



**KULLANICI ODAKLI VE DOĞADAN ESİNLENEN YENİ BİR TASARIM
İŞLEM MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Cemile ŞANLIER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİYEL TASARIM MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MAYIS 2019

Cemile ŞANLIER tarafından hazırlanan “KULLANICI ODAKLI VE DOĞADAN ESİNLENEN YENİ BİR TASARIM İŞLEM MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Hüseyin Rıza BÖRKLÜ

Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Başkan: Doç. Dr. Hüseyin Kürşad SEZER

Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Dr. Öğr. Üyesi İhsan TOKTAŞ

Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 02/05/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Cemile ŞANLIER

02/05/2019

KULLANICI ODAKLI VE DOĞADAN ESİNLENEN YENİ BİR TASARIM İŞLEM MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Cemile ŞANLIER

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mayıs 2019

ÖZET

Yeni bir ürün tasarlarırken etkin yöntemler kullanma ve sistematik bir çözüm arama çok önemlidir. Tasarım yöntemleri genelde evrensel olmalı ve her durumda uygulanabilmelidir. Ancak, bu yöntemler ürün ve sektöre bağlı olarak değişebilir veya tercih edilebilir. Ayrıca, kullanılan bir tasarım yöntemi yeterince denenmiş, esnek ve geliştirilebilir de olmalıdır. Doğa, kullanıcı ve üretici için iyi bir tasarım, problemi farklı açılardan ele alma ve çözüme kullanılacak hibrit bir tasarım yöntemi ile mümkün olabilir. Bu tez kapsamında, ürün tasarımında kullanılan QFD, TRIZ, Kavramsal Tasarım ve Biyolojiden Esinlenen Tasarım (BID) yaklaşımlarından yararlanılarak yeni bir karma tasarım işlem modeli oluşturulması hedeflenmiştir. Bu model, çevre- üretici- tüketici beklentileri nezdinde en kısa zamanda en doğru çözüme ulaşabilmek için oluşturulmuş bir takım sistematik tasarım basamaklarını içermektedir. Tasarım yaklaşımları ve oluşturulan yeni tasarım işlem modeli örnek tasarım problemleri ile denenmiş ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Bilim Kodu : 91439

Anahtar Kelimeler : Tasarım Yöntemi, Hibrit Yöntem, QFD, TRIZ, Kavramsal Tasarım, Biyolojiden Esinlenen Tasarım, Tasarım İşlem Modeli

Sayfa Adedi : 102

Danışman : Prof. Dr. Hüseyin Rıza BÖRKLÜ

DEVELOPMENT OF A NOVAL USER CENTERED AND NATURE INSPIRED
DESIGN PROCESS MODEL

(M. Sc. Thesis)

Cemile ŞANLIER

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

May 2019

ABSTRACT

When designing a new product, it is very important to use effective methods and search for a systematic solution. Design methods should generally be universal and should be applicable in all cases. However, these methods may vary or be preferable depending on the product and sector. Also, a design method used should be sufficiently tried, flexible and developed. A good design for nature, user and manufacturer can be possible with a hybrid design method to be used to address and solve the problem from different angles. In this thesis, it is aimed to create a new mixed design process model by taking advantage of QFD, TRIZ, Conceptual Design and Biology-Inspired Design (BID) approaches used in product design. This model consists of a set of systematic design steps designed to achieve the right solution in the shortest time with the expectations of the environment-producer-consumer. The design approaches and the new design process model created are supported by case studies.

Science Code : 91439

Key Words : Design Method, Hybrid Method, QFD, TRIZ, Conceptual Design, Bio-Inspired Design, Design Process Model

Page Number : 102

Supervisor : Prof. Hüseyin Rıza BÖRKLÜ

TEŐEKKÖR

Tez çalıŐmalarımın yűrűtűlmesi ve sonuçlandırılmasında desteęini eksik etmeyen sayın hocam Prof. Dr. Hűseyin Rıza BÖRKLÜ'ye sabır ve hoŐęörűsű için teŐekkűrlerimi sunarım. Bu sűrete desteęinden dolayı Derda'ya ve yardımlarından dolayı BűŐra, Ferhat ve Oęulcan'a teŐekkűr ederim. Ayrıca her koŐulda yanımda olan sevgili babam, annem, ablam ve kardeŐime minnet ve ūkranlarımı sunarım.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiv
1. GİRİŞ	1
2. KAVRAMLAR	3
2.1. Yaratıcılığa Giriş	3
2.2. Ürün Tasarımı	4
2.3. Tasarım Yöntemleri	5
2.4. Sürdürülebilirlik	5
3. KULLANILAN TASARIM YAKLAŞIMLARI	7
3.1. QFD	7
3.2. TRIZ	11
3.3. Sistematik Tasarım	16
3.4. Biyolojiden Esinlenen Tasarım	22
3.5. Hibrit Yöntemler	25
3.6. Değerlendirme	26
4. HİBRİT YÖNTEMLER LİTERATÜR TARAMASI	27
4.1. Güncel Çalışmalar	27
4.2. Literatürün Değerlendirilmesi	33
5. GELİŞTİRİLEN YENİ TASARIM İŞLEM MODELİ	37

