmada ve problem çözme sürecini organize etmede farklı yaklaşımlar getirse de, bu yazılımlar sayesinde mühendislik tasarımının kavramsal safhasına yönelik yeni bir bilgisayar destekli tasarım aracı türünün ortaya çıktığı söylenebilir [43].

Bilinen Bilgisayar Destekli Tasarım ve Üretim sistemleri, belli tasarımların geometrik ve malzeme bilgilerini işleyip hesaplarken, TRIZ tabanlı yazılımlar, düzenli fiziksel bilgi ve buluş prensipleri şeklinde biriktirilmiş yaratıcı deneyimlere erişimi sağlamaktadır. Bu yazılımlar tasarım çözümünün hangi şekil veya geometride olması gerektiğini değil, hangi yapıda olması gerektiği konusunda bilgi vermektedir. Bilgisayar Destekli Tasarım ve Üretim sistemleri, veritabanındaki bilinen tasarım çözümlerine doğrudan fonksiyonel ve geometrik özellikleri yansıtırken, TRIZ yazılımları, fonksiyon ve bulunacak olan kavramın yapısı arasındaki ilişkinin yansıtılmasını organize etmektedir.

Bilgisayar Destekli Tasarım ve Üretim sistemlerinin üretime hazır çözümler sunması, onları öğrenilmesi ve uygulaması kolay yapılar kılar. TRIZ tabanlı yazılımlarsa problem çözümünde genel önerileri, iyi düzenlenmiş etkileşimli bir şekilde sunmak suretiyle tasarımcı veya mucidin bu bilgileri yorumlamasını ve uygulanabilir çözüme dönüştürmesini gerektirmektedir. Bu aşamada, yeterli bilgisayar desteğinin olmaması, öneri ile çözüm arasındaki boşluğun büyük olması olasılığından dolayı, deneyimsiz tasarımcıların zorlanmasına neden olmaktadır. TRIZ yazılımlarının çıkışı ve gelişiminin bu boşluğu küçültebilmesi gerekmektedir. Öte yandan deneyimli bir kullanıcı bu yazılımlar sayesinde yaratıcı geliştirme sürecini önemli ölçüde kısaltabilmektedir [43].

Geliştirilen ticari TRIZ yazılımları aşağıda belirtilmiştir:

- Goldfire Innovator: TRIZ ile buluş yapmak için kullanılan TechOptimizer ile çevrimiçi patent ve bilgi veritabanı servisi olan Goldfire Intelligence yazılımlarının birleştirilmiş halidir.
- Innovation Workbench: Üreticisi Ideation International kurumu TRIZSoft adında bir yazılım ailesi geliştirmiştir.
- Creax Innovation Suite: Creax tarafından geliştirilmiştir.
- TRIZ Contrasolve: IDEACore tarafından geliştirilmiştir.
- TriSolver4.net: TriSolver tarafından geliştirilmiştir.
- Systematic Value Advancement (SVA) Software: Pretium Consulting Services tarafından geliştirilmiştir.

4. TRIZ İLE VAKA ÇALIŞMALARI VE UYGULAMALAR

Bu bölümde, TRIZ'in çeşitli araçları kullanılarak gerçekleştirilen vaka çalışmaları ve uygulamalardan bazı örnekler yer almaktadır.

4.1. Büyüme Stratejisi

Bu uygulama, J. Hipple'nin "The Use of TRIZ Separation Principles to Resolve the Contradictions of Innovation Practices in Organizations" isimli makalesinden alınmış olup, Ayrılık Prensipleri ile yeni iş alanları yaratmak için yapılması gereken uygulamaları açıklamaktadır [75].

Büyük şirketlerin çoğunlukla dayanak aldıkları iş türü, nakit akışının düzenli olduğu ancak kazancın büyümediği uzun vadeli işlerdir. Düşük büyümeli nakit akışına sahip işlerden, kısa vadede negatif nakit akışı getirecek ancak yüksek kar payı ve büyüme sağlayacak işlere geçmek; özellikle eğer yeni iş alanında özel tekniklere ve ticari yeteneğe gereksinim olması halinde zor olabilmektedir. Dolayısıyla ortaya, şirket için yavaş ve hızlı büyüme seçenekleri arasındaki çelişki çıkmaktadır. Aşağıda TRIZ'in ayrılık prensipleri uygulanarak bu çelişkilere getirilen çözümler yer almaktadır.

Zamanda Ayrılık: Ürünün yaşam döngüsünün incelenmesiyle, belirlenen bir zamanda mevcut ürünü ikame etmek için tanımlı, ayrılmış ve hedefe yönelik yenilikçilik programı başlatmak mümkündür. Başka bir alternatif ise tahmini zaman aralıklarında uygulanacak bir devralma stratejisidir.

Uzayda Ayrılık: Tamamen farklı yaklaşımlara sahip olacak ve birbirinden fiziksel olarak tamamen ayrı iki organizasyonla mevcut pazara ve müşterilere yönelmek.

Sistemin bütününde ve bileşenlerinde ayrılık: Şirket içinde girişimci bir grup oluşturarak yeni bir iş perspektifi oluşturmak için itme vermek.

Koşula Göre Ayrılık: Ekonomik dalgalanmanın en yüksek ve en düşük anlarını kullanarak yeni teknik ve ticari stratejileri uygulamaya almak. Bundan başka stok

fiyatı, rakibin hareketi, hammadde fiyatındaki önemli değişiklik gibi suni olarak yaratılan kriz koşullar için uyarı olabilir.

4.2. İnsan İlişkileri Problemleri

Bu vaka çalışması, James F. Kowalick tarafından hazırlanan "Creative Solutions to a Human Relations Problem" isimli makaleden alınmış olup insan ilişkilerindeki problemlere çeşitli TRIZ araçlarıyla getirilen çözümlerden bahsedilmektedir [76].

İnsanlar arası etkileşimleri oluşturan çok çeşitlilikteki insan ilişkilerinin etkinliğini artırma konusunda, tatmin edici bir başarı sağlanamamış olmasının nedenleri arasında insan psikolojisinde konunun uzmanlık dalının olmaması, belirsiz problem tanımından ana problemin özel modelinin kurulmasına geçişi sağlayacak sürecin eksikliği ve yaratıcı çözümlerden yoksunluk sayılabilir. Problem tanımlama ve yaratıcı yaklaşımın eksikliği, zaman zaman ortaya çıkan geçici çözümlerle giderilememiş ve bu konuda genel bir teori ve uygulama oluşturulamamıştır. TRIZ'in insan ilişkilerini geliştirme konusunda kullanımının olup olmadığı çok araştırılmamıştır. Bu konuda aşağıdaki vaka çalışması bir örnek teşkil etmektedir.

John'un ITQ şirketinin üretim hattında Başkan Yardımcısı olarak çalışmasının sebebi, IsoTech Quadratics Başkanının bir numaralı üretim hattının idamesini onun sağlayabileceğini düşünmesidir. John, aktif, sorunun doğrudan kaynağına giden ve işe en iyi odaklanan kişi olarak bu yeri edinmiştir. Ancak John, duyarsız, patavatsız ve hatta zaman zaman utandırıcı hareketler yapan biridir. Bir lokantada bir garsona yaptığı çirkin davranışların benzerini AR-GE bölümü yöneticisine yapması, bu kişinin şirketten ayrılmasına sebep olmuştur.

John işi hemen yapmak isterken, sabır, görüş ve insani duyarlılıktan yoksun bir çalışma tarzına sahiptir. Yanına kendi gibi düşünen ve davranan bir grup insanın toplandığı John'un şirket için önemi, kendine bağlı üretim hattını açık tutabilmesidir. Şirkette bir kutuplaşmaya yol açan bu durum, geri kalanların John yüzünden daha verimsiz çalışmasına da sebep olmaktadır. Buradan, problemin kısa bir tanımlamasını yapmak mümkündür. John, çalıştırdığı üretim hattında verimlilik açısından çok iyi durumdayken, davranışlarıyla hem diğer çalışanları rahatsız etmekte hem de ITQ'nun araştırma geliştirme çalışmalarına zarar vermektedir.

TRIZ yaklaşımı uygulanarak John'un sebep olduğu faydalı ve zararlı olaylar ortaya konur. Zararlı olaylar arasında, John'un duyarsızlığının onun, üretim hattı dışında hedefleri olan çalışanlar için çıkardığı problemler ve bundan dolayı şirketin yeni ürün geliştirme konusunda sorun yaşaması yer almaktadır. Buna karşılık John'dan gelen fayda, günlük üretim ve pazar başarısına odaklı çalışmaya olan katkısıdır. John'un düşüncesiz bir kişi olmasının yarattığı zararlı olay ise diğer yöneticiler ve başkanın John'un grubu ile diğerleri arasındaki gerginliği azaltmak için çaba sarf etmelerini gerektiren faydalı olayı ortaya çıkarmaktadır. John'un duyarsızlığı nedeniyle, onun üretim hattı dışında hedefleri olan çalışanlar için çıkardığı problemler konusunda iki yaklaşım sergilenebilir:

John'un duyarsızlığı ve günlük üretim ve pazar başarısına odaklanma ifadelerini değiştirmeden John'un davranışlarının diğer çalışma gruplarına olumsuz etkisini önleyecek bir çözüm üretmek.

John'un duyarsızlığının, üretim hattı dışında hedefleri olanlara sorun çıkarması durumunu avantaja dönüştürecek bir yol bulmak.

John'un özelliklerinin çok zor değişeceğini düşünerek başkan ve yöneticilerin zamanını almadan bu davranışlarından kurtulmanın yolunu aramayı sunan birinci seçenek, doğrudan bir ifadedir. İkinci seçenek ise buluş prensiplerinden 22 numaralı "zararı yarara dönüştürme" prensibiyle ilgilidir.

Bu noktada TRIZ açısından çelişki, John'un, kendi grubunun amaçlarına erişebilmesi için kontrolündeki tüm kaynakları kullanmasına karşılık diğer organizasyonel amaçları etkisiz ve moralsiz kılacak şekilde çalışmasıdır. İyileşen özellik, değerli bir amaca yönelik yararlı bir eylem yapılması, kötüleşen özellikse başka bir amacın zarar görmesidir. Fiziksel çelişki olarak ifade etmek gerekirse, John hem görevde olmalı hem de olmamalıdır. Üretim hattının idamesi ve başarısı için görevde olması gerekirken, çirkin davranışlarının diğer üretim faaliyetlerindeki çalışanları olumsuz etkilemesinden dolayı görevde olmamalıdır.

Fiziksel çelişkinin çözümü için kullanılan ayrılık prensiplerine başvurularak çözüm üretilebilir. Uzayda ayrılık prensibi işletilirse, çelişen görevlerin farklı kişilere verilmesi çözümü üretilir. John üretim hattından sorumlu olurken, yeni ürün geliştirme için AR-GE bölümüne bir yönetici atanır. Bu yönetici, John'un davranışlarından etkilenmeden onu bir iç müşteri gibi görüp dinleyecektir. Üretim ve

AR-GE gibi satın alma, pazarlama, vb. bölümler de kendi sorumluluk alanlarına sahip olacaktır.

Zamanda ayrılık prensibi kullanılarak, çelişen sıralı veya eş zamanlı görevlerin, organizasyonun farklı bölümlerindeki farklı kişilere verilmesi uygulaması yapılabilir. John üretimin başında kalırken, başka biri AR-GE, satın alma, pazarlama gibi üretimden önce gelen faaliyetlerin sorumluluğunu alabilir.

Aynı probleme 40 buluş prensibinden çözümler de getirilebilir. Örneğin, nesnenin engelleyici özelliğini ayırıp sadece gerekli özelliğini korumayı ifade eden 2 numaralı "çıkarma, ayırma" prensibine göre, John üretim görevinde kalırken, onun diğer sorumlulukları elinden alınıp başka çalışanlara verilebilir. Zararlı etkileri önceden sezen ve bu etkiler ortaya çıkınca onlarla başa çıkmaya hazır bir nesne veya mekanizma oluşturmayı ifade eden 9 numaralı "başlangıçta eylemsizlik" prensibinin uygulamasında, Başkanın, John'u şikayete gelenlere sorumluluk alanlarını hatırlatarak herkesin kendi görevinde olduğunu ve birbirlerine karşı sorumluluk taşıdıklarını ifade etmesi vardır. 22 numaralı "zararı yarar dönüştürme" prensibiyle, John'a tüm üretim hattının sorumluluğu verilerek sadece buna odaklanması ve diğer yöneticilerin sorumluluğundaki işlerle ilgilenmemesini sağlamak mümkündür. 24 numaralı "aracı kullanma" prensibi uygulanırsa, tüm üretim hatlarından sorumlu bir üst yöneticinin atanması ve John ile grubunun bu yöneticiyi desteklemesi sağlanabilir.

Bunlardan başka, sistemden bir nesne çıkartarak sistemin nasıl iyileştirilebileceği konusunda geliştirilen kırpma (trimming) yöntemi uygulanarak, John'un görevden alınması ve John'un özelliklerini taşımayan başka bir yöneticinin üretim hattının sorumluluğunu alması sağlanabilir.

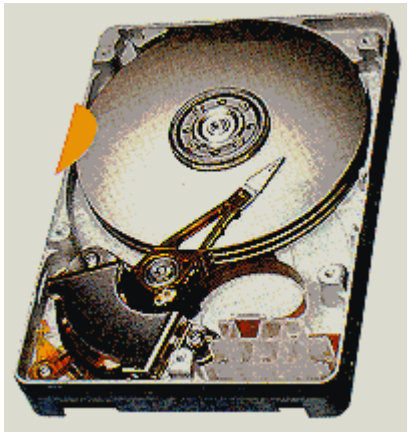
Bu probleme, TRIZ araçlarıyla başka çözümler de bulmak olanaklıdır. Karmaşık problemlere yüksek seviyede çözümler önermesi ve çözüm amaçlarını ifade etmeyi sağlamasıyla bu yöntem, insan ilişkileri gibi teknik olmayan problemlerde de kullanılabilir.

4.3. Bilgisayar Sabit Disk Problemi

Bu vaka çalışması, bilgisayar sabit diskinin güvenilirlik probleminin çözümünü içeren Zinovy Royzen'in "TRIZ Solves a Hard Drive Reliability Problem" isimli makalesinden alınmıştır [77].

Sabit disk, elektrik motoruyla döndürülen manyetik bir diske göre hareket eden ve manyetik alana duyarlı okuyucu/yazıcı kafa içeren bir erişim koluna sahiptir. Okuyucu/yazıcı kafayla sabit diskin arasında dönen diskin yarattığı hava akımı nedeniyle oluşan çok küçük bir boşluk vardır. Bu boşluğun disk ile kafanın teması sonucu bir an için yok olması bile veri kaybına neden olmaktadır. Disk üzerinde, disk dönmediğinde kafanın yerleştiği veri depolanmayan bir bölge vardır. Bilgisayar çalıştırıldığında, disk dönerek hava akımı yaratır ve bu akım erişim kolunu kaldırarak istenen boşluğu sağlar. Ardından, veri okuma ve yazma için erişim kolu ve kafa yerleşim bölgesinden çıkar. Bilgisayar kapanırken kol bölgeye geri döner ve diskin dönüşünün yavaşlamasıyla azalan hava akımı kolun bölgeden çıkmasına neden olmaz.

Bilgisayara dıştan hareket ettirici veya darbeli bir kuvvet uygulanırsa, erişim kolu yerleşim bölgesinden çıkıp diskteki veriye zarar verebilir. Kafa bölgenin içindeyken kolun hareketini engelleyen kalıcı bir mıknatıs kullanılır ve bilgisayar çalışırken kol, bu mıknatısın kilitleme gücünü yenmek zorundadır. Şekil 4.1'de sabit diskin yapısı görülmektedir.

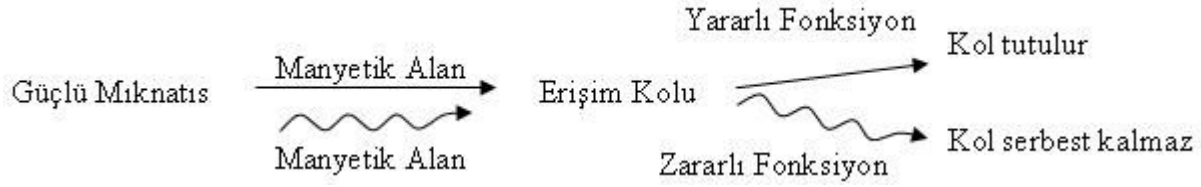


Şekil 4.1 Sabit Disk

Buradaki problem, diskin dış kuvvetlere karşı korunmasının gerekliliğidir. Bu mevcut mıknatısın daha güçlü olanıyla değiştirilmesiyle çözülebilir. Ancak bu durumda, kol mıknatısın oluşturduğu kuvveti yenip hareket edemeyecektir. Böylece

güvenilirliği artırmak adına performans kaybına sebep olunur. Yaratıcı bir çözüme gereksinim vardır.

TRIZ kullanılırken ilk önce fonksiyonel analiz yapılır. Kilit mekanizması, mıknatıs, plastik tutucu ve vidadan oluşmaktadır. Mıknatısın fonksiyonu kolu tutmak olup, yeni tasarımda mıknatısın performansı bu fonksiyonu yerine getirmek için yetersizdir. Daha güçlü mıknatıs ise kolun hareketini engelleyecektir. Çelişkinin Madde-Alan modeli Şekil 4.2'de ifade gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Sabit Disk Probleminin Madde-Alan modeli

Royzen tarafından geliştirilen analitik bir TRIZ yöntemi olan "İdeal Yollar" ile probleme şu çözümler geliştirilmiştir.

1. çözüm: Erişim kolunun tutulmasına olan gereksinimi yok etmek: Bilgisayar kullanılmazken, kolun hareket etmemesi için tutulması gerekmektedir ve eğer kol dış kuvvetle oynatılmazsa tutmanın bir manası kalmamaktadır. Bu ifade, kolun istenmeyen hareketine neden olan istenmeyen eylemler zincirinin tanımlanmasını gerektirir. Kol, pimi nedeniyle hareket eder; dış kuvvet nedeniyle oluşan pimin hareketi engellenmelidir. Pim, diskin kasasından dolayı hareket eder; dış kuvvet nedeniyle oluşan kasanın hareketi engellenmelidir. Disk kasası, bilgisayar kasası nedeniyle hareket eder, dış kuvvet nedeniyle oluşan bilgisayar kasasının hareketi engellenmelidir. Bu çözümde, istenmeyen eylemi engellemenin doğrudan yolları yöntemi kullanılmıştır.

2. çözüm: Kilitleyici mıknatısın değiştirilmesi: Kaynakların incelenmesiyle, kilitleyici mıknatısın değiştirilmesi olasılığı ortaya çıkar. Bunun için, olasılıklardan biri ses bobini kullanmaktır. Elektrik akımının geçişiyle ses bobininde oluşan manyetik alan, kolu pim etrafında çevirir. Tutucu kol ve mıknatıs yerine bu bobin konularak mıknatıs, plastik tutucu ve vidadan kurtulmak mümkün olur. Diğer bir olasılık, erişim koluna mıknatıs yerine emniyet kemeri görevi görecek bir dış kuvvet uygulamaktır.

3. çözüm: Erişim kolu, gerekli olduğunda serbest bırakılabilen daha güçlü bir mıknatısla tutulur: ARIZ'in adım adım süreçleri uygulanarak problem biçimlendirilir; fiziksel çelişkinin ve ideal sonucun tanımlaması yapılır. Ayrılık prensipleri uygulandıktan ve sabit diskin ile kilit mekanizmasının kullanımından sonra bir dizi tasarım kavramı geliştirilir. Geliştirilen tasarımlar kolun çalışma performansını eksiltmeden tutucu kuvvetin artmasına izin verir.

4.4. Akışkan Görüntüleme Sistemi

TRIZ Group isimli şirketin vaka çalışmalarından biri aşağıda yer almaktadır [78]. Bir özel sektör şirketi, mevcut deneyim ve değerlerinin maksimum kullanımını sağlayacak bir pazara girmeye hedeflemektedir. Şirket, bu amaçla bazı biyomedikal izleklerde ve yarı iletken endüstrisinde kullanılan, akışkan görüntüleme sistemlerinin kontrol düzeni için yeni bir donanım geliştirme araştırmaları yapmaktadır. Muhtemel müşterilerle yapılan görüşmeler bu tür bir ürünün pazar değeri olduğunu doğrulamaktadır. Pazarda öncü olmak ve pazara sunum süresini azaltmak için şirket, TRIZ Group ile anlaşarak yaratıcı bir ürün için kavram geliştirme çalışması başlatmıştır.

Buna göre, TRIZ yaklaşımının evrimsel kalıplarının sistemin ve bileşenlerinin evriminin yönü hakkında bilgi vermesinden dolayı TRIZ Group, kontrol mekanizmasının parçası olduğu sistemin evrimini incelemiştir. Geleneksel akışkan analizlerinde iki adım olduğu; ilk adımda akışkanın bir borudan geçirildiği ve ikinci adımda akışkanın, kimyasal bileşimini inceleyen uzaktan kumandalı bir akışkan analizcisine yerleştirildiği görülmüştür. Evrim kalıplarından birinde yardımcı alt sistemlerin fonksiyonlarının ana alt sistemde birleştirilmesi yer almaktadır. Bu kalıp probleme uygulandığında, boru hatları ile akışkan analizcilerinin birleştirilmesi çözümü ortaya çıkmıştır. Kontrol düzeninin evrimi bu birleşime bağlı olmuştur. Kontrol mekanizmalarının gelişimi mümkünken, boru hatlarıyla birleştirme fırsatı, yeni nesil mekanizma geliştirme ihtiyacını ortadan kaldıracağı daha ümit verici görünmüştür.

Sonuç olarak şirket ek pazar araştırması yaparak bu çözümün doğruluğunu görmüştür. Hizalı akışkan analizcilerinin gelişmekte olan yeni bir teknoloji olduğu anlayan ve yeni nesil kontrol mekanizması yerine bu konuda araştırmalarını yoğunlaştıran şirket önemli derecede zaman ve para kazancı sağlamıştır.

5. TRIZ İLE GELENEKSEL PROBLEM ÇÖZME YAKLAŞIMLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

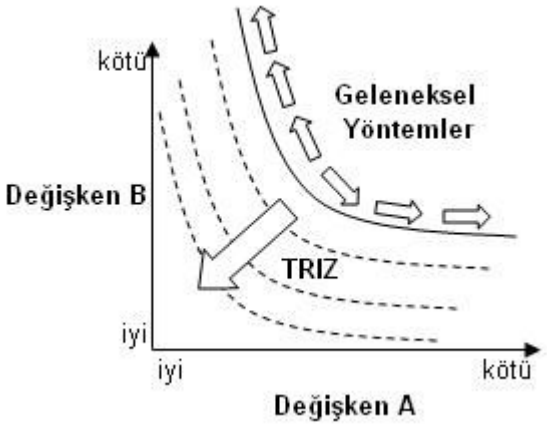
TRIZ ve diğer problem çözme yöntemlerinin karşılaştırılmasında, ağırlıklı olarak geleneksel problem çözme yaklaşımıyla TRIZ'in arasındaki farklar ortaya konacaktır. Kavram geliştirme konusuna geleneksel yaklaşım, kullanışlı bir fikir üretilene kadar bir seferde problemin bir unsurunun çözülmesini önerir. Bu deneme-yanılma yöntemi, tekil problemler için en fazla 15 alternatif söz konusuyken işletilebilir ve düşük seviye bir çözüm geliştirilmesine neden olur. Ancak karmaşık problemlerde alternatiflerin sayısı bundan çok fazladır. TRIZ bu noktada, karmaşık problemlerin çözümünde kullanılabileceği gibi herhangi bir probleme birden fazla çözüm önerebilmektedir [48].

Geleneksel yöntemlerin en önemli eksikliği, problemin karmaşıklığının artmasıyla kullanışlıklarının kaybolmasıdır. Deneme-yanılma yönteminde, problemin zorluğu arttıkça yapılması gereken denemelerin sayısı ve dolayısıyla harcanan zaman ve maliyet artar. Altshuller'in çalışmaları, zor yaratıcı problemlerin çözümünün kolaylaştırılması ve bunun diğer insanlara aktarımını sağlamak üzerine yoğunlaşmış olup, bu çaba TRIZ'in yaratılmasına yol açmıştır [39].

TRIZ, geleneksel problem çözme tekniklerine göre problemlere çözüm bulmada daha hızlı, akıllı ve düşük maliyetli bir yol önererek, mühendislere ve bilim insanlarına yardımcı olmaktadır. TRIZ sayesinde problem çözmenin asıl işlevselliği anlaşılarak birçok geleneksel patenti tasarlamak mümkün olmaktadır. TRIZ, problemlere kavramsal çözümler getirirken bu çözümlerin uygulanmasındaki sorunlara da çare olabilmektedir.

TRIZ araçlarını ve geniş veritabanını kullanmak için mevcut durumun ayrıntılı analizini yapmak ve problemin açık tanımıyla beraber yeniliğin neden gerekli olduğunun belirlenmesi, bu yöntemin kapsamında yer almaktadır. TRIZ yöntemlerinin, müşteri ihtiyacının ve endüstrinin teknolojik kabiliyetlerinin doğru anlaşılmasıyla birleştirilmesi, yeni ve başarılı ürünlerin yaratılmasını sağlar. Şekil 5.1'de TRIZ ile geleneksel yöntemler arasında, sistem değişkenlerinin iyileştirilmesi

açısından yapılan karşılaştırma diyagramı yer almaktadır. Bu diyagramdan değişkenlerin iyileştirilmesinde TRIZ'i kullanmanın avantajı görülebilmektedir.



Şekil 5.1 TRIZ ile Geleneksel Yöntemler Arasındaki Fark

Tablo 5.1 TRIZ ile Altı Sigma'da Kullanılan Geleneksel Yöntemlerin Karşılaştırılması [79]

	Geleneksel Yöntemler	**TRIZ**
Problem Tanımlama	Sistematik yaklaşım yoktur.	Problemi biçimlendirmenin erken aşamalarında çelişen gerekliliklerin engellenmesi ya da uzlaşmaya gidilmesi yerine yoğunlaştırılması vardır. Neden-sonuç ve girdi-çıktı analizinde etkili olan problem biçimlendirmesini ters çevirir ve hataların kaynağındaki sebepleri tespit etmeye yardımcı olur.
Yenilikçi Çözümler ve buluşlar yönlerini belirlemek için karar vermek	Fikir Toplama teknikleri olarak veritabanı ve süreç modelleme kullanılır. Bu teknikler karmaşık problemler için düşük maliyetli yenilikçi çözümleri kısa sürede bulmak ve performansı daha yüksek sigma seviyelerine çıkarmak için etkili değildir. Fikir Teşvik Teknikleri, psikolojik (beyin fırtınası, morfolojik analizi vs) teknikler ve deneysel tasarımı içerir. Maliyet, işgücü ve zaman harcayıcı olabilirler.	Fikirlerin toplanması ve yenilikçi fikirlerin teşvik edilmesi için analitik ve bilgi tabanlı araçlar kullanılır (Çelişkiler Matrisi, Madde-Alan modelleri, Evrim Kalıpları)
Fikir Üretme Süreci	Geleneksel fikir üretim sürecinde üç aşama vardır: 1. Alternatiflerin üretilmesi 2. Alternatiflerin görüntülenmesi 3. En iyi kavramların değerlendirilmesi Bu aşamalar çok sayıda yapılandırılmamış ve yönlendirilmemiş tartışma içerdiği için zaman ve işgücü kaybı çoktur.	TRIZ, etkili bilgi tabanlı araçlar sunarak fikir üretme sürecinin hızlanmasını sağlar ve hatasız karar verme ve değerlendirme yapılmasını destekler.

Averboukh da, Altı Sigma yöntemindeki problemlerin TRIZ kullanılarak çözülebileceğini öne sürdüğü makalesinde, geleneksel yöntemlerle TRIZ arasında Tablo 5.1'de belirtilen karşılaştırmayı yapmıştır.

TRIZ'i diğer problem çözme yöntemlerinden ayıran ve yaratıcı bir teori olmasını sağlayan ölçütler arasında aşağıdakiler sayılabilir [46];

- Sistematik olması ve adım adım bir süreç sağlaması
- Yaratıcılık sürecini geniş bir çözüm uzayından, en ideal çözüme doğru yönlendirmesi
- Sürecin çeşitli problemlerde güvenilir ve tekrarlanabilir olması
- Sürecin beyin fırtınası gibi psikolojik araçlara dayanmaması
- Sürecin yaratıcı bilgiye ulaşabilmeyi ve bundan faydalanabilmeyi sağlaması
- Sürecin yaratıcı bilgiye katkıda bulunmayı sağlaması

TRIZ ile başta geleneksel problem çözme yöntemleri olmak üzere diğer problem çözme tekniklerini karşılaştırırken Zusman tarafından yaratıcı teknikleri gruplandırmak için oluşturulan yedi kategori incelenebilir [80]:

1. Motive/Organize Eden Teknikler: Doğal yaratıcılığı ortaya çıkaran ve akli engelleri ortadan kaldırmayı kolaylaştıran bir ortam yaratmak için kullanılırlar. Napolyon tekniği, müzik dinlemek bu tekniklere örneklerdir.

2. Rasgelelik: Araştırmayı daha kaotik hale getirirken, bireyleri veya grupları problem çözmek için rasgele denemeler yapmaya yönlendiren tekniklerdir. Beyin Fırtınası en belirgin örnektir.

3. Odaklanma Teknikleri: Rasgele fikir üretiminde çıkabilecek zorluklara karşı bir seferde belli bir konuya odaklanmayı sağlayan özel tekniklerdir. Nitelik listeleme yöntemi örnek olarak verilebilir.

4. Sistemler: Odaklanmış ve rasgele adımların birbirini belirli bir sırayla izlediği sistemlerdir. Kalite Fonksiyonu Yayma bu gruba giren bir yöntemdir.

5. İşaret Eden Teknikler: Önceden sezgisel ve deneyime dayalı olarak veya belgelenerek belirlenmiş bir yöne doğru tekil veya çoğul adımlardan oluşan önerileri içerir. Problemi tersine çevirme ve TRIZ araçlarından biri olan ARIZ bu sınıfa dahildir.

6. Evrimsel Yönlendirilmiş Teknikler: Bu teknikler evrimin temel kalıplarına göre belirlenen yönlerin izlenmesini önerirler. TRIZ'in Teknolojik Evrimin Kalıpları bu kategoride yer alır.

7. Yenilikçi Bilgi Tabanlı Teknikler: Bu teknikler geçmişteki buluş ve yenilik deneyimlerinden çıkarılan yapılandırılmış bilgiyi kullanırlar. TRIZ'in Çelişkiler Matrisi ve 40 Buluş Prensibi bu teknik sınıfındadır.

Bu sınıflandırmaya göre ilk beş grup psikolojik yönü ağır basan teknikler olup kalan iki grup bilgi tabanlıdır. Günümüzde psikolojik tabanlı teknikler bilgi tabanlı tekniklerin gelişimiyle bilgiyi yaratıcılık için kullanabilir hale gelmiştir.

Doğal yaratıcılığı ortaya çıkaran ve psikolojik hareketlendirmeye dayalı yöntemleri Beyin Fırtınası yönteminin yaratıcısı A. Osborn ile ilişkilendirmek mümkündür. Osborn'un işaret ettiği yöndeki diğer teknikler arasında sinektik, temel tasarım yöntemi, yanal düşünme sayılabilir. "Değer Mühendisliği" yöntemini geliştirilen L. Miles'ın yönünü işaret ettiği eldeki bilgiyi kullanmaya yönelik teknikler arasında Morfolojik Analiz, Kalite Fonksiyon Yayılımı ve Hata Türü ve Etkileri Analizi yer almaktadır. Yenilikçi bilgi tabanlı teknikler ise yaratıcı problem çözmedeki en iyi uygulamaların kullanılmasını, ispatlanmış bilginin temin edilmesini ve sonuçların kişisel (psikolojik) etkenlerden bağımsız tekrar edilebilir olmasını sağlamak gibi avantajlara sahiptir. Bu konuda en önemli örnek Altshuller'in geliştirdiği TRIZ yöntemidir.

Yaratıcı problem çözme konusundaki araştırmalarda, TRIZ'in karşısına karşılaştırma nesnesi olarak, ortaya çıkış tarihlerinin yakın olmasıyla beraber temel düşünce ve uygulamada önemli farklılıklara sahip olmaları nedeniyle sıklıkla Beyin Fırtınası konulmuştur. Bu nedenle, bu noktadan itibaren ağırlıklı olarak TRIZ ile Beyin Fırtınası yöntemleri karşılaştırılacaktır.

Beyin fırtınası, pazarlama alanında ürün planlama, mal isimlendirme, reklam faaliyetleri için geliştirilmişken, TRIZ, ana amaç olarak mühendislik alanında yaratılmıştır. Pazarlama, insan üzerine çalışırken fikrin iyi bir görüntü ve güçlü bir etki yaratmasını değerlendirir. Mühendislik alanında ise fikrin doğal bilimlerin kapsamında olup olmadığı sorgulanır. Bu açıdan aranılan fikrin niteliği ve bu fikri yaratmak için gerekli bilginin niteliği farklıdır. Bu durum, kişiyi farklı düşünme yollarına sevk eder ve böylece TRIZ'in adım adım süreç tanımına karşılık Beyin Fırtınasının sıçrama ve sezgisel düşünmeyi önerdiği sonucuna varılır. Tablo 5.2'de çeşitli ölçütlere göre bu iki yöntemin özellikleri karşılaştırılmıştır.

Tablo 5.2 TRIZ ile Beyin Fırtınasının Çeşitli Ölçütlere Göre Karşılaştırılması [64]

Ölçütler	Beyin Fırtınası	TRIZ
Doğuş Alanı	Pazarlama Alanı	Doğal bilimler, özellikle mühendislik
Gerekli Bilgi	Sosyal bilimler bilgisi (psikoloji, davranışbilim, ekonomi, vs.)	Doğal bilimler bilgisi (fizik, kimya, matematik)
Temel fikir üretim önermesi	Nicelik kaliteyi üretir	Yüksek kalite fikri az sayıda güvenli bir şekilde üretilir
Düşünme kalıbı mekanizması	Mantıkta sıçrama, sezgi, serbest eşleme, savruk düşünme	Adım adım, bilimsel, mantık ve benzetim
Fikir üreticisi	Grup olarak düşünme	Temel olarak bireysel
Fikrin malzemesi	Grup bireysel bilgiyi içerir	Patent analizinden gelen buluş prensibinde kanıtlanmış
Yeteneğin yapısı	Eleştiri yasağı, serbest düşünme, niceliğin çokluğu ve birleştirmeyle geliştirme	Süreç, teknik ve veriyi sentezleyen yöntem
Düşünmenin yönü	Belirli bir yön olmadan 360 derecede her yöne doğru	İdealliğin arayışı
Öğrenme süresi	Kısa (1 saat içinde)	Uzun (saatler)

Beyin Fırtınası, bütün fikirlere açık, kısıtlardan bağımsız düşünmeyi destekleyen, fikir eleştirisinin yasak olduğu bir yöntemdir. Katılımcılardan tek istenen kendi fikirlerini sunmalarıdır. Kısıtlı sürede fikir üretimini öngören bu yöntem, bilinçaltındaki fikirlerin ortaya çıkmasını sağlayarak rasgele araştırmaları geliştirirken, 1. ve 2. seviye yeniliklerde etkili olabilmektedir. TRIZ'de de Madde-Alan modelinin yardımıyla problem tanımlandığında benzer bir teknik uygulanır. Çeşitli alanlardan çözüm kavramları her sistem dönüşümü için eşit olasılıkta değerlendirilir. Bu dönüşümlerden, kaynakları en iyi kullanan ve ideal nihai sonuca en yakını uygulama için değerlendirilir [53].

Beyin Fırtınası, morfolojik analiz gibi sistemler, yaratıcılığın nicelikle bağlantılı olduğu varsayımına dayanır. Ancak Manor, yapılan araştırmaların yayılmış düşünce tekniklerinin birçok vakada etkili olmadıklarını ortaya koyduğunu belirtmiştir [40]. Beyin fırtınası oturumundaki katılımcıların, bir doğal liderin önderliğinde grupça düşünmeye eğilimlerinin ortaya çıkması ve yargının ertelenmesi gibi durumların, fikirlerin yaratıcı kalitesini artırmaktan öte onlara zarar verdiği tespit edilmiştir. Rasgele benzetim tekniklerinin orijinal fikir üretimine yardımcı olmaması ve yayılan düşünceye nazaran odaklanmış düşüncenin düşünce sürecini daha iyi tanımlamayı sağlaması, ortaya çıkarılan diğer tespitler olmuştur.

Beyin Fırtınası yönteminde kullanılan teknikler, bakış açısını genişletmeye ve "kutunun dışına" bakmaya yönlendirmeleriyle fikir üretme ve problem tanımlamada etkinliğe sahip olabilecek teknikler gibi gözükmelerine rağmen, bu süreçlerin tetiklenmesi daha çok rasgele olmakta ve her zaman eldeki problem ile bağlantısı olmamaktadır. Ayrıca katılımcıların deneyim ve bilgi birikimi, üretilen fikirlerin kapsamını kısıtlayıcı bir unsurdur. Bu yöntem problemin nispeten kolay olduğu veya aşamalı çözüm gerektirdiği noktada yeterli olmaktadır.