5.1. Geliştirilen Yeni Tasarım İşlem Modeli	38
5.1.1. İhtiyaç listesi oluşturma	39
5.1.2. İhtiyaçların tasarım parametrelerine dönüştürülmesi	39
5.1.3. Tasarım parametreleri arasında çelişki belirleme	40
5.1.4. Çelişkiler yardımıyla yaratıcı problemleri belirleme	40
5.1.5. Alt fonksiyonları belirleme	40
5.1.6. Alt fonksiyonlara uygun çözümler geliştirme	41
5.1.7. İdeal çözümü seçme	42
5.1.8. Konsept çözüme karar verme	42
5.2. Sonuç	42
6. UYGULAMA ÖRNEKLERİ	45
6.1. Bebek İzleme Cihazı Tasarımı	45
6.1.1. Yöntemin uygulanması	46
6.1.2. Değerlendirme	53
6.2. Tırnak Makası	54
6.2.1. Yöntemin Uygulanması	54
6.2.2. Değerlendirme	59
6.3. Bisiklet Kaskı	59
6.3.1. Yöntemin uygulanması	61
6.3.2. Değerlendirme	69
6.4. Motosiklet Dizlik Tasarımı	69
6.4.1. Yöntemin Uygulanması	69
6.4.2. Değerlendirme	77
6.5. Yeni İşlem Modeli Uygulama Örneği, Drone Tasarımı	78
6.5.1. Yöntemin uygulanması	79
6.5.2. Değerlendirme	85

Sayfa

6.6. Sonuç ve Değerlendirme	86
7. SONUÇ	87
KAYNAKLAR	89
EKLER	99
EK-1. Biyomimikri Taksonomisi	100
ÖZGEÇMİŞ	101



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Yaratıcılık Seviyeleri	11
Çizelge 3.2. Mühendislik Parametreleri.....	14
Çizelge 3.3. 40 Yaratıcı Prensiptir	15
Çizelge 3.4. Yöntemlerin değerlendirilmesi	26
Çizelge 4.1. Yöntem veri tabanına ait özellik ve kategoriler.....	28
Çizelge 4.2. Literatür karşılaştırma tablosu	34
Çizelge 5.1. Biyolojik fonksiyon eşleştirme örneği.....	41
Çizelge 6.1. Bebek izleme cihazı tasarımına ait ihtiyaç listesi	49
Çizelge 6.2. Kavramsal tasarıma ait değerlendirme çizelgesi	54
Çizelge 6.3. Tırnak makasına ait ihtiyaç listesi	57
Çizelge 6.4. Tırnak makasına ait parametreler, çelişkiler ve çözümleri.....	58
Çizelge 6.5. Bisiklet kaskına ait ihtiyaç listesi	64
Çizelge 6.6. Form - işlev değerlendirme tablosu	66
Çizelge 6.7. Dizlik ihtiyaç listesi	70
Çizelge 6.8. Drone tasarımına ait ihtiyaç listesi	80
Çizelge 6.9. Drone için belirlenen çelişki parametreleri ve çözümleri.....	82
Çizelge 6.10. Drone fonksiyon - biyomimikri taksonomi eşleştirme	83
Çizelge 6.11. Örnek uygulama - yaklaşım - aşama çizelgesi	86

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Üstünlük grafiği	3
Şekil 3.1. QFD ürün geliştirme süreç basamakları	8
Şekil 3.2. QFD sürecinin aşamaları	8
Şekil 3.3. Kalite evi genel yapısı	9
Şekil 3.4. TRIZ çalışma prensibi	13
Şekil 3.5. TRIZ yaklaşımının problem çözme metodolojisi	13
Şekil 3.6. Çelişki matrisi	15
Şekil 3.7. Kavramsal tasarım işlem basamakları	18
Şekil 3.8. Örnek bir ihtiyaç listesi	18
Şekil 3.9. Fonksiyon şeması	19
Şekil 3.10. Morfoloji matris yapısı	19
Şekil 3.11. Matris üzerinde çözüm seçeneği oluşturma	20
Şekil 3.12. Seçim kartı	20
Şekil 3.13. Amaçlar ağacı yapısı	21
Şekil 3.14. Değerlendirme çizelgesi	21
Şekil 3.15. Değer profil diyagramı	22
Şekil 5.1. Yeni tasarım işlem modelinin genel yapısı	37
Şekil 5.2. Yeni tasarım işlem modelinin akış şeması	39
Şekil 6.1. Tasarım süreci	48
Şekil 6.2. Bebek izleme cihazının fonksiyon şeması	49
Şekil 6.3. Bebek izleme cihaz tasarımına ait morfolojik kart	50
Şekil 6.4. Bebek izleme cihazının kavramsal tasarım ön değerlendirmesi	51
Şekil 6.5. Kavramsal tasarım önerisi 1 (Seçenek 5).	51
Şekil 6.6. Kavramsal tasarım önerisi 2 (Seçenek 6)	52
Şekil 6.7. Kavramsal tasarım önerisi 3 (Seçenek 2)	52

Şekil	Sayfa
Şekil 6.8. Kavramsal tasarıma ait amaçlar ağacı.	53
Şekil 6.9. Kavramsal tasarıma ait değer profil diyagramı..	54
Şekil 6.10. Optimum tasarım (Seçenek 2)	55
Şekil 6.11. Tırnak makası çeşitleri.....	56
Şekil 6.12. Tasarım süreci.....	56
Şekil 6.13. Tırnak makasına ait fonksiyon şeması.....	58
Şekil 6.13. Çözüm seçeneği 1	59
Şekil 6.14. Çözüm seçeneği 2	59
Şekil 6.15. Çözüm seçeneği 4	60
Şekil 6.16. Konsept tasarım çözümü (Görünüş 1)	60
Şekil 6.17. Konsept tasarım çözümü (Görünüş 2)	61
Şekil 6.18. Kask ve yapısı.....	62
Şekil 6.19. Çarpma anında enerji değişimi a) kask olmadığında, b) kask olduğunda	62
Şekil 6.20. Tasarım süreci.....	63
Şekil 6.21. Fonksiyon şeması, a) Kask, b) Armadillo	64
Şekil 6.22. Bisiklet kaskı alt fonksiyon şeması.....	65
Şekil 6.23. Kaska ait morfolojik matris	65
Şekil 6.24. Armadillodan esinlenen kask tasarımı 1.....	67
Şekil 6.25. Armadillodan esinlenen kask tasarımı 2.....	68
Şekil 6.26. Kirpi balığından esinlenen kask tasarımı.....	68
Şekil 6.27. Bisiklet kaskı için amaçlar ağacı	69
Şekil 6.28 Bisiklet kaskı için değerlendirme tablosu.....	69
Şekil 6.29 Çözümlere ait değer profil diyagramı.....	70
Şekil 6.30. Optimum seçenek - Tasarım 2	70
Şekil 6.31. Diz kapağı, kaval ve uyluk kemiği	70
Şekil 6.32. Tasarım süreci.....	70

Şekil	Sayfa
Şekil 6.33. Dizlik pazar araştırması	71
Şekil 6.34. Dizlik için kalite evi.....	72
Şekil 6.35. Teknik parametreler ve aralarındaki ilişki.....	73
Şekil 6.36. Teknik çelişkilerin TRIZ matrisinde değerlendirilmesi	73
Şekil 6.37. Eş parçalar	74
Şekil 6.38. Bacak bağlantı parçası (lastikli yapı).....	75
Şekil 6.39. Dizliğin parçaları	75
Şekil 6.40. Dizlik eskiz çalışması	76
Şekil 6.41. Dizlik ve yapısı	77
Şekil 6.42. Dizliğin farklı görünüşleri	77
Şekil 6.43. Tasarım süreci.....	79
Şekil 6.44. Konsept uygulama örnekleri.....	80
Şekil 6.45. Drone kalite evi	81
Şekil 6.46. Güvercinlerin boşluklardan geçişi	84
Şekil 6.47. Whirligig böceği	85

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Kısaltmalar	Açıklamalar
A	Arzu
AF	Alt Fonksiyon
ANP	Analytical Network Process Technique (Analitik Ağ İşlem Tekniği)
AR-GE	Araştırma ve Geliştirme
BID	Biologically Inspired Design (Biyolojiden Esinlenen Tasarım)
Çİ	Çözüm İlkeleri
DFE	Design for the Environment (Çevre için Tasarım)
E	Enerji
ECQFD	Environmentally Conscious Quality Function Deployment (Çevreye Duyarlı Kalite İşlev Yayılımı)
İ	İstek
IPDP	Innovative Product Development Process (Yenilikçi Ürün Geliştirme Süreci)
K	Kriter (Ölçüt)
KT	Kavramsal Tasarım
M	Malzeme
NID	Nature Inspired Design (Doğadan Esinlenen Tasarım)
P	Parametre
QFD	Quality Function Deployment (Kalite Fonksiyon Yayılımı)
S	Sinyal
SBF	Structure - Behavior - Function (Yapı - Davranış - Fonksiyon)
SBID	Systematic Biologically-Inspired Design (Biyolojiden Esinlenen Sistematik Tasarım)

Kısaltmalar**Açıklamalar****TRIZ**

Theory of Inventive Problem Solving (Yaratıcı Problem Çözme Teorisi)