Beyin fırtınasının en önemli dezavantajları arasında, problemlere odaklanmada yetersizlik, serbest çağrışımın geliştirilememesi sonucu sadece katılımcıların bilgilerinin toplanması noktasında kalınması ve üretilen fikirlerin detaylandırılamaması yer alır. Alsthuller ise Beyin Fırtınasının düşünme sürecinin kontrolünü reddederek yapısal bir hata içerdiğini belirtir. Katılımcılardan birini ortaya attığı ve diğerleri tarafından geliştirilen bir fikrin, son aşamaya kadar çok iyi götürülmesine rağmen bu noktada bir üyenin bambaşka bir fikir ortaya atarak süreci bir anda sona erdirebilmesini eleştirmiştir. Ayrıca, eleştiri yasak olduğu halde geliştirilen fikrin üzerine yepyeni fikir üretme davranışlarıyla gizli eleştirinin yapılabildiğini söyleyerek Beyin Fırtınası yönteminin dezavantajlarına değinmiştir [17].

Changqing, Huang Kezheng ve Ma Fei'nin çalışmalarında ise TRIZ ile beyin fırtınası, 5N1K yöntemi, biyonik eşleme, birleştirme yöntemi, tersine yenilik, teknoloji aktarımı yöntemleri karşılaştırılmış ve bu karşılaştırma sonucunda TRIZ'in diğer yöntemlere göre daha sistematik bir yapıya sahip olduğu sonucu çıkarılmıştır [81]. Yenilik sürecinde bilgi tabanlı desteğin çok önemli olması ve sadece TRIZ'in yenilik için Etkiler Veritabanı gibi bir sistematik kütüphaneye sahip olması, bu sonuca götüren faktörlerden biridir. Ayrıca TRIZ, yenilik için üretilen fikirlerin, etkilerin ve patentlerin incelenmesinden gelmesini ve bu fikirlerin uygulamaya kolayca konulabilmesini sağlayan sistematik problem analiz araçlarını içermektedir.

Nakamura, Tablo 5.2'nin son satırında gösterildiği gibi, TRIZ'in Beyin Fırtınası yöntemine göre öğrenilmesi daha zor bir teknik olduğunu belirtir. Ayrıca, her aşamada çok fazla seçenek olmasının sorun oluşturması ve seçenek bulunsa bile TRIZ'in uygulamadan daha fazla felsefeye yönelik çözüm önerileriyle problemle bağlantısının kurulmasının zor olması bu yöntemin diğer dezavantajlarıdır [82]. Kowalick ise TRIZ'in, çeşitli araçlar ve izleklerle kişinin yaratıcı kapasitesini

geliştirirken yaratıcı düşünme seviyesine aynı derecede yardımcı olmadığını belirtmiştir. Bu kısım "yaratıcı aydınlama"ya ulaşmak ile ilgili olup TRIZ yaklaşımının bir parçası olmayan bu kavram, düzenli uygulamalar yapılarak kişisel yaratıcılık seviyesinin artırılmasında kullanılabilmektedir [15].

TRIZ'in, bilimsel olarak yaratıcı yenilik için kullanılırken psikolojik yaklaşımı dışarıda tutarak adım adım bir düşünme süreci ortaya koyması, bu yöntemi Beyin Fırtınası yönteminin zıddı haline getirir. Beyin Fırtınası, fikirlerin "üzerine atlayarak hatayı deneme" düşüncesine sahip olduğu için TRIZ'in karşısında kalmaktadır. Bu yaklaşıma rağmen düşünme yeteneği perspektifinden bakıldığında, uzmanlara göre yaratıcı problem çözme için bu yöntemlerin ortak kullanılabilmesi ve birleşimlerinden etkili yaratıcı düşünceye ulaşılabilmesi mümkün görünmektedir [83].

TRIZ patent bilgisi ve evrim kalıplarından gelen geniş bir bilgi tabanını kullanırken, Beyin Fırtınası bireysel deneyime ve birikime dayanmaktadır. Her ne kadar TRIZ bu konuda daha avantajlı görünse de, örneğin reklam sektöründe etkili iletişimi sağlayan az sayıda teoriye karşılık sezginin ve deneyimin önemi göz ardı edilmemelidir. David Hughes'a göre, iki yöntemi bir arada kullanmak problem çözümüne güçlü bir yaklaşımdır [64]. TRIZ'in bilgi birikiminden faydalanarak buradan yaratıcı bilinmezliğe geçip Beyin Fırtınası yönteminin uygulanmasını bir seçenek olarak sunmaktadır. Bu noktada, iki yöntemin amaç ve vizyon bulma, olay bulma ve veri toplama, problem bulma, fikir bulma, çözüm bulma ve kabul bularak eylem planı yapma konularında ortak kullanılabileceğini belirtir.

Jack Hipple'a göre, TRIZ ve Beyin Fırtınası yöntemlerini birleştirmek için birçok teknik kullanılabilir. Kelimelerin ve örneklerin teşvik edilmesi tekniği rasgele bile olsa 40 buluş prensibinin kullanımında yer alabilir. İdeal Nihai Sonucun kavramlarının ve kaynakların, bu aşamada ifade edilmesiyle projenin amacını yeterince vurgulamanın ve tüm kaynakların göz önüne almanın kontrolü yapılabilir. Değerlendirme aşamasında üretilen fikirlere karşıtlarının çıkması, çelişkilerin tanımlanması olarak görülebilir. Bu noktada, Çelişkiler Matrisi ve Ayrılık Prensiplerini kullanmayı düşünmek mümkündür. Problemin tanımlanmasında grup üyelerine yardımcı olması için Madde-Alan modeli araçları yararlı olacaktır. Sonuç olarak, Beyin Fırtınası takımı, TRIZ araçlarının gücünü fark ederek hangi problemde hangi tekniğin kullanılabileceğine karar verebilir [84].

Bu birleştirme düşüncesi bağlamında, Zusman'ın yukarıda bahsedilen sınıflandırmasından ortaya çıkan yönlerdeki tekniklerin birleşimi için yapılacak bir çalışmada da Osborn'un yönünden psikolojik ataletin azaltılması ve takım çalışması, Miles'in yönünden problem ve sistem için bilginin toplanması, fonksiyonel analiz ve morfolojik yaklaşım, Altshuller'in yönünden ise evrimsel yaklaşım, yenilikçi bilgi tabanlı yaklaşım ve TRIZ'in analitik araçlarını almak güçlü bir metodoloji yaratmak için kullanılabilir. Zusman'ın yaptığı karşılaştırmaya göre TRIZ bu teknikler arasında yenilikçi bilgi tabanlı ve evrimsel yönlendirilmiş tek yöntem olarak, en iyi buluşları ve mucitleri kullanıcının karşısına getirmektedir [80].

Tablo 5.3'te ise TRIZ ile diğer bir problem çözme yöntemi olan ve William Gordon tarafından geliştirilen Sinektik yönteminin karşılaştırması yer almaktadır. Tablodaki maddelerden görülebileceği gibi TRIZ, diğer yöntemin bireysel ve grup deneyimine dayalı yapısına göre daha sistematik, yapısal bütünlüğü gelişmiş bir yöntem olarak gösterilmektedir.

Tablo 5.3 TRIZ ile Sinektik'in Karşılaştırması [85]

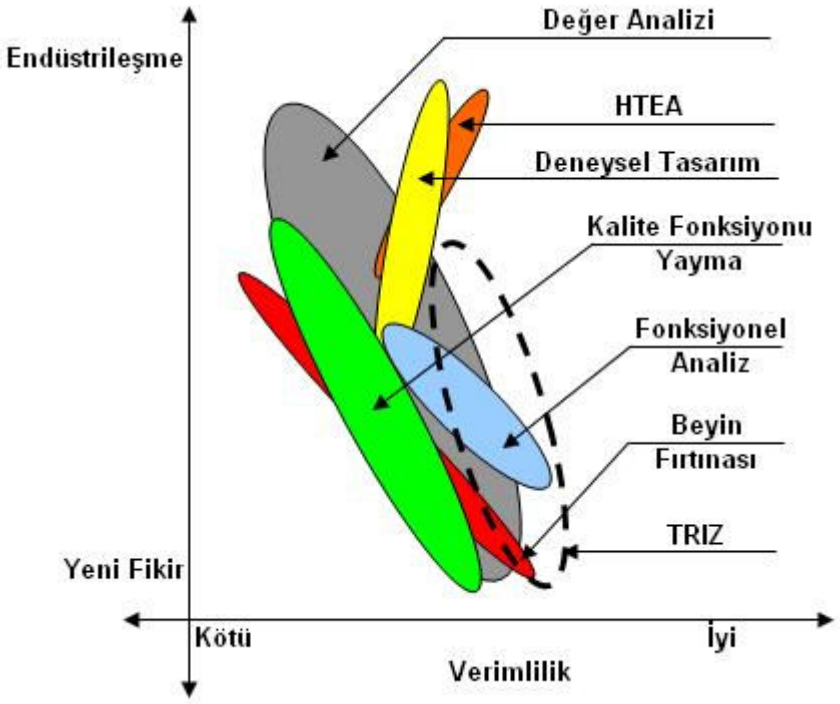
Sinektik	TRIZ
Başlıklar	Birincil İşlevsellik
İdeal İstek	İdeal Nihai Sonuç
Ek istekler	İkincil işlevsellik haritası
Birçok kez "bu nasıl yapılır?"ı keşfetmek	Bütün kaynaklara ve eğilimlere bakmak
Değerlerin kesinliği ve ihtiyaçların ifadesi	Çelişkilerin bulunması
İhtiyaç ve koşulların abartılması	İhtiyaç ve gerekliliklerin abartılması
Metafor/benzetim kullanımı	40 prensip ya da 76 standart çözümün kullanımı
Serbest şekilde oynamak	Süreci tekrarlanan bir şekilde kullanmak

Genel kanı, TRIZ'den en çok faydanın, yeni ürün geliştirme ve özellikle kavramsal tasarım aşamasında sağlandığı yönündedir. TRIZ, daha önce organizasyonlarda çalışan özel yaratıcı yeteneklere sahip insanlar tarafından çözülen teknik problemlerin, yapılandırılmış bir yaklaşımla halledilmesini olanaklı kılmıştır. Organizasyonlar, faaliyet gösterdikleri endüstrilerin içindeki bilgi birikimini problem çözmede yeterli görürken TRIZ, bakış açısını diğer endüstrilere ve bilim dallarına yönelterek genişletmiş ve etkili, hatta daha düşük maliyetli yaratıcı çözümlerin bu kaynaklardan gelebileceğini ispatlamıştır. TRIZ kullanıcıları, eski yöntemlerle

yapılan karşılaştırmalarda TRIZ'i ve TRIZ tabanlı yazılımları kullanmanın araştırma ve geliştirme faaliyetlerini daha çabuklaştırdığını belirtmişlerdir. Ekler bölümündeki Tablo A.2'de problem çözme konusuna geleneksel yaklaşımlar getiren yöntemlerin çeşitli ölçütlere göre TRIZ ile karşılaştırması yer almaktadır.

Karşılaştırmalı bakış açısından TRIZ ile diğer yaratıcı yöntemleri değerlendirmek de mümkündür. Kalite Fonksiyon Yayılımı, Deneysel Tasarım gibi diğer yaratıcı problem çözme teknikleriyle beraber değerlendirildiğinde, TRIZ'in bu tekniklerin yönlenemediği boşlukları çok iyi bir şekilde doldurmak gibi önemli bir özelliğe sahip olduğu görülür. Beyin Fırtınası grupları için ise problem çözme sürecinde teşvik sağlarken kendi yaratıcılıklarına odaklanmalarına yardımcı olmaktadır. TRIZ, S eğrisi analizi ve teknolojik öngörü kullanımıyla, ürün geliştirme stratejilerini hazırlayanlara teknolojinin evriminin yönü ve buna bağlı ürün yaşam döngüsü konularında öngörü yapmakta yardımcı olur [13]. Şekil 5.2'de çeşitli yaratıcı problem çözme yöntemleriyle TRIZ'in karşılaştırıldığı bir diyagram yer almaktadır. Buna göre TRIZ yeni fikirlerin üretilmesinde Beyin Fırtınası ile beraber en başarılı yöntem olarak gözükürken endüstrileşmeye uzak kalmakta, verimlilik açısındansa en başarılı yöntem olarak öne çıkmaktadır.

Bu bölümde belirtilen tüm bilgiler ışığında göz önüne alınması gereken konu, hangi problem çözme aracının daha iyi olduğunu belirlemeye çalışmak yerine, çeşitli yöntemlerin işbirliğinden elde edilebilecek faydaları düşünmektir. Değişik koşullarda farklı yöntemlerin farklı derecelerde avantajlar sağladığı bir gerçektir. Bir işbirliği platformu oluşturmak yerine ya TRIZ ya da başka bir yöntemi kullanma çabası, üretkenlik karşıtı bir sonuca yol açabilir. Zaman zaman farklı süreçlerin güçlerini birleştirmek, işlevsellik ve kabul edilebilirlik açısından daha avantajlı olmaktadır. Dolayısıyla TRIZ'in kavramlarının diğer problem çözme yöntemleriyle beraber değer yaratabilme kapasitesine sahip olduğu göz önüne alınarak TRIZ'in sağladığı önemli avantajların diğer yöntemlerin faydaları ile birleştirilmesi, yaratıcı çözümler üretmekte verimli olabilecek bir seçenektir. Bunu sağlamak için firmaların bu konu üzerinde yoğunlaşabilecek birimlerle çalışmalarında fayda vardır.



Şekil 5.2 TRIZ ile Diğer Yaratıcı Yöntemlerin Karşılaştırması

6. TRIZ İLE DİĞER YARATICI YÖNTEMLERİN İŞBİRLİĞİ

6.1. TRIZ ve Altı Sigma

Altı Sigma, iyi yapılandırılmış bir kalite geliştirme aracı, TRIZ ise yaratıcı bir yöntemdir. Bu iki kavramın ortak kullanımı sayesinde yaratıcı kalite geliştirme yöntemleriyle yüksek seviyede kaliteye ulaşmak ve kaliteyi geliştirmek amacıyla yaratıcı problem çözme araçlarını kullanmak mümkündür [30].

Bilindiği gibi, Altı Sigma yönteminin gelişiminde üretimde veya hizmette yapılan hataların sayısının azaltılmasıyla ürünün veya hizmetin kalitesini artırarak müşteri memnuniyetini ve karlılığı artırmak yer almaktadır. Bu noktada müşterinin istekleri, özellikle yüksek rekabet olan bir ortamda çok önemli bir değişken oldukları için tanımlanması, öngörülmesi ve hatta mümkünse etki edilmesi gereken bir hedef haline gelmiştir. Ancak bunu yapabilmek için deneme-yanılma yöntemini kullanmak hem zaman kaybettirici hem de riskli olmaktadır. Averboukh'a göre, bunun yerine TRIZ'in yaratıcı yaklaşımını kullanmak Altı Sigma çözümlerine önemli katkı sağlayacaktır [80].

Averboukh incelemesinde özellikle uzun süren veri toplama süreçlerine ve yeniden çalışmaya yol açan karar verme hatalarının, Altı Sigma yöntemi uygulanan projelerde gecikmelere yol açtığını belirtmiştir [80]. Altı Sigma'nın çeşitli aşamalarında karşılaşılan ve bu aşamalar temelinde gruplandırılan diğer gecikme sebepleri aşağıda yer almaktadır:

Tanımlama Aşaması

- Kötü proje seçimi ve/veya problem biçimlendirmesi
- Değişiklik/yenilik için hazırlanan muhtemel yönler listesinin yeterince ayrıntılı olmaması
- Problem çözümü sırasında veya bunun sonucu olarak meydana gelebilecek ikincil derece problemlerin önemsenmemesi
- Alternatif neden ve sonuçların kötü tanımlanması ve önemli girdilerin iyi gözlemlenmemesi

- Projenin kapsamını yanlış yönde daraltmaktan ötürü hataların ortaya çıkması
- Hata analizinin detaylı yapılmaması

Ölçüm Aşaması

- Veri toplama ve ölçümlerin uzun sürmesi
- Ölçüm sistemlerinin eksikliği veya çok değişken olması
- Kaynaktaki sebebi bulmakta hata yapılması

Tasarım Aşaması

- Gerçekten üretken ve/veya yenilikçi fikirlerin ve rekabetçi tasarımların eksik olması
- Zaman ve işgücü tüketen deneysel tasarım çalışmaları

Doğrulama/Kontrol Safhaları

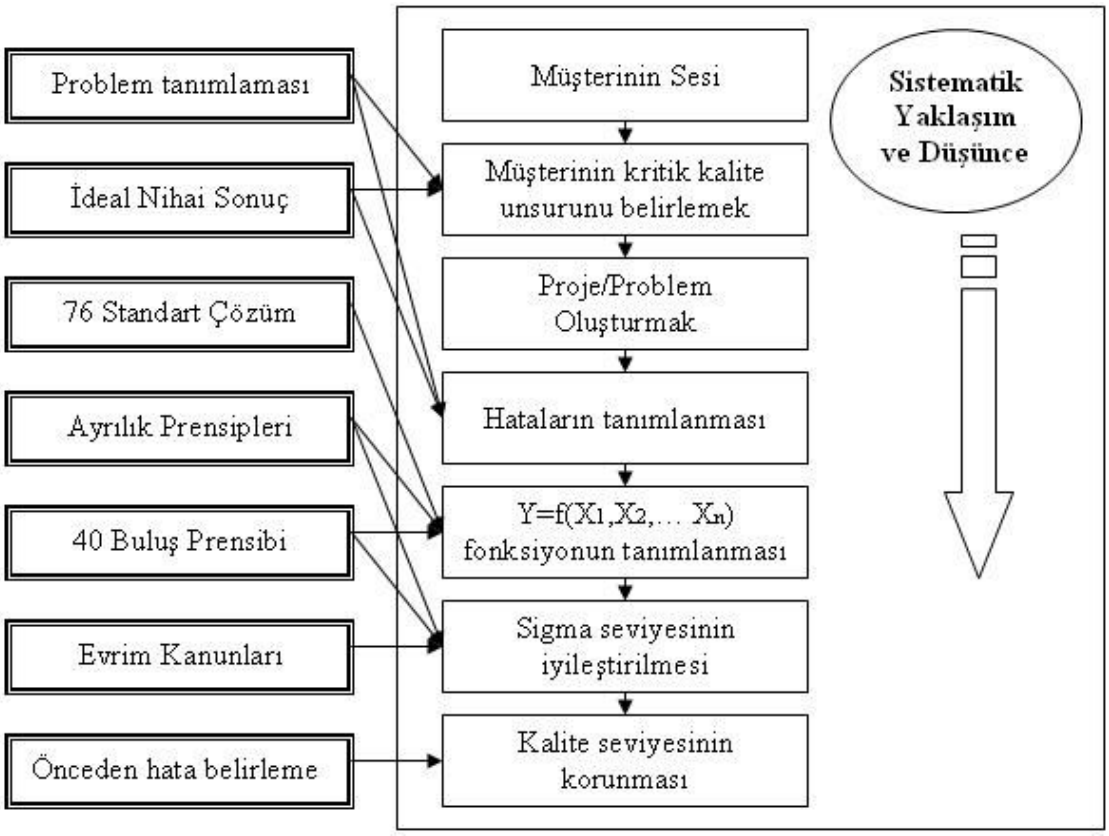
- Hata tahmininin sistematik ve detaylı olarak yapılmaması

Gecikmelere neden olmanın yanında, kalitenin maliyetini artıran bu unsurların yok edilmesi için ek analitik çözüm araçlarının kullanılması karar verme sürecinin hızlanmasını, bu süreçte ve problem çözme sırasında hataların oluşmamasını ve döngü süresi azaltılarak verimliliğin ve karlılığın artırılmasını sağlayacaktır. Hata analizi, problem biçimlendirmesi gibi konularda sistemlerin evrim kalıplarını kullanarak geleneksel mühendislik yaklaşımlarından daha geniş bir perspektif sunan TRIZ ile bu gelişimin yaratılması söz konusu olabilir. Aşağıda belirtilen beş farklı yolla TRIZ araçlarını, Altı Sigma uygulamalarında kullanmak mümkündür [30]:

1. Tüm Altı Sigma girişiminin ve tasarım aşamasının ilk halinde kalitenin kritik unsurlarını tanımlamak ve Altı Sigma'nın uygulanacağı problemin doğru tarifini yapmak için kullanılabilir.
2. Ölçüm aşamasında ölçüm sisteminin yaratılması veya geliştirilmesi için kullanılabilir.
3. Kritik kalite unsurlarının duyarlı olduğu değişkenler arası çelişkilerin tanımlanması ve çözülmesi için analiz aşamasında kullanılabilir.
4. Geliştirme aşamasında sürecin her safhasının, sistematik olarak idealliğe yönlendirilerek iyileştirilmesi için kullanılabilir.