TRIZEE

TRIZ Eco-efficiency (TRIZ Eko-verimli)

UCI

Union Cycliste Internationale (Uluslararası Bisiklet Birliği)

WBCSD

World Business Council for Sustainable Development (Dünya Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi)



1. GİRİŞ

Pazarda büyük pay sahibi olmak isteyen firmalar, ürünlerine ait kalite, üretim, fiyat ve zaman gibi kriterleri müşteri talepleri doğrultusunda düzenlemelidir. Bu bağlamda ve müşteri odaklı üretim yapan firmalar rekabet açısından da avantaj sağlayabilir. Bunun için firmaların müşteriye doğru analiz etmesi, müşteri eğilimleri ve satın almak istediği veya tercih ettiği ürün özelliklerinin açık, sade ve kesin olarak belirlenmesi çok önemlidir. Diğer taraftan bilimsel ve teknolojik arenada yaşanan büyük değişimler de her geçen gün endüstriyel firmaların imkan ve kabiliyetlerini daha fazla etkilemekte ve artırmaktadır. Böylece rakip firmalar arasında kıyasıya bir yarış ve daha iyi / üstün ürün ortaya koyma çabaları gözlenmektedir. Ürün tasarımı, müşteri ihtiyaçlarını ticari ürünlere dönüştürmeyi amaçlayan bir dizi işlem ve/veya süreç içerir [1]. Ticari firmaların Ar-Ge ve tasarım personeli, yeni tasarladıkları ve geliştirdikleri ürüne bir taraftan üstün teknolojik özellikler katarken, diğer taraftan ürünün fonksiyonel, sürdürülebilir ve çevre dostu, geri dönüştürülebilir ve ergonomik bir ürün ve tasarım olması için uğraşmaktadırlar. Tüm bu değişen şartlar ve acımasız rekabet ortamı, ticari ve endüstriyel firmaların daha profesyonel personel ile çalışmayı ve üstün tasarım araç, gereç, yöntem ve yazılımlardan yararlanmayı da gerekli ve hatta zorunlu kılmaktadır. Tasarım sürecini belirleyen tasarım yaklaşımı seçimi, ürüne göre değişmekte ve süreci önemli ölçüde etkilemektedir [2]. Bu yaklaşım; problem çözüm işlemi ve gelişme şeklini, girdi ve çıktıları, üretim sürecini, yaratıcı fikir ve çözümleri, problemin sınır ve kapsamını belirlemektedir. Yani bir ürün tasarım süreci birçok farklı alan, yöntem, bilgi, veri ve çalışma gerektirebilir. Bu nedenle de bazı farklı alan ve bilgileri müşterek uygulayabilecek hibrit (karma) tasarım yaklaşımlarına gerek duyulmaktadır. Böylece; tasarım sürecinin kısalması, yaratıcı fikirlerin geliştirilmesi, daha iyi ve inovatif çözümlerin üretilmesi beklenmektedir.

Araştırmanın amacı

Ürün tasarım ve geliştirme sürecinde kullanılan mevcut tasarım yaklaşımlarının sürecin tümüne dahil olmaması ve tasarım problemine getirilen çözümlerin kısıtlı ve tek açıdan olması tasarım kalitesini olumsuz etkilemektedir. Ayrıca tasarım çözümleri ileriki aşamalarda çevre ve kullanıcı ile uyum problemi de taşıyabilmektedir. Bu tez kapsamında, mevcut tasarım yaklaşımlarının eksikliklerini gidermek, tasarım sürecini kullanıcı ve üretici

odaklı olarak sürdürmek ve doğa temelli çözümler üretmek için yeni bir tasarım işlem modelinin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Araştırmanın konusu

Tez kapsamında önce mevcut tasarım yaklaşımları incelenmiştir. Bu yaklaşımların üstün taraflarını birleştirecek ve birlikte kullanacak hibrit bir tasarım yaklaşımının ihtiyaçları ve teorik alt yapısı araştırılmıştır. Bu çalışma ile belirlenen anahtar kelimeler; yeni tasarım modelinin karşılaması gereken temel kriterleri belirlemiş ve yeni bir tasarım işlem modeli formüle edilmiştir. Bu yeni model ve diğer yaklaşımlar, bazı örnek tasarım problemlerine uygulanarak bunun etkinliği test edilmiştir.