5. Kontrol aşamasında hata yapmanın öngörülebilmesi ve bunun kaynağındaki nedenin çözülmesi için kullanılabilir.

TRIZ'in gelişmiş yöntemleri ve araçlarının, Altı Sigma'nın yetersiz kaldığı noktalarda bu yöntemi iyileştirmek için kullanılması, tanımlamada karar verme hatalarını yok etmeyi, tasarımda düşük maliyetli çözümler üretmeyi, analiz ve ölçümde zaman kaybını düşürmeyi tetikleyerek hataların azaltılması sonucunda müşteri memnuniyeti ve karlılık artışını sağlamaktadır. Şekil 6.1'de TRIZ araçlarının Altı Sigma aşamalarına uygulanması gösterilmektedir.



Şekil 6.1 TRIZ Araçlarının Altı Sigma'ya Uygulanması

6.2. TRIZ, Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY) ve Taguchi Yaklaşımı

Kalite Fonksiyon Yayılımı, Taguchi yöntemleri ve TRIZ'in her biri tasarım sürecinin bir yönüne katılan kavramlardır. Kalite Fonksiyon Yayılımı, müşterinin gereksinimlerini (müşterinin sesi) toplayarak bunları tasarım gereksinimlerine (buluş yapan kişi/ mühendisin sesi) dönüştürmektedir. Taguchi yöntemleriyse, bir ürün üretmek için süreç değişkenlerini ve en iyi ürün bileşenlerini belirlemek için deneyler yapmaya dayalı temel istatistiksel tekniklerdir. Kalite Fonksiyon Yayılımı

yöntemiyle tanımlanan müşteri isteğine bağlı iyileştirmeler ve firmanın performans ölçümleri, TRIZ için "ilk faydalı fonksiyonlar" olmaktadır. TRIZ'in yenilikçi kavramlarının sınıflandırılması, Kalite Fonksiyon Yayılımı'nın çıktıları ile yapılabilmektedir. Taguchi yöntemleri ise TRIZ'in ana hatlarını belirttiği tasarım özelliklerinin detaylandırılmasını sağlar [86].

Kalite Fonksiyon Yayılımı, müşterinin ne istediğine odaklanarak fonksiyonel gerekliliklerı tanımlamak için kullanılırken, bu gerekliliklerin nasıl ve hangi teknolojilerle sağlanabileceğini doğrudan ortaya çıkarmaz. Kalite evi matrisi sayesinde müşteri istekleriyle organizasyonun kabiliyetleri arasındaki açığı belirleyerek çelişkilerin veya çelişen değişkenlerin tanımlanmasında kullanılabilir. Belirlenen çelişkiler ise TRIZ araçları (Çelişkiler Matrisi) kullanılarak yok edilebilir.

Taguchi Yöntemleri, en iyi sonuç için süreç ve ürünlere ait optimum değişkenleri belirleme gerekliliği ortaya koyar. Zaman zaman iki süreç değişkeninin, iki veya daha fazla özellik üzerinde çelişen etkilerle teknik çelişki yaratması veya tek bir değişkenin, farklı seviyelerinde iyi ve kötü özellikler vermesiyle fiziksel çelişkiye yol açması söz konusu olabilmektedir. Taguchi Yöntemleri, bu çelişkileri açıkça ortaya koyarak TRIZ kullanımı öncesinde problemin tanımlanmasını kolaylaştırabilmektedir. Bunun ardından, çelişkilerin giderilmesi için TRIZ araçlarına başvurulabilir. Ayrıca değişken seçiminin optimize edildiği ve en iyi sürecin belirlendiği bir deney planlamasıyla, TRIZ'in yaratıcı çözümlerinin doğrulaması ve uygulaması yapılarak bu işbirliği ters yönde de işletilebilir [5].

Kalite Fonksiyon Yayılımı'nda eksik olan darboğaz mühendisliği, TRIZ araçlarıyla gerçekleştirilebilirken, müşteri gerekliliklerinin belirlenmesi ve sağlam tasarım için en iyi değişkenlerin detaylandırılmasında yeterli olmayan TRIZ, bu konularda sırasıyla Kalite Fonksiyon Yayılımı ve Taguchi Yöntemleri ile işbirliğine girebilir. Taguchi yöntemlerinin müşteri isteklerinin ortaya çıkarılması ve sistem tanımlaması konusundaki eksikleri de diğer iki yöntemin yardımıyla giderilebilir. Sonuç olarak bu yöntemlerin işbirliği ile kavramsal tasarımdan pazara sunuşa kadar, üretim ve ürün geliştirme konularında gelişim kaydetmek mümkündür. Tablo 6.1'de TRIZ ile Kalite Fonksiyon Yayılımı yöntemlerinin beraber kullanımından elde edilebilecek faydalar gösterilmiştir.

Tablo 6.1 TRIZ ile KFY'nin Beraber Kullanımı [10]

Geliştirme Aşaması	KFY	KFY ve TRIZ'in Beraber Faydaları
Pazar Araştırması	7 Üretim ve Planlama Aracı	Yeni ürünü, kavramsal yöntemlerle Yönlendirilmiş Ürün Evrimi kullanarak müşteriye göstermek
AR-GE	Teknolojiyi Yayma	Mühendislik darboğazlarını ve çelişkilerini çözmek
	Kaliteyi Yayma	Kalite Evi'nin çatısında keşfedilen çelişkilerin çözmek
Tasarım	Fonksiyonu Yayma	Müşteriyi heyecanlandırmak için Madde-Alan analizi ve Yönlendirilmiş Ürün Evrimi ile yeni fonksiyonlar tanımlamak
	Güvenilirliği Yayma	Önceden hata tahmini kullanılarak yeni ürünlerde çıkabilecek hataları tanımlamak ve önlemek
	Kavram Yayma	Teknik sistemlerin evrim kalıplarını kullanarak yeni kavramlar geliştirmek
	Maliyet Yayma	Uzlaşma yapmadan TRIZ kullanarak maliyetleri azaltmak
Üretim	Donanım Yayma	Donanım ve üretim kısıtlarından gelen tasarım limitlerini yok etmek
	Süreç Yayma	Süreç ve personel kısıtlarından gelen tasarım limitlerini yok etmek
Hizmet Sonrası	Hizmet Yayma	Hizmet edebilirlik için tasarıma yardım yapmak, hizmet darboğazlarını yok etmek

Bu arada, Yamashina, Ito ve Kawada yazdıkları makalede, Kalite Fonksiyon Yayılımı'nın, teknolojik yeniliği amaç edinmemesi nedeniyle kullanılacak teknolojik yeniliği belirlemede; TRIZ'in ise süreç geliştirmenin karmaşık problemleri için fonksiyon geliştirmede yetersiz olduğunu belirtmiştir. Dolayısıyla yeni ürün geliştirmede teknolojik yenilikleri uygularken sadece TRIZ ile Kalite Fonksiyon Yayılımı'nı birleştirmekle kalmayıp aşağıdakilerin dikkate alınması gerektiğini söylemişlerdir.

1. Kalite Fonksiyon Yayılımı ile yapılacak müşteri ihtiyaç analizi temelinde teknik yenilik yapılacak ürün bileşenlerini belirlemek
2. TRIZ araçlarını kullanmak amacıyla belirlenen bileşenler için çözülmesi gereken teknik problemlerin tanımlanması

3. Her TRIZ aracı için bu problemlerin yönlendirilmesi
4. Teknolojik yenilik fikirlerinin çıkarılması

Bu iki yöntemin birleşimi ile Yenilikçi Ürün Geliştirme Süreci adı verilen ve ürün planlamadan kavramsal tasarıma kadar olan süreçlerin sistematik olarak uygulanmasını içeren bir kavram önerilmiştir. Kalite Fonksiyon Yayılımı kullanılarak, teknolojik yenilik gerektiren mekanizmaların ürünün hiyerarşik yapısı içinde belirlenmesi ve fonksiyonlarla mekanizmalar arasındaki ilişkinin tanımlanması sayesinde, teknik problemlerin tanımlanıp TRIZ'e sunulması mümkündür [87].

6.3. TRIZ ve Kalite

Hızlı bir şekilde değişmekte ve gelişmekte olan endüstriler ve pazarlar, kalite kontrol sistemlerinin de yaratıcı unsurlara sahip hareketli yapılar olmasını gerektirmektedir. Kalite yönetiminin, ürünün veya hizmetin yaşam döngüsünde çelişkilerin ortaya çıkmasına yol açacak şekilde sürdürülmesi, kontrol sistemlerinin sürekli ve yaratıcı bir biçimde gelişimini zorunlu kılmaktadır.

Yaratıcılığın gelişimi, ürün/süreç geliştirme ve kalite iyileştirme kavramlarının gelişimine yardımcı olur. Kalite üzerine yapılan analizler, müşteri istekleri ve hangi sürecin ne kadar çalışanla gerçekleştirilmesi gerektiği konusunda bilgi verirken yaratıcılık, yeni ürün, hizmet, süreç ve sistemlerin gerçekleştirme yollarını bulmak için gereklidir [17]. Bunun yanı sıra ürün ve hizmetlerin, en düşük maliyetle en yüksek fonksiyonlara sahip olmasını bekleyen müşteri bakış açısının idealliğe yöneltici etkisi de hesaba katıldığında, yaratıcılığı ve yaratıcı problem çözmeyi ön plana çıkaran TRIZ'in kalite ile olan doğrudan ilişkisi ortaya çıkar.

Timo Silen, Finlandiya'da ulusal kalite stratejisi konusunda hazırladığı raporda kaliteyi, yaratıcılık ve müşteri yaklaşımı temelinde dört kategoride değerlendirmiştir [88]:

1. Değersiz kalite: yaratıcılık ve müşteri yaklaşımı yok.
2. Mekanik kalite: yaratıcılık olmadan müşteri yaklaşımı.
3. Odaklanmamış kalite: müşteri yaklaşımı olmadan yaratıcılık.
4. Dünya çapında kalite: yaratıcılık ve müşteri yaklaşımı var.

Dolayısıyla, sadece müşteri odaklılığın yetersiz olması gibi sadece yaratıcılık da yüksek kaliteye ulaşmak için yeterli olmamaktadır. Müşteri odaklı stratejilerin yaratıcılık ile birleştirilmesi yüksek kalitede ürün ve hizmetlerin ortaya çıkmasını sağlar. Bu noktada, TRIZ araçlarıyla nasıl yüksek kaliteye ulaşılabileceğine dair yöntemler, örneklerle beraber aşağıda yer almaktadır.

1. İkili sistemler kullanmak (Buluş prensipleri): Müşterilerin bireysel isteklerine göre çeşitlilik ve kalite yaratma yolu, müşteriyi tatmin edip maliyette artışa sebep olurken bu isteklerin göz ardı edilmesi, düşük maliyete karşılık müşteri memnuniyetsizliğine yol açar. 40 buluş prensibinden 1 numaralı dilimleme, bölme, ayırma prensibi, modüler mobilya, lego oyuncaklar, modüler binalar gibi örneklerle az sayıda bileşenden birden çok ürün çıkmasını sağlayarak soruna çözüm getirir.

2. Çoklu sistemler kullanmak: Şehir planlamasında trafik düzenlemeleri, çok katlı otoyollar, toplu taşıma çözümleriyle iyileştirmeler yapılabilirken bunlara alternatif olarak şehrin bir kısmının çok katlı hale getirilmesi çözüm olarak kullanılabilir.

3. Çelişkileri yok etmek: Pizza kutusu örneği verilebilir. Kalın kutu sıcaklığı korurken ağırlığı çoktur; ince kutu hafif olmasına rağmen pizza soğur; delikli kutuda pizza gevrek kalırken yine soğur, kapalı kutu ise pizzayı sıcak tutarken buhardan dolayı hamurlaşmasına sebep olur. Bu çelişkiler alt tarafında hava bulunan, içbükey ve yüksek tabanlı pizza kutusu tasarımı ile çözülebilir. Bu sayede su buharı pizzadan uzak kalırken pizza sıcaklığını koruyabilmektedir. Çelişkiler çözülerek kaliteyi artırmak mümkün olmuştur.

4. Uzayda Ayrılık Prensibi: Temizleme süngerinin hem sert, hem yumuşak yüzeyinin bulunması örnek olarak verilebilir. Tek bir üründe fonksiyon çeşitliliği artırılarak kalite yükseltilmiştir.

5. Zamanda Ayrılık Prensibi: Dokuda eriyen kemik çivileriyle kırık kemik tedavisi yapılması bu prensibe örnektir. Tedavi yapılırken çivilerin erimelerinden dolayı ikinci bir ameliyatla alınmalarına gerek kalmamaktadır. Süreç tek bir ameliyata indirgenerek kalite artırılmıştır.

6. Sistemin bütünü ve bileşenleri arasındaki ayrılık: Köpüklü metal örneğinde, katı madde bütün olarak yer alırken, gaz madde mikro seviyede bulunur. Bu metal, cep telefonlarının daha hafif olması için kullanılmaktadır.

7. İdeal Nihai Sonuç: İyi kaliteye sahip bir çözümün özellikleri, bu çözüm geliştirilmemiş olsa da tahmin edilebilir. İdeal Nihai Sonuç yaklaşımı da tasarımların ideal kaliteye yönelmesini sağlar.

8. Fonksiyon kırpma: Eski teknolojiyle, iki aşamalı bir işlemin yenilikçi anlayışla tek aşamaya indirilmesidir. Yüksek kaliteli sistemler en fazla fonksiyonları kırpılmış sistemlerdir.

9. Sistemlerin evrim kalıpları: Pnömatik lastikler ve yaylar bisiklet teknolojisinde kaliteyi artırmıştır. Dinamikliğin artırılması bunun altındaki kavramdır. Gelecekte, örneğin süspansiyon görevi de gören esnek bir iskelete sahip bisiklet ile dinamiklik daha da artırılabilir.

10. Yenilikçi prensipler: Hava yastığı örneği ele alınırsa, hava yastığının açılmasını çabuklaştırmak yenilikçi bir düşüncedir. Bu sayede küçük yolcu çarpana kadar yastık tamamen açılmış ve zarar verici etkisi azaltılmış olur.

11. Fiziksel etkiler: Pizza kutusunun alt kısmında biriktirilen buhar yoğunlaşması, hem pizzayı gevrek tutmaya yarar hem de bu yoğunlaşmayla oluşan ısı sayesinde harcanan enerji geri kazanılır.

7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Değişim ve gelişim hızıyla aynı derecede yüksek rekabet seviyesine sahip pazarlarda şirketlerin var olabilmek için müşteri eğilimlerini takip etmelerinin yanı sıra denenmemiş, farklı, yeni kavramları geliştirmeleri çok önemli hale gelmiştir. Bunu sağlayabilmek için işletmelerin yenilikçi ve yaratıcı düşünceyi destekleyen bir çalışma kültürü ortaya koymaları, dikkate alınması gereken ilk unsur olmuştur. Yenilikçilik sadece yaratıcı bir fikri üretebilmek değil aynı zamanda bu fikri değer yaratan bir ürün veya hizmet haline getirebilmektir. Rekabet sürecinde öne geçebilmek amacıyla, organizasyonel öğrenme kavramlarının yaygın olarak kabul görmeye başlaması, özellikle ürün geliştirme konusunda yenilikçi yöntemler kullanarak sonuç üretmeye yönelmekle sonuçlanmıştır. Bu bağlamda, ürün geliştirme sürecinde değişiklikler yaratarak, daha başarılı, daha hızlı üretilebilen ve daha düşük maliyetli ürünlerin ortaya çıkmasını sağlayan yeni yaklaşımlar ve düşünme şekilleri geliştirilmiştir.

Yaratıcılık kavramının genel olarak insanın psikolojik karakteristiğine atfedilen bir özellik olması, bu tür yeni yaklaşımların bazılarının psikolojik temeller üzerine geliştirilmesine neden olmuştur. Ancak sadece psikolojik yaklaşımla hızlı ve etkili endüstriyel çözümler üretmek, zaman ve işgücü gibi önemli maliyet kalemlerinin artmasına yol açmaktadır. Bu nedenle sistematik ve yapısal problem çözme yöntemlerine de ihtiyaç vardır. Bu noktada, Genrich Altshuller tarafından geliştirilen yaratıcı problem çözme teorisi TRIZ, bu gereksinime cevap verebilen bir yöntem olarak ortaya çıkmıştır.

Mühendislik tabanlı bir yaklaşımla geliştirildiği için, özellikle teknik problemlerin çözümünde kullanımı yaygın olan TRIZ'in temelinde teknik sistemlerin gelişiminin veya evriminin nesnel kanunlar çerçevesinde gerçekleştiği söylemi yer almaktadır. Buna göre sistemler, artan idealliğe doğru belirli kurallar veya eğilimlere göre gelişmekte ve değişmektedir. Bu evrim sürecinin lokomotifi olan buluşlar ise TRIZ felsefesinde çelişkilerin yok edilmesi olarak tanımlanmıştır. Buna göre TRIZ'de bir

problem, bir çelişki ifadesi olarak ele alınır ve bu çelişkinin yok edilmesi için gerekli araçlar kullanılarak çözülür.

TRIZ'in en önemli özelliklerinden biri, kullanıcıyı veya yaratıcı kişiyi kendi bilgi birikiminin veya alışkanlarının dışına çıkararak başka endüstrilerde, hatta bilim alanlarında yer alan bilgileri kullanmaya yöneltmesidir. TRIZ, deneme-yanılma yöntemi kullanarak problem çözmeye çalışmakla harcanan zamanı kısaltır. Ayrıca kişisel alışkanların veya öğretilen teamüllerin baskın gelmesi nedeniyle çözüme ulaşmayı engelleyen psikolojik ataleti, bakış açısını genişletmek ve kişiyi dar düşünce sınırlarından kurtarmak suretiyle yenmeyi sağlar.

TRIZ, psikolojik değil bilimsel bir teknik olup, bu yöntemle başarı sağlayabilmek için disiplinli bir çalışma ve sürekli uygulama yapmak gereklidir. Zaman ve işgücü bunun için harcandığında, yeni devrimci çözümler geliştirerek kazanç elde etmek ve yaratıcılığın rasgele veya irsi olmadığını görerek problem çözme çabalarını canlandırmak mümkündür. TRIZ, yaratıcılığın düşünülebilir ve öğrenilebilir bir kavram olduğunu ve en zor problemlere yaratıcı çözümler getirmek için kendinde ait araçların kullanılabileceğini öne sürer.

Çok sayıda deneysel kuralı kapsadığı ve aksiyom yaklaşımına dayanmadığı için tam olarak temel bilim olarak kabul edilemeyen TRIZ'in yöntemleri, biçimsel problem çözme ve sonuç doğrulama yolları yerine, geçmiş mühendislik deneyimlerinin üzerine yapılan kapsamlı bir çalışmanın sonucunda ortaya çıkmıştır. TRIZ kullanarak yapılan uygulamalar ve vaka çalışmaları, bu yöntemin kavramlarının ve araçlarının, mühendislik problemlerinin çözümünde kullanılabildiğini ve yeni ürün geliştirme sürecini fark edilir derecede hızlandırdığını kanıtlamıştır. 50 yıllık bir deneyim sonucunda, TRIZ'in kapsamında yer alan evrim kalıpları ve prensiplerin herhangi bir yaratıcı probleme uygulanabileceği ortaya çıkmıştır. Bu nedenle, her ne kadar 1990'lı yılların başından beri dünya çapında tanınırlığa sahip olsa da, özellikle yeni ürünlerin kavramsal tasarımı ve yeni teknolojilerin geliştirilmesi konusunda, çok çabuk bir şekilde mühendislerin başvuru kaynağı olmuştur.

TRIZ, yaratıcı problem çözme sürecinde sonuç üretmek için çeşitli kavramlar ve araçlar kullanmaktadır. TRIZ'in temel kavramları arasında, teknik sistemlerin tanımı ve bunların nesnel kanunlara göre gerçekleşen evrimlerinin kalıpları, gerekli bilgi birikimine göre sınıflandırılan buluş seviyeleri, problemi yaratan çelişkilerin tanımı

ve sınıflandırmasıyla bir sistemin ideal halini tanımlamak için kullanılan ideallik kanunu ve ideal nihai sonuç yer almaktadır. TRIZ'de, bu kavramların üzerinde inşa edilen bazı araçların kullanılmasıyla problem çözme süreci yürütülür. Bu araçların ilki çelişkiler analizi sürecinde başvurulan 39 mühendislik parametresi ve patent araştırmalarından çıkarılan 40 buluş prensibinin kullanılmasıyla ortaya çıkan Çelişkiler Matrisidir. Problemleri ve teknik sistemleri, en basit haliyle biri diğerine etki eden iki madde ve bu etkinin oluştuğu alanı kullanarak modelleyen Madde-Alan analizi, bu modellerin deneyimli yaratıcı kişiler vasıtasıyla çözümlerin modellerine dönüştürülmesiyle ortaya çıkarılan standart çözümler diğer TRIZ araçlarıdır. Bunlara ek olarak, geniş etkiler veritabanı bilgisini kullanmayı sağlayan Bilimsel ve Teknik Etkiler ile diğer TRIZ araçlarını bünyesinde barındırarak kapsamlı bir çözüm yöntemi sunan yaratıcı problem çözme algoritması ARIZ, TRIZ'in problem çözme araçları arasında yer almaktadır. 1980'lerin ortasından itibaren SSCB'nin dışına tanıtılarak dünyaya açılabilen TRIZ konusunda, Altshuller'in yetiştirdiği uzmanlar mevcut araçların iyileştirilmesi ve yeni araçların geliştirilmesi için çalışmalarına devam etmektedirler.

Bu özelliklere sahip olan TRIZ yaratıcı mühendisliğe aşağıda belirtilen yönlerde katkılar sağlamıştır:

- Teknolojik evrimin sistematik yapısını keşfederek alanlara bağlı olmayan evrim eğilimlerini tanımlamıştır.
- Tasarım çözümleri için yeni sınıflandırma oluşturmuştur.
- Yaratıcı problemlerin temelinde çelişkilerin olduğunu ve buluşların bu çelişkileri yok ederek gerçekleştiğini belirtmiştir.
- Çelişkilerin ortadan kaldırılması için bazı temel prensipler önermiş ve bu prensiplere sistematik erişimi sağlamıştır.
- Sistemlerin veya tasarımların madde, alan ve bunların etkileşiminden oluşan modellerini kurarak ürünlerin fiziksel yapılarını dönüştürmek için genel-geçer kalıplar uygulamıştır.
- Tasarımcının veya mucidin psikolojik ataletini yenmek için bazı işlemler ortaya koymuştur.

Birçok vaka çalışması TRIZ'in, yeni kavramsal çözümlerin üretilmesini sağlayarak en çok yeni ürün geliştirme sürecinde başarılı ve hızlandırıcı rol oynadığını ortaya koymuştur. TRIZ'in aşağıda bahsedilen faydaları bu durumun oluşmasında önemli paya sahiptir:

- Yaratıcı tasarım sürecinin en önemli başarı unsurlarından olan gerekli bilgiye hızlı ulaşma yolunu, geniş veritabanı yapısı sayesinde kullanıcıya sunabilmektedir.
- Yaratıcı kişilerin tüm dünya patent bilgisinden yararlanarak geçmişteki yaratıcılık deneyimlerini inceleyebilmelerini, sistematik olarak kurallar ve kılavuzlar biçiminde sağlamaktadır.
- Doğal olaylar ve fiziksel etkileri işaret ederek bir sistem için gerekli olduğu düşünülen fonksiyonun hangi fiziksel prensip kullanılarak yerine getirilebileceğinin araştırmasını organize etmektedir.
- Ortaya koyduğu sistemlerin evrim kalıpları ile alanlardan bağımsız bir gelişim tanımlaması yaparak kullanıcılara problemin çözümünde etkili bir yöntem sunmakla kalmayıp, gelecekte ürün üzerinde yapılabilecek değişiklikler veya yeni ürünün barındırması gereken özellikler hakkında da öngörü yapılmasına yardımcı olmaktadır.
- TRIZ'in amacı insan yaratıcılığının yerine geçebilmek değil, yaratıcı düşünme sürecini organize ederek kullanıcının gerekli bilgiye hızlı bir şekilde ulaşmasını sağlamaktır.
- Kullanıcılar, karşılaştıkları yeni tür yaratıcı problemleri çözebilmek için, daha önce edinmiş oldukları yaratıcı yeteneklere gereksinimleri kalmadan, TRIZ araçlarını kullanarak süreci yürütebilmektedirler.

TRIZ, sistematik bir yapı içinde yaratıcı problem çözme sürecini önemli ölçüde kolaylaştırıp kısaltırken bazı dezavantajlara da sahiptir. TRIZ, prototip bir tasarımın analizinin eksikliğinden ötürü, belirli bir problem için problemi yaratan çelişkilerin biçimlendirilmesi konusunda net ve kesin çizgilerle belirlenmiş öneriler sunmamaktadır. Problem çözme sürecinde kullanılması gereken buluş prensibini tanımlamak için problemin kaynağı olan çelişkinin genel mühendislik terimleriyle yeniden tarif edilmesi gerekirken, TRIZ'in böyle bir araca sahip olmaması bu tarifin sezgisel olarak yapılmasını gerektirmektedir. TRIZ sayesinde bulunan yaratıcı

prensipler, üzerinde çalışılan probleme özgü bir çözüm değil çözüme yönelik geçmiş deneyimlere dayalı bir yön gösterirler. Bu nedenler TRIZ'i öğrenmeyi ve yöntem üzerinde uzmanlaşmayı yavaşlatmaktadır.

Bu noktada, TRIZ'in geniş veritabanı ve bilgi birikimiyle çalışan sistematiğini hızlandırmak için kullanıcıya dost ve çok fonksiyonlu yazılımların geliştirilmesi önem kazanmaktadır. Bu bağlamda, özellikle Ideation International tarafından geliştirilmekte olan Innovation Workbench ve Invention Machine tarafından geliştirilmekte olan Goldfire Innovator yazılımları, bahsedilen ihtiyaca cevap vermek için piyasaya sürülmüştür. Bu tip yazılımlar, Bilgisayar Destekli Tasarım araçları arasında, özellikle kavramsal tasarıma dair yeni bir tür olarak kabul görmeye başlamıştır. TRIZ tabanlı yazılımlar TRIZ araçlarıyla beraber, geçmiş yaratıcı deneyimleri, dizinlenmiş olarak geniş bir veritabanında kullanıcıya sunan yapılandırılmış, etkileşimli sistemler olarak geliştirilmektedir.

TRIZ, özellikle geleneksel problem çözme yöntemleriyle karşılaştırıldığında geniş bir bilgi tabanına sahip olması, yaratıcı düşünmenin öğrenilebilir bir kavram olduğunu ortaya koyması, sistematik ve iyi yapılandırılmış araçlarla problem çözümüne farklı bir yaklaşım getirmesi gibi noktalarda üstünlüğünü gösteren bir yöntemdir. TRIZ'i diğer yöntemlerden ayıran başka bir özellik de bir nesne veya sistem için ideal durumu problem çözme sürecinin başında ortaya koyması ve hedefi bu duruma göre belirlemesidir. TRIZ ile problem çözmenin en zor bölümlerden biri olan bu süreçte göz önüne alınması gereken nokta, ideal olan belirlense bile uzlaşma yoluyla hemen çözüme geçmek yerine, problemi yaratan çelişkinin üzerine sabırlı bir şekilde giderek sistematik olarak çözüme ulaşmaya çalışmanın önemidir.

Ancak bu üstünlüklerinin yanında, yaratıcı düşünme ve yaratıcı problem çözme üzerine çalışan uzmanlar, TRIZ'in diğer problem çözme yöntemleriyle birleştirilerek çalışabileceğini belirtmektedir. Buna göre, diğer problem çözme yöntemlerinin de farklı koşullarda farklı derecelerde çözümler getirebildiği gerçeğini dikkate almak gerekir. Bu söyleme dayanarak TRIZ'in, Beyin Fırtınası, 6 Sigma, Deneysel Tasarım, Kalite Fonksiyon Yayılımı gibi yöntemlerle nasıl ortak çalışabileceğini gösteren çalışmalar yapılmakta ve teorik düzlemde bu birliktelikleri desteklemek için makaleler yazılmaktadır. Müşteri bakış açısının yansıtılması veya yaratıcı düşünmenin seviyesine dair açılımlar getirilmesi gibi TRIZ'in eksik olduğu konularda, güçlü araçlara sahip yöntemlerin kullanılabileceği düşünülmektedir. Aynı

zamanda bunun tersi de doğru olup, TRIZ, diğer yöntemlerin bazılarındaki açıkları doldurabilecek bir yapıya sahip olduğu için problem çözme yöntemlerinin ikili hatta üçlü birleşimlerle kullanılabilmesinin yolu açılmaktadır.

Ortaya çıkışı tarihinde göre dünya tarafından nispeten geç tanınan ancak hızlı bir gelişim ve yayılım göstermekte olan yaratıcı problem çözme teorisi TRIZ, gelecekte daha sık kullanılması kuvvetle muhtemel, kapsamlı, sistematik ve bilimsel bir problem çözme ve yaratıcılık yöntemidir. Ayrıca farklı yöntemleri uygulamakta olan işletmelerin, teorik altyapının gelişmesiyle, TRIZ'i mevcut kullandıkları yöntemle birleştirilmiş bir şekilde uygulamaya almaları da olası görünmektedir. İşletmelerin, öncelikle bu yöntemi kullanabilecek bir uzman kadroyu yetiştirirken gerekirse mevcut TRIZ danışmanlık şirketlerinden yardım almaları, kadronun, seçilen TRIZ uygulamalarını inceleyip TRIZ tabanlı yazılımla beraber denemeler yaparak yöntemlere alışmaları ve ardından yöntemi daha geniş bir tabana yayma çalışmalarının yapılması, TRIZ'e geçiş kapsamında göz önüne alınması gereken aşamalardır. Yazılımların yeteneklerinin ve sayısının artışı, eğitim sürecinin daha kısa ve anlaşılır kılınması ve yenilik yapma ihtiyacı olan işletmelerin erişebilmesi için TRIZ'in daha yaygın tanıtılmasının sağlanması durumunda, bu yetenekli yöntem insanlığa daha geniş bir şekilde hizmet verebilecek hale gelecektir.

KAYNAKLAR

[1] **Çağlar, H.,** 2004. İnovasyon Yaratıcılığa Karşı, *Inotec Bilgi Merkezi*, 28–2004.

URL:http://www.inotecbilgimerkezi.com/cinfocenter/Articles/art010604.asp

[2] Innovation

URL: http://encyclopedia.learnthis.info/i/in/innovation.html

[3] **Pala, S.**, 2005. TRIZ: A New Framework For Innovation - Concepts and Cases Overview, *ICFAI University Press*.

URL: http://www.icfaipress.org/books/TRIZ-C&C_ov.asp

[4] **Horibe, F.**, 2001. *Creating the Innovation Culture: Leveraging Visionaires, Dissenters and Other Useful Troublemakers in Your Organization*, pp. 1-7, John Wiley & Sons, Inc.

URL: http://www.franceshoribe.com/pdf/cicch1.pdf

[5] **Apte, P.R.**, Introduction to TRIZ Innovative Problem Solving

URL: http://www.ee.iitb.ac.in/~apte/CV_PRA_TRIZ_INTRO.htm

[6] **Kapucu, S., Baykasoğlu, A., ve Dereli, T.**, 2001. Toplam Kalite Yönetimi Uygulamalarında Kullanmak İçin Yenilikçi-Yaratıcı Problem Çözme Yaklaşımı: TRIZ, *TMMOB Makine Mühendisleri Odası II. Kalite Sempozyumu*, Bursa, 15-16 Haziran, s. 167-174.

URL:http://www.mmo.org.tr/muhendismakina/arsiv/2001/agustos/makaletriz.htm

[7] **Yıldız, E.**, 2004. Yaratıcı Problem Çözme Teorisi ve Uygulamaları, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[8] **Nakagawa, T.**, 1999. Let's Learn 'TRIZ'! -- A Methodology for Creative Problem Solving

URL: http://www.osaka-gu.ac.jp/php/nakagawa/TRIZ/eTRIZ/epapers /eIntro990929/ eIntro990929.html

[9] **Arciszewski T, and Zlotin B.**, 1998. Ideation/TRIZ: Innovation Key To Competitive Advantage and Growth.

URL: http://www.ideationtriz.com/paper_ITRIZ_Innovation_Key.asp

[10] **Mazur, G.**, 1995. Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ).

URL: http://www.mazur.net/triz/

[11] **Royzen, Z.**, 1993. Application TRIZ in Value Management and Quality Improvement, *International Conference of the Society Of American Value Engineers*, Florida.

[12] Trial and Error

URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Trial_and_error

[13] **Altshuller, G.**, 2000. *The Innovation Algorithm: TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity*, Technical Innovation Center, Inc., Worcester.

[14] **Kowalick, J.**, 1998. Human Functions: The Source of Psyhcological Inertia, *TRIZ Journal*, August 1998 issue.

URL: http://www.triz-journal.com/archives/1998/08/d/

[15] **Kowalick, J.**, 1998. Psyhcological Inertia, *TRIZ Journal*, August 1998 issue.

URL: http://www.triz-journal.com/archives/1998/08/c/

[16] Brainstorming

URL: http://www.skymark.com/resources/tools/brainstorming.asp

[17] **Domb, E.**, 1999. TRIZ: The Science of Systematic Innovation, *Portland International Conference on the Management of Technology,* August, Portland.

URL: http://www.thinksmart.com/2/conv2000/dombarticle.html

[18] **Şimşek, M.**, 2001. Toplam Kalite Yönetimi, Alfa Basım Yayım Dağıtım Ltd. Şti., İstanbul.

[19] **Halis, M.**, 2000. Paradigmadan Uygulamaya Toplam Kalite Yönetimi ve ISO-9000 Kalite Güvence Sistemleri, ISO-9002 Kalite Belgesi Çalışmaları, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul.

[20] Pareto Charts

URL: http://www.skymark.com/resources/tools/pareto_charts.asp

[21] Control Charts

URL: http://www.skymark.com/resources/tools/control_charts.asp

[22] Cause and Effect Diagram

URL: http://www.skymark.com/resources/tools/cause.asp

[23] What is QFD?, *QFD Institute*

URL: http://www.qfdi.org/what_is_qfd/what_is_qfd.htm

[24] **Akbaba, A.**, 2000. Kalite Fonksiyon Göçerimi Metodu ve Hizmet İşletmelerine Uyarlanması, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt 2, Sayı:3.

URL: http://www.sbe.deu.edu.tr/Yayinlar/dergi/dergi06/akba.html

[25] **Saat, M.**, 2000. Kalite Denetiminde Taguchi Yaklaşımı, *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt 2, Sayı: 3, 97-108.

URL: http://www.econturk.org/Turkiyeekonomisi/ye11.htm

[26] **Schonberger, Richard J. and Knod, Jr., E. M.,** 1991. *Operations Management*, 4th ed., Irwin, Boston.

[27] **Apte, P.R.**, 2000. Introduction to Taguchi Method

URL: http://www.ee.iitb.ac.in/~apte/CV_PRA_TAGUCHI_INTRO.htm

[28] Six Sigma Definition - What Is Six Sigma?

URL: http://sixsigmatutorial.com/Six-Sigma/Six-Sigma-Tutorial.aspx

[29] Six Sigma

URL: http://www.wdpc.co.uk/process/sixsigma/6sigma.htm

[30] **Kermani, A.H.M.**, 2003. Empowering Six Sigma Methodology via the Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ), *TRIZ Journal*, December 2003 issue.