Araştırmanın yöntemi

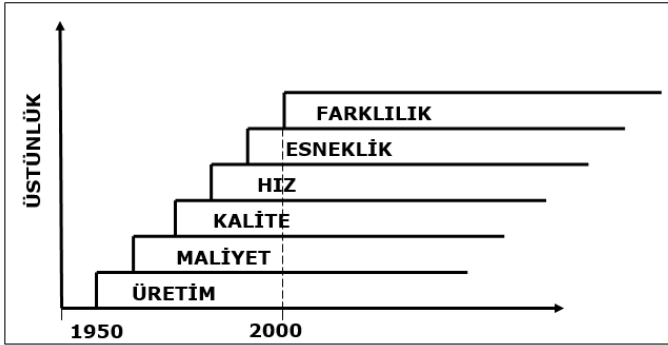
Çalışma literatür ve güncel kaynaklarla desteklenmiştir. İlk olarak, çalışmanın anlaşılır olması için tasarım ile ilgili bazı kavramlar açıklanmıştır. Tezin üçüncü bölümünde, ürün tasarımında kullanılan mevcut tasarım yaklaşımları açıklanarak olumlu ve olumsuz yanları analiz edilmiştir. Dördüncü bölümde, hibrit yöntemlerin kaynak araştırması yapılmış ve karşılaştırılmıştır. Beşinci bölümde, yeni oluşturulan kullanıcı odaklı ve doğadan esinlenen yeni tasarım işlem modeli açıklanmıştır. Altıncı bölümde ise bu yaklaşımların örnek problemler üzerinde uygulamaları yapılmıştır.

2. KAVRAMLAR

Bu tezin amacı, bir ürün tasarımının sürecini planlayacak ve hali hazırda kullanılan tasarım yöntemlerini iyileştirecek yeni bir tasarım işlem modeli oluşturmaktır. Bunun için, öncelikli olarak bazı temel kavramlar ve aralarındaki ilişkinin tanımlanması gerekmektedir. Çalışmanın temelini oluşturan; yaratıcılık, ürün, ürün tasarımı, tasarım yöntemi, sürdürülebilirlik gibi önemli kavramlar bu bölümde dört başlık altında açıklanmıştır.

2.1. Yaratıcılığa Giriş

Günümüzde firmalar, pazardan daha büyük pay kapabilmek için çetin bir rekabet içindedir. Bu nedenle daha üstün, kaliteli, hızlı ve ucuz üretim yapmaları gerekir. Yine aynı kapsamda; teknolojiye uyum, ürün ömürlerini uzatma ve müşteri beklentilerini karşılama gibi öncelikleri olmalıdır. 2000 yılından itibaren, farklılık yaratan firmaların diğerlerine göre üstün olduğu Şekil 2.1’de görülmektedir.



Şekil 2.1. Üstünlük grafiği [3]

Şirketler, sektörde kalıcı ve üstün olmak için farklılık yaratmak zorundadır. Burada problemlere getirilen yaratıcı çözümler çalışanlar ya da işletme sahipleri tarafından üretileceğinden, rekabet için gerekli farklılık da ancak şirket personeli ile sağlanabilir. Bu gerçeğin bilinmesine rağmen her şirkette uygulanmamasının nedeni yaratıcılığın önündeki engellerdir. Bu engeller; değişime karşı durma, alışkanlıklar, problemi iyi tanımlayamama, riski göze alamama ve temelde yaratıcı çözüm getirememe kaygısıdır. Mevcut engelleri aşmak, iyi tasarım yapmak ve yaratıcılığı sistematik bir şekilde ortaya koymak için çok sayıda farklı tasarım yöntemi kullanılmaktadır.

2.2. Ürün Tasarımı

Endüstriyel tasarım, insanların etkileşimde olduğu milyonlarca ürüne ait tasarımın profesyonel uygulamasıdır. Her ürün, başarılı bir tasarım süreci sonunda hayatı iyileştirmeyi amaçlayan birçok karar sonucu oluşmaktadır. 19. yüzyılın başlarında profesyonel bir uygulama olarak ortaya çıkan endüstriyel tasarım, işbirliği ve problem çözme amaçlı tasarım bilincinin artması ile gelişmiştir. Ürün tasarım süreci, bir ürünün sadece görünümü değil, aynı zamanda nasıl çalıştığı, kullanıcılar için sağladığı değer ve deneyime de odaklanılır. Disiplinler arası bir çalışma, daha iyi, kapsamlı ve evrensel çözümler sağlayabilir [4].