URL: http://www.triz-journal.com/archives/2003/12/h/08.pdf

[31] Failure Mode and Effect Analysis, Quality Associates International Inc.

URL: http://www.quality-one.com/services/fmea.cfm

[32] İş Sağlığı ve Güvenliği, Yönetim Sistemleri ve Risk Değerlendirme Metodolojileri'nde, *Olası Hata Türleri ve Etkileri Analizi Metodolojisi - (Failure Mode and Effects Analysis- FMEA)*, Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu Yayınları.

URL: http://www.tisk.org.tr/yayinlar.asp?sbj=ic&id=1426

[33] Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

URL: http://www.national.com/quality/fmea.html

[34] Hata Türü ve Etkileri Analizi II

URL: http://www.altisigma.com/Modules.php?name=News&file=article&sid=28

[35] Design of Experiment (DoE)

URL: http://www.camo.com/rt/Resources/design_of_experiment.html

[36] **Franks, J.**, 1998. The Importance of Hierarchy in Design of Experiments (DOE), *Quality in Manufacturing*, March/April 1998 issue.

URL: http://www.manufacturingcenter.com/qm/archives/0398/398doe.htm

[37] **Anderson M.J. and Kraber S.L.**, Key to Successful Design Experiments

URL: http://www.statease.com/pubs/doe-keys.pdf

[38] TRIZ Foundations

URL: http://www.ideationtriz.com/TRIZ_foundations.asp

[39] TRIZ

URL: http://www.mv.com/ipusers/rm/TRIZ.htm

[40] **Manor P.**, 2000. The Principles of Inventive Thinking - Introduction to the Course of "Development of Inventive Thinking" According to the SIT

URL: http://www.osaka-gu.ac.jp/php/nakagawa/TRIZ/eTRIZ/epapers/e2002Papers/eManor020721.html

[41] **Domb, E.**, 2000. Managing Creativity for Project Success, *7th Project Leadership Conference*, June.

URL: http://www.triz-journal.com/whatistriz/

[42] **Yang, K., and Zhang, H.**, 2000. A Comparison of TRIZ and Axiomatic Design, *TRIZ Journal*, August 2000 issue.

URL: http://www.triz-journal.com/archives/2000/08/d/

[43] **Souchkov, V.**, 1996. TRIZ: A Systematic Approach to Innovative Design

URL: http://www.insytec.com/TRIZApproach.htm

[44] **Nakagawa. T.**, 2001. TRIZ: Theory of Inventive Problem Solving – Understanding and Introducing It, *TRIZ Journal*, June 2001 issue.

URL: http://www.triz-journal.com/archives/2001/06/d/index.htm

[45] TRIZ

URL: http://www.oxfordcreativity.co.uk/

[46] What is TRIZ?

URL: http://homepages.cae.wisc.edu/~me349/lecture_notes/triz_procedure.pdf

[47] **Nakagawa. T.**, 1998. TRIZ: Theory of Inventive Problem Solving – Understanding and Introducing It

URL: hhttp://osaka-gu.ac.jp/nakagawa/TRIZ/eTRIZ/eIntroduction980517.html

[48] Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ)

URL: http://www.amsup.com/TRIZ

[49] What is TRIZ?

URL: http://www.triz.org/triz.htm#What

[50] **Syiem, P.R.**, 1996. An Introduction to TRIZ: A Revolutionary New Product Development Tool, *Visions Magazine*, January 1996 issue.

URL: http://www.pdma.org/visions/jan96/sy.html

[51] History of TRIZ & I-TRIZ

URL: http://www.ideationtriz.com/history.asp

[52] **Shulyak, L.**, Introduction to TRIZ

URL: http://www.triz.org/downloads/40Ptriz.pdf

[53] **Apte, P., Shah, H. and Mann, D.,** 2000. "5W's and an H" of TRIZ Innovation, *Proceedings of World Congress on Total Quality*, Mumbay, 2000, 224-237

[54] **Hipple, J., and Reeves, M.**, The use of TRIZ to Increase the Value of Intellectual Property

URL: http://www.innovation-triz.com/papers/property.html

[55] Heuristic

URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Heuristics

[56] TRIZ: The Methodology of Inventive Problem Solving

URL: http://www.trizexperts.net/tech1rev.htm

[57] **Hipple, J.**, 2003. What is TRIZ and how can it be used in problem solving or brainstorming?

URL: http://www.innovationtools.com/Articles/EnterpriseDetails.asp?a=108

[58] **Fey, V.**, **and Rivin, E.**, 2001. Ideal System, Or Why the Question What? May Be More Important Than the Question How?, *TRIZ Journal*, December 2001 issue.

URL: http://www.triz-journal.com/archives/2001/12/a/

[59] **Domb, E.**, 1997. The Ideal Final Result: Tutorial, *TRIZ Journal*, February 1997 issue.

URL: http://www.triz-journal.com/archives/1997/02/a/

[60] **Domb, E.**, 1998. The 39 Features of Altshuller's Contradiction Matrix, *TRIZ Journal*, 1998 November issue.

URL: http://www.triz-journal.com/archives/1998/11/d/index.htm

[61] **Tate, K., and Domb, E.**, 1997. 40 Inventive Principles with Examples, *TRIZ Journal*, 1997 July issue.

URL: http://www.triz-journal.com/archives/1997/07/b/index.html

[62] **Zusman, A., and Zlotin, B.**, TRIZ Tutorial #2

URL: http://www.ideationtriz.com/TRIZ_tutorial_2.asp

[63] Innovation-TRIZ

URL: http://www.innovation-triz.com/triz/examples.html

[64] **Hughes, G.D.**, 1998. A Comparison and Integration of The Osborn/Parnes and the Ideation/TRIZ Models For Innovation

URL: http://www.unc.edu/~gdhughes/O_P_I_T.HTM

[65] **Terninko, J.**, 2000. Su-Field Analysis, *TRIZ Journal*, 2000 February issue.

URL: http://www.triz-journal.com/archives/2000/02/d/index.htm

[66] **Terninko, J., Domb E., and Miller J.**, 2000. Seventy-six Standard Solutions, with Examples – Section One, *TRIZ Journal*, February 2000 issue.

URL:http://www.triz-journal.com/archives/2000/02/g/article7_02-2000.PDF

[67] **Terninko, J., Domb E., and Miller J.**, 2000. The Seventy-six Standard Solutions, with Examples - Class 2, *TRIZ Journal*, 2000 March issue.

URL: http://www.triz-journal.com/archives/2000/03/d/

[68] **Terninko, J., Domb E., and Miller J.**, 2000. The Seventy-six Standard Solutions, with Examples - Class 3, *TRIZ Journal*, 2000 May issue.

URL: http://www.triz-journal.com/archives/2000/05/b/

[69] **Terninko, J., Domb E., and Miller J.**, 2000. The Seventy-six Standard Solutions, with Examples - Class 4, *TRIZ Journal*, 2000 June issue.

URL: http://www.triz-journal.com/archives/2000/06/e/

[70] **Terninko, J., Domb E., and Miller J.**, 2000. The Seventy-six Standard Solutions, with Examples - Class 5, *TRIZ Journal*, 2000 July issue.

URL: http://www.triz-journal.com/archives/2000/07/b/

[71] **Terninko, J., Domb E., and Miller J.**, 2001. The 76 Standard Solutions, with modern examples, *TRIZ Journal*, 2001 April issue.

URL: http://www.triz-journal.com/archives/2001/04/e/

[72] **Marconi, J.**, 1998. ARIZ : The Algorithm for Inventive Problem Solving An Americanized Leaming Framework, *TRIZ Journal*, April 998 issue.

URL: http://www.triz-journal.com/archives/1998/04/d/

[73] **Zusman, A., and Zlotin, B.**, TRIZ Tutorial #5

URL: http://www.ideationtriz.com/TRIZ_tutorial_5.asp

[74] Enlarging TRIZ and Teaching Enlarged TRIZ for the Large Public

URL: http://www.hcmuns.edu.vn/CSTC/En/Activity/Enl

TRIZ.htm

[75] **Hipple, J.**, 1999. The Use of TRIZ Separation Principles to Resolve the Contradictions of Innovation Practices in Organizations, *TRIZ Journal*, 1999 August issue.

URL: http://www.triz-journal.com/archives/1999/08/a/index.htm

[76] **Kowalick, J.**, 1997. The TRIZ Approach Case Study: Creative Solutions to a Human Relations Problem, *TRIZ Journal*, 1999 November issue.

URL: http://www.triz-journal.com/archives/1997/11/b

[77] **Royzen, Z.**, 1998. Case Study: TRIZ Solves a Hard Drive Reliability Problem, *TRIZ Journal*, 1998 November issue.

URL: http://www.triz-journal.com/archives/1998/11/a/index.htm

[78] Charting a Reliable Technology Roadmap Case Study II

URL: http://www.trizgroup.com/cs-electrcial.html

[79] **Averboukh, E.**, Six Sigma Trends: Six Sigma Leadership and Innovation Using TRIZ

URL: http://www.isixsigma.com/library/content/c030908a.asp

[80] **Zusman A., and Zlotin B.**, 1998. Overview of Creative Methods, *TRIZ Journal*, 1999 July issue.

URL: http://www.triz-journal.com/archives/1999/07/e/index.htm

[81] **Changqing G., Kezheng H. and Fei M.**, 2005. Comparison of Innovation Methodologies and TRIZ, *TRIZ Journal*, 2005 September issue.

URL: http://www.triz-journal.com/archives/2005/09/07.pdf

[82] **Nakamura, Y.**, 2001. The Effective Use of TRIZ with Brainstorming, *TRIZ Journal*, 2001 February issue.

URL: http://www.triz-journal.com/archives/2001/02/e/index.htm

[83] **Nakamura, Y.**, Abstract of Comparison of Brainstorming and TRIZ

URL: http://www.aitriz.org/2000/trizcon2000_abstracts.htm

[84] **Hipple, J.**, 2003. The Integration of TRIZ Problem Solving Techniques with Other Problem Solving and Assessment Tools, *TRIZ Journal*, 2003 August issue.

URL: http://www.triz-journal.com/archives/2003/08/c/03.pdf

[85] **Rawlinson, G.**, 2003. TRIZ and Creativity

URL: http://www.dagr.demon.co.uk/innovation/tric_and_ creativity.pdf

[86] **Terninko, J**., 1997. The QFD, TRIZ and Taguchi Connection:

Customer-Driven Robust Innovation, The Ninth Symposium on Quality Function Deployment, Michigan, June 1997.

URL: http://www.dnh.mv.net/ipusers/rm/qfdtriz4.htm

[87] **Yamashina, H., Ito T., and Kawada H.**, 2002. Innovative product

development process by integrating QFD and TRIZ, *International Journal of Production Research*, Taylor & Francis, Vol. 40, Number 5, 1031 – 1050.

[88] **Rantanen, K.**, 1997. Brain, Computer and the Ideal Final Result, *TRIZ Journal*,

1997 November issue.

URL: http://www.triz-journal.com/archives/1997/11/a/

EKLER

Tablo A.1 TRIZ Çelişkiler Matrisi

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Hareketli nesnenin ağırlığı	Sabit nesnenin ağırlığı	Hareketli nesnenin uzunluğu	Sabit nesnenin uzunluğu	Hareketli nesnenin alanı	Sabit nesnenin alanı	Hareketli nesnenin hacmi	Sabit nesnenin hacmi	Hız	Kuvvet (şiddeti)	Gerilim veya basınç	Şekil
1	Hareketli nesnenin ağırlığı	+	-	15, 8, 29,34	-	29, 17, 38, 34	-	29, 2, 40, 28	-	2, 8, 15, 38	8, 10, 18, 37	10, 36, 37, 40	10, 14, 35, 40
2	Sabit nesnenin ağırlığı	-	+	-	10, 1, 29, 35	-	35, 30, 13, 2	-	5, 35, 14, 2	-	8, 10, 19, 35	13, 29, 10, 18	13, 10, 29, 14
3	Hareketli nesnenin uzunluğu	8, 15, 29, 34	-	+	-	15, 17, 4	-	7, 17, 4, 35	-	13, 4, 8	17, 10, 4	1, 8, 35	1, 8, 10, 29
4	Sabit nesnenin uzunluğu		35, 28, 40, 29	-	+	-	17, 7, 10, 40	-	35, 8, 2,14	-	28, 10	1, 14, 35	13, 14, 15, 7
5	Hareketli nesnenin alanı	2, 17, 29, 4	-	14, 15, 18, 4	-	+	-	7, 14, 17, 4		29, 30, 4, 34	19, 30, 35, 2	10, 15, 36, 28	5, 34, 29, 4
6	Sabit nesnenin alanı	-	30, 2, 14, 18	-	26, 7, 9, 39	-	+	-		-	1, 18, 35, 36	10, 15, 36, 37	
7	Hareketli nesnenin hacmi	2, 26, 29, 40	-	1, 7, 4, 35	-	1, 7, 4, 17	-	+	-	29, 4, 38, 34	15, 35, 36, 37	6, 35, 36, 37	1, 15, 29, 4
8	Sabit nesnenin hacmi	-	35, 10, 19, 14	19, 14	35, 8, 2, 14	-		-	+	-	2, 18, 37	24, 35	7, 2, 35
9	Hız	2, 28, 13, 38	-	13, 14, 8	-	29, 30, 34	-	7, 29, 34	-	+	13, 28, 15, 19	6, 18, 38, 40	35, 15, 18, 34
10	Kuvvet (şiddeti)	8, 1, 37, 18	18, 13, 1, 28	17, 19, 9, 36	28, 10	19, 10, 15	1, 18, 36, 37	15, 9, 12, 37	2, 36, 18, 37	13, 28, 15, 12	+	18, 21, 11	10, 35, 40, 34
11	Gerilim veya basınç	10, 36, 37, 40	13, 29, 10, 18	35, 10, 36	35, 1, 14, 16	10, 15, 36, 28	10, 15, 36, 37	6, 35, 10	35, 24	6, 35, 36	36, 35, 21	+	35, 4, 15, 10
12	Şekil	8, 10, 29, 40	15, 10, 26, 3	29, 34, 5, 4	13, 14, 10, 7	5, 34, 4, 10		14, 4, 15, 22	7, 2, 35	35, 15, 34, 18	35, 10, 37, 40	34, 15, 10, 14	+
13	Nesnenin yapısal kararlılığı	21, 35, 2, 39	26, 39, 1, 40	13, 15, 1, 28	37	2, 11, 13	39	28, 10, 19, 39	34, 28, 35, 40	33, 15, 28, 18	10, 35, 21, 16	2, 35, 40	22, 1, 18, 4
14	Dayanım	1, 8, 40, 15	40, 26, 27, 1	1, 15, 8, 35	15, 14, 28, 26	3, 34, 40, 29	9, 40, 28	10, 15, 14, 7	9, 14, 17, 15	8, 13, 26, 14	10, 18, 3, 14	10, 3, 18, 40	10, 30, 35, 40
15	Hareketli nesnenin eylem süresi	19, 5, 34, 31	-	2, 19, 9	-	3, 17, 19	-	10, 2, 19, 30	-	3, 35, 5	19, 2, 16	19, 3, 27	14, 26, 28, 25
16	Sabit nesnenin eylem süresi	-	6, 27, 19, 16	-	1, 40, 35	-		-	35, 34, 38	-			
17	Sıcaklık	36,22, 6, 38	22, 35, 32	15, 19, 9	15, 19, 9	3, 35, 39, 18	35, 38	34, 39, 40, 18	35, 6, 4	2, 28, 36, 30	35, 10, 3, 21	35, 39, 19, 2	14, 22, 19, 32
18	Aydınlatma şiddeti	19, 1, 32	2, 35, 32	19, 32, 16		19, 32, 26		2, 13, 10		10, 13, 19	26, 19, 6		32, 30
19	Hareketli nesnenin enerjiyi kullanması	12,18, 28,31	-	12, 28	-	15, 19, 25	-	35, 13, 18	-	8, 35, 35	16, 26, 21, 2	23, 14, 25	12, 2, 29
20	Durgun nesnenin enerjiyi kullanması	-	19, 9, 6, 27	-		-		-		-	36, 37		