Endüstriyel tasarım, görsel sanatlar, bilim ve teknoloji disiplinleri ile problem çözme ve iletişim becerilerini müşterek uygulamayı içerir. Endüstriyel tasarımcılar; kullanıcı, endüstri ve toplum yararı için ürün, ortam, sistem ve hizmetin işlev, değer ve estetik algısını optimize eden kavram ve çözümler geliştirir [5]. Bu alanda öncü C. Eames'e göre tasarım; 'belirli bir amaca ulaşmak için öğeleri en iyi şekilde düzenleyen bir plandır'. D. Rams'a göre de; 'iyi tasarım anlaşılır ve etkileyici bir şey ve mükemmel tasarım ise unutulmaz ve anlamlı bir şey yapmaktır'. D. Rams (1983) iyi tasarıma ait on ilkeyi açıklarken ürünün görsellikten ziyade kullanıcı etki ve faydasını ön plana çıkartır [6]. Asatekin (1997) bir nesneyi biçimlendirmede kullanılan temel prensipler yanında tasarımcıya özgü anlayış ve manaya da değinir [7]. Bir ürün ile ilgili müşteri algısı, ürün karakteristiğine ait taleplerle ilişki yanında tasarımı değerlendirecek öncelikli parametreleri belirtir [8]. Kesin ve hassas bir şekilde iyi tasarımın ölçümü mümkün olmasa da Rams'ın belirlediği ve kabul gören on tasarım ilkesi şunlardır [9-10]: 1) Yenilikçi (inovatif), 2) Kullanışlı, 3) Estetik, 4) Anlaşılır (açık), 5) Basit (sade), 6) Düzenli, 7) Sağlam (uzun ömürlü), 8) Uyumlu (her düzeyde) 9) Çevre dostu, 10) Küçük (kompakt).

Yeni ürün tasarlama ve geliştirme sürecini kısaltmak, riskleri azaltmak ve kaliteyi artırmak için ürün geliştirme süreçleri kullanılır [11]. Ürün geliştirme, bir pazar fırsatı ve ürün teknolojisi ile ilgili bazı bulguları ticari ürüne dönüştürmeyi içerir. Bu alanda yapılan araştırmalar incelenmiş, genelleştirilmiş ve şöyle tasnif edilmiştir [12-13]: 1) planlama, 2) konsept geliştirme, 3) sistem düzeyli tasarım, 4) detay tasarımı, 5) test ve iyileştirme ve 6) üretim.

2.3. Tasarım Yöntemleri

Ürün tasarımında iyi konseptler oluşturmak için yaratıcı bir süreç gerekir. Bu süreçte; ilişki, akış ve etkileri belirlemede problemin doğru tanımı ön şarttır. Tasarımcılar ve mühendisler, aniden çözülmesi beklenen problemleri çözerken sınırlı ve eksik tecrübeden dolayı önyargılı çözümler oluşturmak ve psikolojik ataletten kaçınmak için yaratıcı yöntemler kullanmaktadır. Bu yöntemler sezgisel (beyin fırtınası, morfolojik kart) veya sistematik (algoritmik) olabilir [14]. Sezgisel yöntemler; beyin fırtınası [15] örnek olay incelemesi, bire bir görüşme, odak grupları, etnoğrafik araştırma, örnek olay araştırması, kayıt tutma, galeri yöntemi, delfi yöntemi, 635 yöntemi gibi yöntemler olup kullanımı oldukça basittir. Tasarımda erken aşamada uygulanabilir ama güvenilir olmayabilir. Sistematik yöntemler; Pahl ve Beitz'in kavramsal tasarım yaklaşımı, QFD [16], TRIZ [17] gibi yöntemler olup ürün hakkında fazla veri gerektirir ve küçük değişiklikler çözüme geç aşamada uygulanabilirler. Bazı kontrol listeleri gerektirebilir.

2.4. Sürdürülebilirlik

Doğa, çevre ve insan, varlığın bütünlüğünü oluşturan ve birbirini ile ilişkili kavramlardır. Bu ilişkiler zamanla hem doğa ve çevre hem de insanın değişimi ile sürmektedir. Sanayi devrimi sonrası gelişen teknoloji doğa ve çevreye (dolayısı ile insana da) büyük zararlar vermiştir. Böylece de doğayı koruma amaçlı sürdürülebilirlik kavramını doğmuştur [18].

Sürdürülebilirlik daimi olma ve doğaya uyum yeteneği olarak adlandırılabilir [19]. S. Campbell sürdürülebilirliği, bir sistemin kendini devam ettirmek için uzun vadeli yeniden üretimi olarak tanımlar. Gilman'a (1992) göre ise; toplum, ekosistem ya da aktif herhangi bir sistemin ana kaynakları tüketmeden belirsiz bir geleceğe dek işlevini sürdürmesidir [20]. Ruckelshaus'a (1989) göre, "en geniş ekoloji sınırları içinde ekonomik büyüme ve kalkınmanın karşılıklı etkileşim ile sağlanıp korunacağı bir doktrindir" [21]. Küresel anlamda bu konu BM'in 1987 yılında yayımladığı "Ortak Geleceğimiz" isimli raporda tanımlanmıştır. Bu tanım: "İnsanlık; doğanın gelecek kuşak ihtiyaçlarını karşılama yeteneğini tehlikeye atmadan, günlük ihtiyaçları temin ederek, kalkınmayı sürdürülebilir kılma yeteneğine sahip olmalıdır" şeklindedir [22]. 1992'de uluslararası bir toplantıda Dünya Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi (WBCSD) tarafından sürdürülebilirliği sağlamak için eko-verimlilik unsurları tanımlanmıştır. Bu tanımda, ekolojik etki ve kaynak