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Hareketli nesnenin ağırlığı	Sabit nesnenin ağırlığı	Hareketli nesnenin uzunluğu	Sabit nesnenin uzunluğu	Hareketli nesnenin alanı	Sabit nesnenin alanı	Hareketli nesnenin hacmi	Sabit nesnenin hacmi	Hız	Kuvvet (şiddeti)	Gerilim veya basınç	Şekil
21	Güç	8, 36, 38, 31	19, 26, 17, 27	1, 10, 35, 37		19, 38	17, 32, 13, 38	35, 6, 38	30, 6, 25	15, 35, 2	26, 2, 36, 35	22, 10, 35	29, 14, 2, 40
22	Enerji Kaybı	15, 6, 19, 28	19, 6, 18, 9	7, 2, 6, 13	6, 38, 7	15, 26, 17, 30	17, 7, 30, 18	7, 18, 23	7	16, 35, 38	36, 38		
23	Madde kaybı	35, 6, 23, 40	35, 6, 22, 32	14, 29, 10, 39	10, 28,24	35, 2, 10, 31	10, 18, 39, 31	1, 29, 30, 36	3, 39, 18, 31	10, 13, 28, 38	14, 15, 18, 40	3, 36, 37, 10	29, 35, 3, 5
24	Bilgi kaybı	10, 24, 35	10, 35, 5	1, 26	26	30, 26	30, 16		2, 22	26, 32			
25	Zaman kaybı	10, 20, 37, 35	10, 20, 26, 5	15, 2, 29	30, 24, 14, 5	26, 4, 5, 16	10, 35, 17, 4	2, 5, 34, 10	35, 16, 32, 18		10, 37, 36,5	37, 36,4	4, 10, 34, 17
26	Maddenin miktarı	35, 6, 18, 31	27, 26, 18, 35	29, 14, 35, 18		15, 14, 29	2, 18, 40, 4	15, 20, 29		35, 29, 34, 28	35, 14, 3	10, 36, 14, 3	35, 14
27	Güvenilirlik	3, 8, 10, 40	3, 10, 8, 28	15, 9, 14, 4	15, 29, 28, 11	17, 10, 14, 16	32, 35, 40, 4	3, 10, 14, 24	2, 35, 24	21, 35, 11, 28	8, 28, 10, 3	10, 24, 35, 19	35, 1, 16, 11
28	Ölçüm doğruluğu	32, 35, 26, 28	28, 35, 25, 26	28, 26, 5, 16	32, 28, 3, 16	26, 28, 32, 3	26, 28, 32, 3	32, 13, 6		28, 13, 32, 24	32, 2	6, 28, 32	6, 28, 32
29	Üretim hassaslığı	28, 32, 13, 18	28, 35, 27, 9	10, 28, 29, 37	2, 32, 10	28, 33, 29, 32	2, 29, 18, 36	32, 23, 2	25, 10, 35	10, 28, 32	28, 19, 34, 36	3, 35	32, 30, 40
30	Nesnenin etkilendiği zararlı faktörler	22, 21, 27, 39	2, 22, 13, 24	17, 1, 39, 4	1, 18	22, 1, 33, 28	27, 2, 39, 35	22, 23, 37, 35	34, 39, 19, 27	21, 22, 35, 28	13, 35, 39, 18	22, 2, 37	22, 1, 3, 35
31	Nesnenin ürettiği zararlı faktörler	19, 22, 15, 39	35, 22, 1, 39	17, 15, 16, 22		17, 2, 18, 39	22, 1, 40	17, 2, 40	30, 18, 35, 4	35, 28, 3, 23	35, 28, 1, 40	2, 33, 27, 18	35, 1
32	Üretim kolaylığı	28, 29, 15, 16	1, 27, 36, 13	1, 29, 13, 17	15, 17, 27	13, 1, 26, 12	16, 40	13, 29, 1, 40	35	35, 13, 8, 1	35, 12	35, 19, 1, 37	1, 28, 13, 27
33	Operasyon kolaylığı	25, 2, 13, 15	6, 13, 1, 25	1, 17, 13, 12		1, 17, 13, 16	18, 16, 15, 39	1, 16, 35, 15	4, 18, 39, 31	18, 13, 34	28, 13 35	2, 32, 12	15, 34, 29, 28
34	Tamir kolaylığı	2, 27 35, 11	2, 27, 35, 11	1, 28, 10, 25	3, 18, 31	15, 13, 32	16, 25	25, 2, 35, 11	1	34, 9	1, 11, 10	13	1, 13, 2, 4
35	Uyum sağlayabilirliği veya çok yönlülüğü	1, 6, 15, 8	19, 15, 29, 16	35, 1, 29, 2	1, 35, 16	35, 30, 29, 7	15, 16	15, 35, 29		35, 10, 14	15, 17, 20	35, 16	15, 37, 1, 8
36	Aletin karmaşıklığı	26, 30, 34, 36	2, 26, 35, 39	1, 19, 26, 24	26	14, 1, 13, 16	6, 36	34, 26, 6	1, 16	34, 10, 28	26, 16	19, 1, 35	29, 13, 28, 15
37	Ortaya çıkarma ve ölçme zorluğu	27, 26, 28, 13	6, 13, 28, 1	16, 17, 26, 24	26	2, 13, 18, 17	2, 39, 30, 16	29, 1, 4, 16	2, 18, 26, 31	3, 4, 16, 35	30, 28, 40, 19	35, 36, 37, 32	27, 13, 1, 39
38	Otomasyonun mertebesi	28, 26, 18, 35	28, 26, 35, 10	14, 13, 17, 28	23	17, 14, 13		35, 13, 16		28, 10	2, 35	13, 35	15, 32, 1, 13
39	Üretkenlik	35, 26, 24, 37	28, 27, 15, 3	18, 4, 28, 38	30, 7, 14, 26	10, 26, 34, 31	10, 35, 17, 7	2, 6, 34, 10	35, 37, 10, 2		28, 15, 10, 36	10, 37, 14	14, 10, 34, 40

		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
		Nesnenin yapısal kararlılığı	Dayanım	Hareketli nesnenin eylem süresi	Sabit nesnenin eylem süresi	Sıcaklık	Aydınlatma şiddeti	Hareketli nesnenin enerjiyi kullanması	Durgun nesnenin enerjiyi kullanması	Güç	Enerji Kaybı	Madde kaybı	Bilgi kaybı
1	Hareketli nesnenin ağırlığı	1, 35, 19, 39	28, 27, 18, 40	5, 34, 31, 35	-	6, 29, 4, 38	19, 1, 32	35, 12, 34, 31	-	12, 36, 18, 31	6, 2, 34, 19	5, 35, 3, 31	10, 24, 35
2	Sabit nesnenin ağırlığı	26, 39, 1, 40	28, 2, 10, 27	-	2, 27, 19, 6	28, 19, 32, 22	19, 32, 35	-	18, 19, 28, 1	15, 19, 18, 22	18, 19, 28, 15	5, 8, 13, 30	10, 15, 35
3	Hareketli nesnenin uzunluğu	1, 8, 15, 34	8, 35, 29, 34	19	-	10, 15, 19	32	8, 35, 24	-	1, 35	7, 2, 35, 39	4, 29, 23, 10	1, 24
4	Sabit nesnenin uzunluğu	39, 37, 35	15, 14, 28, 26	-	1, 10, 35	3, 35, 38, 18	3, 25	-		12, 8	6, 28	10, 28, 24, 35	24, 26,
5	Hareketli nesnenin alanı	11, 2, 13, 39	3, 15, 40, 14	6, 3	-	2, 15, 16	15, 32, 19, 13	19, 32	-	19, 10, 32, 18	15, 17, 30, 26	10, 35, 2, 39	30, 26
6	Sabit nesnenin alanı	2, 38	40	-	2, 10, 19, 30	35, 39, 38		-		17, 32	17, 7, 30	10, 14, 18, 39	30, 16
7	Hareketli nesnenin hacmi	28, 10, 1, 39	9, 14, 15, 7	6, 35, 4	-	34, 39, 10, 18	2, 13, 10	35	-	35, 6, 13, 18	7, 15, 13, 16	36, 39, 34, 10	2, 22
8	Sabit nesnenin hacmi	34, 28, 35, 40	9, 14, 17, 15	-	35, 34, 38	35, 6, 4		-		30, 6		10, 39, 35, 34	
9	Hız	28, 33, 1, 18	8, 3, 26, 14	3, 19, 35, 5	-	28, 30, 36, 2	10, 13, 19	8, 15, 35, 38	-	19, 35, 38, 2	14, 20, 19, 35	10, 13, 28, 38	13, 26
10	Kuvvet (şiddeti)	35, 10, 21	35, 10, 14, 27	19, 2		35, 10, 21	-	19, 17, 10	1, 16, 36, 37	19, 35, 18, 37	14, 15	8, 35, 40, 5	
11	Gerilim veya basınç	35, 33, 2, 40	9, 18, 3, 40	19, 3, 27		35, 39, 19, 2	-	14, 24, 10, 37		10, 35, 14	2, 36, 25	10, 36, 3, 37	
12	Şekil	33, 1, 18, 4	30, 14, 10, 40	14, 26, 9, 25		22, 14, 19, 32	13, 15, 32	2, 6, 34, 14		4, 6, 2	14	35, 29, 3, 5	
13	Nesnenin yapısal kararlılığı	+	17, 9, 15	13, 27, 10, 35	39, 3, 35, 23	35, 1, 32	32, 3, 27, 16	13, 19	27, 4, 29, 18	32, 35, 27, 31	14, 2, 39, 6	2, 14, 30, 40	
14	Dayanım	13, 17, 35	+	27, 3, 26		30, 10, 40	35, 19	19, 35, 10	35	10, 26, 35, 28	35	35, 28, 31, 40	
15	Hareketli nesnenin eylem süresi	13, 3, 35	27, 3, 10	+	-	19, 35, 39	2, 19, 4, 35	28, 6, 35, 18		19, 10, 35, 38		28, 27, 3, 18	10
16	Sabit nesnenin eylem süresi	39, 3, 35, 23		-	+	19, 18, 36, 40		-		16		27, 16, 18, 38	10
17	Sıcaklık	1, 35, 32	10, 30, 22, 40	19, 13, 39	19, 18, 36, 40	+	32, 30, 21, 16	19, 15, 3, 17		2, 14, 17, 25	21, 17, 35, 38	21, 36, 29, 31	
18	Aydınlatma şiddeti	32, 3, 27	35, 19	2, 19, 6		32, 35, 19	+	32, 1, 19	32, 35, 1, 15	32	13, 16, 1, 6	13, 1	1, 6
19	Hareketli nesnenin enerjiyi kullanması	19, 13, 17, 24	5, 19, 9, 35	28, 35, 6, 18	-	19, 24, 3, 14	2, 15, 19	+	-	6, 19, 37, 18	12, 22, 15, 24	35, 24, 18, 5	
20	Durgun nesnenin enerjiyi kullanması	27, 4, 29, 18	35				19, 2, 35, 32	-	+			28, 27, 18, 31	

		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
		Nesnenin yapısal kararlılığı	Dayanım	Hareketli nesnenin eylem süresi	Sabit nesnenin eylem süresi	Sıcaklık	Aydınlatma şiddeti	Hareketli nesnenin enerjiyi kullanması	Durgun nesnenin enerjiyi kullanması	Güç	Enerji Kaybı	Madde kaybı	Bilgi kaybı
21	Güç	35, 32, 15, 31	26, 10, 28	19, 35, 10, 38	16	2, 14, 17, 25	16, 6, 19	16, 6, 19, 37		+	10, 35, 38	28, 27, 18, 38	10, 19
22	Enerji Kaybı	14, 2, 39, 6	26			19, 38, 7	1, 13, 32, 15			3, 38	+	35, 27, 2, 37	19, 10
23	Madde kaybı	2, 14, 30, 40	35, 28, 31, 40	28, 27, 3, 18	27, 16, 18, 38	21, 36, 39, 31	1, 6, 13	35, 18, 24, 5	28, 27, 12, 31	28, 27, 18, 38	35, 27, 2, 31	+	
24	Bilgi kaybı			10	10		19			10, 19	19, 10		+
25	Zaman kaybı	35, 3, 22, 5	29, 3, 28, 18	20, 10, 28, 18	28, 20, 10, 16	35, 29, 21, 18	1, 19, 26, 17	35, 38, 19, 18	1	35, 20, 10, 6	10, 5, 18, 32	35, 18, 10, 39	24, 26, 28, 32
26	Maddenin miktarı	15, 2, 17, 40	14, 35, 34, 10	3, 35, 10, 40	3, 35, 31	3, 17, 39		34, 29, 16, 18	3, 35, 31	35	7, 18, 25	6, 3, 10, 24	24, 28, 35
27	Güvenilirlik		11, 28	2, 35, 3, 25	34, 27, 6, 40	3, 35, 10	11, 32, 13	21, 11, 27, 19	36, 23	21, 11, 26, 31	10, 11, 35	10, 35, 29, 39	10, 28
28	Ölçüm doğruluğu	32, 35, 13	28, 6, 32	28, 6, 32	10, 26, 24	6, 19, 28, 24	6, 1, 32	3, 6, 32		3, 6, 32	26, 32, 27	10, 16, 31, 28	
29	Üretim hassaslığı	30, 18	3, 27	3, 27, 40		19, 26	3, 32	32, 2		32, 2	13, 32, 2	35, 31, 10, 24	
30	Nesnenin etkilendiği zararlı faktörler	35, 24, 30, 18	18, 35, 37, 1	22, 15, 33, 28	17, 1, 40, 33	22, 33, 35, 2	1, 19, 32, 13	1, 24, 6, 27	10, 2, 22, 37	19, 22, 31, 2	21, 22, 35, 2	33, 22, 19, 40	22, 10, 2
31	Nesnenin ürettiği zararlı faktörler	35, 40, 27, 39	15, 35, 22, 2	15, 22, 33, 31	21, 39, 16, 22	22, 35, 2, 24	19, 24, 39, 32	2, 35, 6	19, 22, 18	2, 35, 18	21, 35, 2, 22	10, 1, 34	10, 21, 29
32	Üretim kolaylığı	11, 13, 1	1, 3, 10, 32	27, 1, 4	35, 16	27, 26, 18	28, 24, 27, 1	28, 26, 27, 1	1, 4	27, 1, 12, 24	19, 35	15, 34, 33	32, 24, 18, 16
33	Operasyon kolaylığı	32, 35, 30	32, 40, 3, 28	29, 3, 8, 25	1, 16, 25	26, 27, 13	13, 17, 1, 24	1, 13, 24		35, 34, 2, 10	2, 19, 13	28, 32, 2, 24	4, 10, 27, 22
34	Tamir kolaylığı	2, 35	11, 1, 2, 9	11, 29, 28, 27	1	4, 10	15, 1, 13	15, 1, 28, 16		15, 10, 32, 2	15, 1, 32, 19	2, 35, 34, 27	
35	Uyum sağlayabilirliği veya çok yönlülüğü	35, 30, 14	35, 3, 32, 6	13, 1, 35	2, 16	27, 2, 3, 35	6, 22, 26, 1	19, 35, 29, 13		19, 1, 29	18, 15, 1	15, 10, 2, 13	
36	Aletin karmaşıklığı	2, 22, 17, 19	2, 13, 28	10, 4, 28, 15		2, 17, 13	24, 17, 13	27, 2, 29, 28		20, 19, 30, 34	10, 35, 13, 2	35, 10, 28, 29	
37	Ortaya çıkarma ve ölçme zorluğu	11, 22, 39, 30	27, 3, 15, 28	19, 29, 39, 25	25, 34, 6, 35	3, 27, 35, 16	2, 24, 26	35, 38	19, 35, 16	18, 1, 16, 10	35, 3, 15, 19	1, 18, 10, 24	35, 33, 27, 22
38	Otomasyonun mertebesi	18, 1	25, 13	6, 9		26, 2, 19	8, 32, 19	2, 32, 13		28, 2, 27	23, 28	35, 10, 18, 5	35, 33
39	Üretkenlik	35, 3, 22, 39	29, 28, 10, 18	35, 10, 2, 18	20, 10, 16, 38	35, 21, 28, 10	26, 17, 19, 1	35, 10, 38, 19	1	35, 20, 10	28, 10, 29, 35	28, 10, 35, 23	13, 15, 23

		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
		Zaman kaybı	Maddenin miktarı	Güvenilirlik	Ölçüm doğruluğu	Üretim hassaslığı	Nesnenin etkilendiği zararlı faktörler	Nesnenin ürettiği zararlı faktörler	Üretim kolaylığı	Operasyon kolaylığı	Tamir kolaylığı	Uyum sağlayabilirliği veya çok yönlülüğü	Aletin karmaşıklığı
1	Hareketli nesnenin ağırlığı	10, 35, 20, 28	3, 26, 18, 31	1, 3, 11, 27	28, 27, 35, 26	28, 35, 26, 18	22, 21, 18, 27	22, 35, 31, 39	27, 28, 1, 36	35, 3, 2, 24	2, 27, 28, 11	29, 5, 15, 8	26, 30, 36, 34
2	Sabit nesnenin ağırlığı	10, 20, 35, 26	19, 6, 18, 26	10, 28, 8, 3	18, 26, 28	10, 1, 35, 17	2, 19, 22, 37	35, 22, 1, 39	28, 1, 9	6, 13, 1, 32	2, 27, 28, 11	19, 15, 29	1, 10, 26, 39
3	Hareketli nesnenin uzunluğu	15, 2, 29	29, 35	10, 14, 29, 40	28, 32, 4	10, 28, 29, 37	1, 15, 17, 24	17, 15	1, 29, 17	15, 29, 35, 4	1, 28, 10	14, 15, 1, 16	1, 19, 26, 24
4	Sabit nesnenin uzunluğu	30, 29, 14		15, 29, 28	32, 28, 3	2, 32, 10	1, 18		15, 17, 27	2, 25	3	1, 35	1, 26
5	Hareketli nesnenin alanı	26, 4	29, 30, 6, 13	29, 9	26, 28, 32, 3	2, 32	22, 33, 28, 1	17, 2, 18, 39	13, 1, 26, 24	15, 17, 13, 16	15, 13, 10, 1	15, 30	14, 1, 13
6	Sabit nesnenin alanı	10, 35, 4, 18	2, 18, 40, 4	32, 35, 40, 4	26, 28, 32, 3	2, 29, 18, 36	27, 2, 39, 35	22, 1, 40	40, 16	16, 4	16	15, 16	1, 18, 36
7	Hareketli nesnenin hacmi	2, 6, 34, 10	29, 30, 7	14, 1, 40, 11	25, 26, 28	25, 28, 2, 16	22, 21, 27, 35	17, 2, 40, 1	29, 1, 40	15, 13, 30, 12	10	15, 29	26, 1
8	Sabit nesnenin hacmi	35, 16, 32 18	35, 3	2, 35, 16		35, 10, 25	34, 39, 19, 27	30, 18, 35, 4	35		1		1, 31
9	Hız		10, 19, 29, 38	11, 35, 27, 28	28, 32, 1, 24	10, 28, 32, 25	1, 28, 35, 23	2, 24, 35, 21	35, 13, 8, 1	32, 28, 13, 12	34, 2, 28, 27	15, 10, 26	10, 28, 4, 34
10	Kuvvet (şiddeti)	10, 37, 36	14, 29, 18, 36	3, 35, 13, 21	35, 10, 23, 24	28, 29, 37, 36	1, 35, 40, 18	13, 3, 36, 24	15, 37, 18, 1	1, 28, 3, 25	15, 1, 11	15, 17, 18, 20	26, 35, 10, 18
11	Gerilim veya basınç	37, 36, 4	10, 14, 36	10, 13, 19, 35	6, 28, 25	3, 35	22, 2, 37	2, 33, 27, 18	1, 35, 16	11	2	35	19, 1, 35
12	Şekil	14, 10, 34, 17	36, 22	10, 40, 16	28, 32, 1	32, 30, 40	22, 1, 2, 35	35, 1	1, 32, 17, 28	32, 15, 26	2, 13, 1	1, 15, 29	16, 29, 1, 28
13	Nesnenin yapısal kararlılığı	35, 27	15, 32, 35		13	18	35, 24, 30, 18	35, 40, 27, 39	35, 19	32, 35, 30	2, 35, 10, 16	35, 30, 34, 2	2, 35, 22, 26
14	Dayanım	29, 3, 28, 10	29, 10, 27	11, 3	3, 27, 16	3, 27	18, 35, 37, 1	15, 35, 22, 2	11, 3, 10, 32	32, 40, 25, 2	27, 11, 3	15, 3, 32	2, 13, 25, 28
15	Hareketli nesnenin eylem süresi	20, 10, 28, 18	3, 35, 10, 40	11, 2, 13	3	3, 27, 16, 40	22, 15, 33, 28	21, 39, 16, 22	27, 1, 4	12, 27	29, 10, 27	1, 35, 13	10, 4, 29, 15
16	Sabit nesnenin eylem süresi	28, 20, 10, 16	3, 35, 31	34, 27, 6, 40	10, 26, 24		17, 1, 40, 33	22	35, 10	1	1	2	
17	Sıcaklık	35, 28, 21, 18	3, 17, 30, 39	19, 35, 3, 10	32, 19, 24	24	22, 33, 35, 2	22, 35, 2, 24	26, 27	26, 27	4, 10, 16	2, 18, 27	2, 17, 16
18	Aydınlatma şiddeti	19, 1, 26, 17	1, 19		11, 15, 32	3, 32	15, 19	35, 19, 32, 39	19, 35, 28, 26	28, 26, 19	15, 17, 13, 16	15, 1, 19	6, 32, 13
19	Hareketli nesnenin enerjiyi kullanması	35, 38, 19, 18	34, 23, 16, 18	19, 21, 11, 27	3, 1, 32		1, 35, 6, 27	2, 35, 6	28, 26, 30	19, 35	1, 15, 17, 28	15, 17, 13, 16	2, 29, 27, 28
20	Durgun nesnenin enerjiyi kullanması		3, 35, 31	10, 36, 23			10, 2, 22, 37	19, 22, 18	1, 4				