israfını giderek azaltırken insan ihtiyaçlarını karşılayan ve kaliteli yaşam sağlayan makul ücrette mal ve hizmet sunumu ile eko-verimliliğe ulaşılacağı belirtilir. Eko-verimlilik yedi kategoriye ayrılmıştır; mal ve hizmetlerde malzeme, enerji ve toksitleri azaltma, yenilenebilir kaynak kullanımı, ürün dayanıklılığı ve hizmet yoğunluğunda artırma [23]. 2000'lerde ise Avrupa Komisyonu, sürdürülebilirliği üç temel unsurda toplamıştır; 1) çevre (doğal kaynak kullanma, tüm doğayı reddetme, bölge işgali), 2) ekonomik (finansal performansları toplama, faaliyetlerin ekonomik büyüme üzerindeki etkileri ve iş dünyasında etik ilkelere uyulması) ve 3) sosyal (şirketin bir bütün olarak sosyal sonuçları ve temsilcileri) [24].

Son yıllarda sürdürülebilirlik kavramı erken tasarım süreçlerine dahil olmuş ve daha kısa sürede üretim, daha az atık ve çevre kirliliği ve daha az malzeme kullanımı olarak tasarım sürecini olumlu etkilemiştir [25].

3. KULLANILAN TASARIM YAKLAŞIMLARI

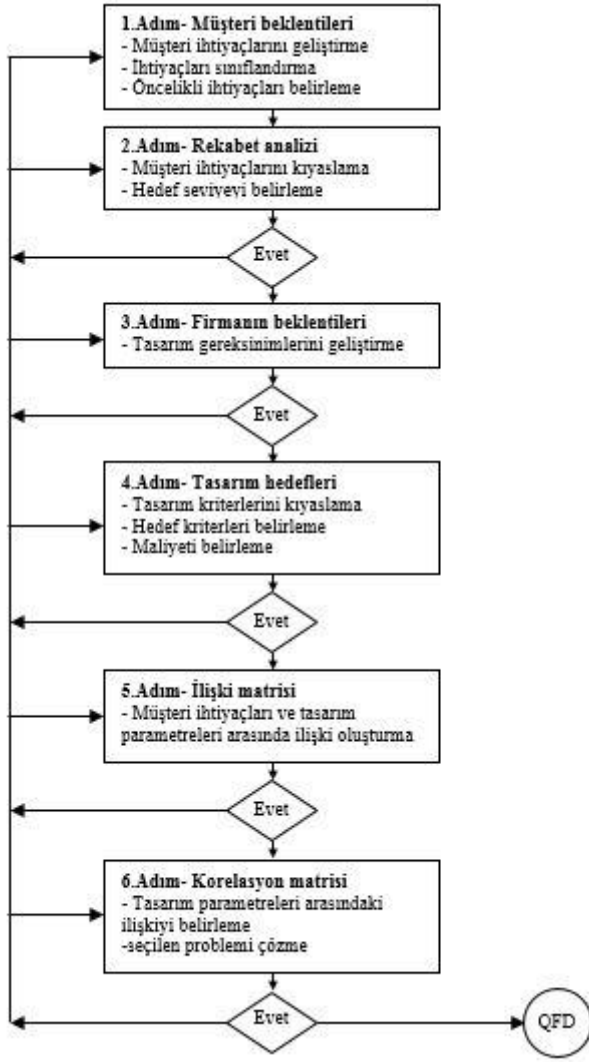
Ürün tasarım sürecinde kullanılan birçok farklı tasarım yaklaşımları vardır [2]. Birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları bulunduğu için tasarımı yapılan ürüne göre kullanılan yöntemler farklılık göstermektedir. Bu bölümde; ürün tasarımında yaygın kullanılan ve geliştirilen modele temel teşkil edecek yaklaşımların, QFD, TRIZ, kavramsal tasarım, biyolojiden esinlenen tasarım ve hibrit yöntemlerin literatür araştırması yapılmıştır. Bu yaklaşımların; oluşum ve gelişimi, içeriği ve tasarım sürecine katkısı ile kullanımı hakkında öz bilgi verilmiştir. Yaklaşımlar değerlendirilerek yeni geliştirilen yaklaşım için temel kriterler belirlenmiştir.

3.1. QFD

Müşterinin sesine kulak veren ve isteklerini ön planda tutan firmalar daha hızlı ve sağlıklı büyürler [26]. Bu kapsamlı bir yöntem olan QFD (Quality Function Deployment), 1960'ların sonunda S. Mizuno ve Y. Akao tarafından geliştirilmiştir. Akao, müşteri ihtiyaçlarını teknik parametrelere dönüştürüp, firmada bilgi yönetim ve kontrolünü ile müşteri ihtiyaçlarını tatmin amaçlı disiplinler arası ekip kurmayı kolaylaştıran QFD yöntemini geliştirmiştir [27]. Bu yönteminin ilk önemli uygulaması, 1966'da K. Oshiumi tarafından Bridgestone'da yapılmıştır. Daha sonra 1970'lerde Japon otomobil firması Mitsubishi tarafından kullanılmış ve zamanla da başta Amerika olmak üzere tüm dünyada çok meşhur olmuştur. Ülkemizde de ilk kez 1994 yılında Arçelik firmasının bulaşık makinesi üretiminde kullanmıştır.