		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
		Zaman kaybı	Maddenin miktarı	Güvenilirlik	Ölçüm doğruluğu	Üretim hassaslığı	Nesnenin etkilendiği zararlı faktörler	Nesnenin ürettiği zararlı faktörler	Üretim kolaylığı	Operasyon kolaylığı	Tamir kolaylığı	Uyum sağlayabilirliği veya çok yönlülüğü	Aletin karmaşıklığı
21	Güç	35, 20, 10, 6	4, 34, 19	19, 24, 26, 31	32, 15, 2	32, 2	19, 22, 31, 2	2, 35, 18	26, 10, 34	26, 35, 10	35, 2, 10, 34	19, 17, 34	20, 19, 30, 34
22	Enerji Kaybı	10, 18, 32, 7	7, 18, 25	11, 10, 35	32		21, 22, 35, 2	21, 35, 2, 22		35, 32, 1	2, 19		7, 23
23	Madde kaybı	15, 18, 35, 10	6, 3, 10, 24	10, 29, 39, 35	16, 34, 31, 28	35, 10, 24, 31	33, 22, 30, 40	10, 1, 34, 29	15, 34, 33	32, 28, 2, 24	2, 35, 34, 27	15, 10, 2	35, 10, 28, 24
24	Bilgi kaybı	24, 26, 28, 32	24, 28, 35	10, 28, 23			22, 10, 1	10, 21, 22	32	27, 22			
25	Zaman kaybı	+	35, 38, 18, 16	10, 30, 4	24, 34, 28, 32	24, 26, 28, 18	35, 18, 34	35, 22, 18, 39	35, 28, 34, 4	4, 28, 10, 34	32, 1, 10	35, 28	6, 29
26	Maddenin miktarı	35, 38, 18, 16	+	18, 3, 28, 40	13, 2, 28	33, 30	35, 33, 29, 31	3, 35, 40, 39	29, 1, 35, 27	35, 29, 25, 10	2, 32, 10, 25	15, 3, 29	3, 13, 27, 10
27	Güvenilirlik	10, 30, 4	21, 28, 40, 3	+	32, 3, 11, 23	11, 32, 1	27, 35, 2, 40	35, 2, 40, 26		27, 17, 40	1, 11	13, 35, 8, 24	13, 35, 1
28	Ölçüm doğruluğu	24, 34, 28, 32	2, 6, 32	5, 11, 1, 23	+		28, 24, 22, 26	3, 33, 39, 10	6, 35, 25, 18	1, 13, 17, 34	1, 32, 13, 11	13, 35, 2	27, 35, 10, 34
29	Üretim hassaslığı	32, 26, 28, 18	32, 30	11, 32, 1		+	26, 28, 10, 36	4, 17, 34, 26		1, 32, 35, 23	25, 10		26, 2, 18
30	Nesnenin etkilendiği zararlı faktörler	35, 18, 34	35, 33, 29, 31	27, 24, 2, 40	28, 33, 23, 26	26, 28, 10, 18	+		24, 35, 2	2, 25, 28, 39	35, 10, 2	35, 11, 22, 31	22, 19, 29, 40
31	Nesnenin ürettiği zararlı faktörler	1, 22	3, 24, 39, 1	24, 2, 40, 39	3, 33, 26	4, 17, 34, 26		+					19, 1, 31
32	Üretim kolaylığı	35, 28, 34, 4	35, 23, 1, 24		1, 35, 12, 18		24, 2		+	2, 5, 13, 16	35, 1, 11, 9	2, 13, 15	27, 26, 1
33	Operasyon kolaylığı	4, 28, 10, 34	12, 35	17, 27, 8, 40	25, 13, 2, 34	1, 32, 35, 23	2, 25, 28, 39		2, 5, 12	+	12, 26, 1, 32	15, 34, 1, 16	32, 26, 12, 17
34	Tamir kolaylığı	32, 1, 10, 25	2, 28, 10, 25	11, 10, 1, 16	10, 2, 13	25, 10	35, 10, 2, 16		1, 35, 11, 10	1, 12, 26, 15	+	7, 1, 4, 16	35, 1, 13, 11
35	Uyum sağlayabilirliği veya çok yönlülüğü	35, 28	3, 35, 15	35, 13, 8, 24	35, 5, 1, 10		35, 11, 32, 31		1, 13, 31	15, 34, 1, 16	1, 16, 7, 4	+	15, 29, 37, 28
36	Aletin karmaşıklığı	6, 29	13, 3, 27, 10	13, 35, 1	2, 26, 10, 34	26, 24, 32	22, 19, 29, 40	19, 1	27, 26, 1, 13	27, 9, 26, 24	1, 13	29, 15, 28, 37	+
37	Ortaya çıkarma ve ölçme zorluğu	18, 28, 32, 9	3, 27, 29, 18	27, 40, 28, 8	26, 24, 32, 28		22, 19, 29, 28	2, 21	5, 28, 11, 29	2, 5	12, 26	1, 15	15, 10, 37, 28
38	Otomasyonun mertebesi	24, 28, 35, 30	35, 13	11, 27, 32	28, 26, 10, 34	28, 26, 18, 23	2, 33	2	1, 26, 13	1, 12, 34, 3	1, 35, 13	27, 4, 1, 35	15, 24, 10
39	Üretkenlik		35, 38	1, 35, 10, 38	1, 10, 34, 28	18, 10, 32, 1	22, 35, 13, 24	35, 22, 18, 39	35, 28, 2, 24	1, 28, 7, 10	1, 32, 10, 25	1, 35, 28, 37	12, 17, 28, 24

		37	38	39
		Ortaya çıkarma ve ölçme zorluğu	Otomasyonun mertebesi	Üretkenlik
1	Hareketli nesnenin ağırlığı	28, 29, 26, 32	26, 35 18, 19	35, 3, 24, 37
2	Sabit nesnenin ağırlığı	25, 28, 17, 15	2, 26, 35	1, 28, 15, 35
3	Hareketli nesnenin uzunluğu	35, 1, 26, 24	17, 24, 26, 16	14, 4, 28, 29
4	Sabit nesnenin uzunluğu	26		30, 14, 7, 26
5	Hareketli nesnenin alanı	2, 36, 26, 18	14, 30, 28, 23	10, 26, 34, 2
6	Sabit nesnenin alanı	2, 35, 30, 18	23	10, 15, 17, 7
7	Hareketli nesnenin hacmi	29, 26, 4	35, 34, 16, 24	10, 6, 2, 34
8	Sabit nesnenin hacmi	2, 17, 26		35, 37, 10, 2
9	Hız	3, 34, 27, 16	10, 18	
10	Kuvvet (şiddeti)	36, 37, 10, 19	2, 35	3, 28, 35, 37
11	Gerilim veya basınç	2, 36, 37	35, 24	10, 14, 35, 37
12	Şekil	15, 13, 39	15, 1, 32	17, 26, 34, 10
13	Nesnenin yapısal kararlılığı	35, 22, 39, 23	1, 8, 35	23, 35, 40, 3
14	Dayanım	27, 3, 15, 40	15	29, 35, 10, 14
15	Hareketli nesnenin eylem süresi	19, 29, 39, 35	6, 10	35, 17, 14, 19
16	Sabit nesnenin eylem süresi	25, 34, 6, 35	1	20, 10, 16, 38
17	Sıcaklık	3, 27, 35, 31	26, 2, 19, 16	15, 28, 35
18	Aydınlatma şiddeti	32, 15	2, 26, 10	2, 25, 16
19	Hareketli nesnenin enerjiyi kullanması	35, 38	32, 2	12, 28, 35
20	Durgun nesnenin enerjiyi kullanması	19, 35, 16, 25		1, 6

		37	38	39
		Ortaya çıkarma ve ölçme zorluğu	Otomasyonun mertebesi	Üretkenlik
21	Güç	19, 35, 16	28, 2, 17	28, 35, 34
22	Enerji Kaybı	35, 3, 15, 23	2	28, 10, 29, 35
23	Madde kaybı	35, 18, 10, 13	35, 10, 18	28, 35, 10, 23
24	Bilgi kaybı	35, 33	35	13, 23, 15
25	Zaman kaybı	18, 28, 32, 10	24, 28, 35, 30	
26	Maddenin miktarı	3, 27, 29, 18	8, 35	13, 29, 3, 27
27	Güvenilirlik	27, 40, 28	11, 13, 27	1, 35, 29, 38
28	Ölçüm doğruluğu	26, 24, 32, 28	28, 2, 10, 34	10, 34, 28, 32
29	Üretim hassaslığı		26, 28, 18, 23	10, 18, 32, 39
30	Nesnenin etkilendiği zararlı faktörler	22, 19, 29, 40	33, 3, 34	22, 35, 13, 24
31	Nesnenin ürettiği zararlı faktörler	2, 21, 27, 1	2	22, 35, 18, 39
32	Üretim kolaylığı	6, 28, 11, 1	8, 28, 1	35, 1, 10, 28
33	Operasyon kolaylığı		1, 34, 12, 3	15, 1, 28
34	Tamir kolaylığı		34, 35, 7, 13	1, 32, 10
35	Uyum sağlayabilirliği veya çok yönlülüğü	1	27, 34, 35	35, 28, 6, 37
36	Aletin karmaşıklığı	15, 10, 37, 28	15, 1, 24	12, 17, 28
37	Ortaya çıkarma ve ölçme zorluğu	+	34, 21	35, 18
38	Otomasyonun mertebesi	34, 27, 25	+	5, 12, 35, 26
39	Üretkenlik	35, 18, 27, 2	5, 12, 35, 26	+

Tablo A.2 TRIZ ve Geleneksel Yöntemlerin Karşılaştırılması

	Yöntemler / Ölçütler	TRIZ	Deneme-Yanılma	Beyin Fırtınası	Morfolojik Analiz
1	Doğuş Alanı	Doğal bilimler, özellikle mühendislik	-	Pazarlama Alanı	Astronomi
2	Temel problem çözme düşüncesi	Çelişkilerin giderilmesi, ideal çözümün bulunması, teknik sistemlerin evrimi	İşe yaramayan her fikrin yerine bir başkasını denemek	Nicelik kaliteyi üretir	Bir problemin tüm alternatiflerinin listesini oluşturmak
3	Düşünme mekanizması	Adım adım, bilimsel, mantık ve benzetim	Deneysel, sezgisel	Mantıkta sıçrama, sezgi, serbest eşleme, savruk düşünme	Sezgisel
4	Düşünmenin yönü	İdeal çözüme odaklanma ve o çözüme doğru yaklaşma	Her yanılmanın ardından farklı bir yöne	Belirli bir yön olmadan 360 derecede her yöne doğru	Bütün etmenlerin bulunmasına odaklanma
5	Düşünce Üreticisi	Temelde bireysel	Birey/Grup	Grup	Birey/Grup
6	Gerekli Bilgi	Doğal bilimler bilgisi (fizik, kimya, matematik)	Sosyal ve doğal bilimler	Sosyal bilimler bilgisi (psikoloji, ekonomi, vs.)	Doğal bilimler (genellikle)
7	Öğrenme / uzmanlaşma süresi	Uzun	Kısa	Kısa	Orta vade
8	Problem çözme sürecinin niteliği	Sistematik, bilgi tabanlı, çok alternatifli	Kaotik, düzensiz, rasgele	Kaotik, dağınık	Düşük derecede sistematik,kaotik
9	Problem modelleme/analiz araçları	Çok sayıda modelleme ve analiz aracı (madde-alan analizi, standart çözümler, ARIZ, vs)	Modelleme yok / analiz için bireysel birikim	Standart olmayan not tutma, raporlama, akış diyagramları	Morfolojik kutular (çok boyutlu tablolar)
10	Spesifik probleme uygulanabilirlik	Orta seviyede, çözüm yolu ve felsefesi ön planda	Yüksek seviyede	Yüksek seviyede	Yüksek seviyede
11	Çözüm önermesi ve önermenin ortaya çıkışı	İdeal (en iyi) çözüm, çözğm sürecinin başında ideal çözüm ortaya konur	Optimal çözüm değil, çözüm sürecin sonunda	İdeal çözüm olmayabilir, çözüm sürecin sonunda	Çok alternatifin incelenmesi, çözüm sürecin sonunda
12	Çözümde uzlaşma	Yok	Var	Var	Var
13	Yapısal bütünlük	Yüksek seviyede	Çok düşük	Sınırlı seviyede	Sınırlı seviyede
14	Yapılandırılmış Bilgi Tabanı	Var	Yok	Yok	Yok
15	Psikolojik Atalet etkisi	Yok	Yüksek seviyede	Düşük seviyede	Sınırlı seviyede azaltılmış
16	Yaratıcı düşünce seviyesine katkı	Sınırlı seviyede	Düşük seviyede	Yüksek seviyede	Sınırlı seviyede
17	Yazılım Desteği	Yüksek seviyede	Yok	Yok	Yok (?)
18	Disiplinler arası yaklaşımı teşvik	Yüksek seviyede	Düşük seviyede	Yüksek seviyede	Sınırlı seviyede
19	Görsel araçların kullanımı	Var	Probleme göre kullanım	Var, önemli	Var

	Sinektik	Pareto Analizi	Dağılım Diyagramları	Kontrol Çizelgeleri	Neden-Sonuç Diyagramı	Histogramlar	Poka-Yoke
1	Sosyal bilimler	Ekonomi	-	-	-	İstatistik	-
2	Farklı uzmanlığa sahip bireylerin işbirliği	Hataların büyük kısmının az sayıda nedenden oluşması	Kaliteyi etkileyen iki değişkenin ilişkisinin belirlenmesi	Üründe kalite farklılığının istatistiksel kontrolü	Belirli bir problemin olsaı nedenlerini belirlemek	Çeşitli değişkenlerin ortaya çıkış sıklığını görüntülemek	Hataların oluşumunda özürlü ürün kullanımını önleme
3	Sezgisel, dağınık	İstatistiksel, deneysel	İstatistiksel, deneysel	İstatistiksel, deneysel	Sezgisel, deterministik	İstatistiksel, deneysel	Deneysel
4	Problemi farklı açılardan elle allan sistematik denemeler	Problemin en önemli etmenlerine odaklanma	Belirli iki özelliğe odaklanma	Kontrol limitlerine ve ortalam performansa odaklanma	Problemin olası tüm nedenlerine odaklanma, belirgin yön yok	İstatistiksel verilere odaklanma, belirgin yön yok	Sıfır hataya odaklanma
5	Grup	Grup (genellikle)	Grup (genellikle)	Grup (genellikle)	Grup	Grup	Grup
6	Sosyal ve doğal bilimler	Sosyal ve doğal bilimler	İstatistik, probleme göre doğal bilimler	İstatistik, probleme göre doğal bilimler	Sosyal ve doğal bilimler	İstatistik	İstatistik, doğal bilimler
7	Kısa	Kısa	Kısa	Kısa	Kısa	Kısa	Kısa
8	Düşük derecede sistematik, daha çok kaotik	İstatistiksel verilere dayalı, sistematik	İstatistiksel verilere dayalı, sistematik	İstatistiksel verilere dayalı, sistematik	Düşük seviyede sistematik	Düşük seviyede sistematik	Sistematik
9	Analojiler	Pareto diyagramları	Dağılım diyagramları	Kontrol kartları, çizelgeler	Balık Kılçığı Diyagramı	Histogramlar	Durdurma, kontrol, alarm fonksiyonları
10	Yüksek seviyede	Yüksek seviyede	Yüksek seviyede	Yüksek seviyede	Yüksek seviyede	Yüksek seviyede	Yüksek seviyede
11	İdeal çözüm olmayabilir, çözüm sürecin sonunda	Doğrudan çözüm önermesi yok, yol gösterici verilerin temini, çözüm sürecin sonunda	Doğrudan çözüm önermesi yok, yol gösterici verilerin temini, çözüm sürecin sonunda	Doğrudan çözüm önermesi yok, yol gösterici verilerin temini, çözüm sürecin sonunda	Doğrudan çözüm önermesi yok, problem nedenlerinin tespiti, çözüm sürecin sonunda	Doğrudan çözüm önermesi yok, problem çıkış sıklığının tespiti, çözüm sürecin sonunda	Hataların oluşmadan önlenmesi veya oluştuktan sonra düzeltici faaliyet, çözüm sürecin sonunda
12	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var
13	Sınırlı seviyede	Orta seviyede	Orta seviyede	Orta seviyede	Orta seviyede	Sınırlı seviyede	Yüksek seviyede
14	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
15	Düşük seviyede	Düşük seviyede	Düşük seviyede	Düşük seviyede	Düşük seviyede	Düşük seviyede	Düşük seviyede

	Sinektik	Pareto Analizi	Dağılım Diyagramları	Kontrol Çizelgeleri	Neden-Sonuç Diyagramı	Histogramlar	Poka-Yoke
16	Yüksek seviyede	Düşük seviyede	Düşük seviyede	Düşük seviyede	Yüksek seviyede	Düşük seviyede	Düşük seviyede
17	Yok	Sınırlı seviyede	Sınırlı seviyede	Sınırlı seviyede	Yok	Sınırlı seviyede	Sınırlı seviyede
18	Yüksek seviyede	Düşük seviyede	Düşük seviyede	Düşük seviyede	Yüksek seviyede	Düşük seviyede	Düşük seviyede
19	Var, önemli	Var	Var	Var	Var	Var	Var

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında İstanbul'da doğdu. İlköğrenimini Üsküdar Paşakapısı İlkokulu'nda bitirdi. 1989 yılında Galatasaray Lisesi'ne girdi. 1997 yılında lise mezuniyetinin ardından İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'ne öğrenim görmeye hak kazandı. Atölye stajını İ.T.Ü. Talaşlı İmalat Atölyesi'nde, üretim ve işletme stajlarını 1999 yılında sonradan Aygaz A.Ş. bünyesine katılan Gazal A.Ş.'de; 2000 yılında Danimarka'da MAN B&W firmasının Frederikshavn'daki fabrikasında yapmıştır. 2001 yılında "Alternatif Yakıt Olarak Hidrojen ve İçten Yanmalı Motorlarda Hidrojen Kullanımı" isimli bitirme tezini hazırlayarak Makina Mühendisliği Bölümü'nü bitirdikten sonra 2001 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Mühendislik Yönetimi programında yüksek lisansa başladı. Halen, Delta Denizcilik Mühendislik ve Bilgisayar Sanayi ve Ticaret A.Ş.'de Planlama Bölümü'nde yöneticilik yapmaktadır.