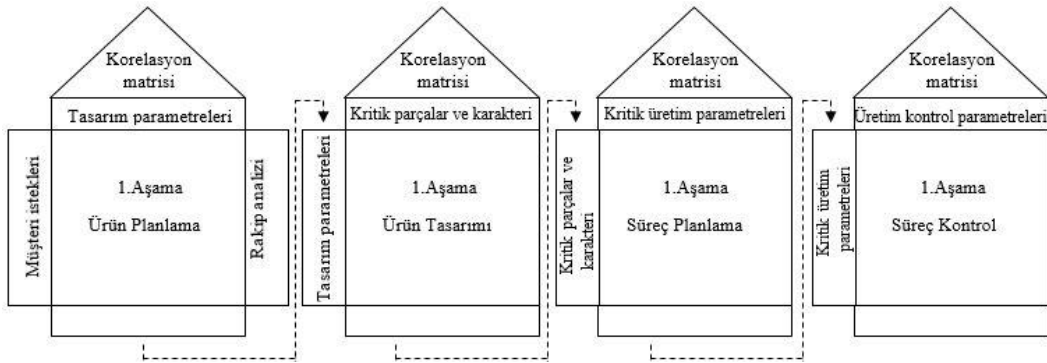
QFD, "müşterinin ürün tasarımı ve üretim sürecini yönlendirmesini sağlayan bir sistem" olarak tanımlanabilir [28]. Kalite fonksiyon yayılımı olarak da bilinen bu yöntem, kaliteli ürün sunmak için müşteri beklentilerini gözlemlemek, ihtiyaçlarını belirlemek, bu ihtiyaçları ürün tasarımı ve imalatında etkili bir şekilde kullanmak ve pazarlamaya yansıtmak gibi birkaç adım içeren ve toplam kalite yönetimi kapsamlı bir yaklaşımdır [27, 29-32].

QFD yönteminin üç temel hedefi vardır [33]: 1) Doğrudan ya da dolaylı olarak müşteri istek ve ihtiyaçlarını net bir şekilde saptamak, 2) Bu ihtiyaçları teknik parametrelere dönüştürmek, 3) Müşteri memnuniyetini sağlayacak kalitede ürün, üretim ve pazarlama yapmak. Bu hedeflere ait ürün geliştirme süreç akış şeması, Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. QFD ürün geliştirme süreç basamakları

QFD, nihai ürünün müşteri istek ve ihtiyaçlarını karşılamak için ürün planlamadan üretime kadar her aşamada uygulanır (Şekil 3.2). Bunlar: 1) Ürün planlama, 2) Ürün tasarımı, 3) Süreç planlama, 4) Üretim planlama [34].



Şekil 3.2. QFD sürecinin aşamaları [35]

Ürün Planlama: Kalite evi olarak bilinir ve firmalar genelde bu aşamayı uygular. Müşteri isteklerine göre ihtiyaçları belirlemek, değerlendirmek, önemlileri belirlemek, bunları teknik/tasarım parametrelerine çevirmek, aralarında ilişki ve korelasyon matrisi oluşturmak, rakip analizi yapmak ve firma beklentisi ve amaçlarını belirlemek gibi işlemleri içerir. Bu aşamada müşteri analizini iyi yaparak doğru veriler bu sürecin başarısı için önemlidir.

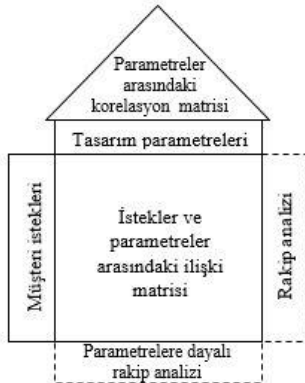
Ürün Tasarımı: Burada birinci aşama çıktısı olan teknik/tasarım parametrelerinin tasarım ve mühendislik ekipleri tarafından değerlendirilip konseptler oluşturulur ve kritik parça özellikleri belirlenir. Müşteri ihtiyaçlarını karşılayacak önemli parça ve kriterleri üçüncü aşama girdilerini oluşturur.

Süreç Planlama: Üretim süreçleri akış şeması, kritik üretim süreç ve parametrelerinin değerlendirildiği ve uygulandığı aşamadır.

Süreç Kontrolü: Son aşama, süreç planlamada belirlenen üretim süreci ve yapılan işlerin performansının kalite kontrol bölümü öncülüğünde değerlendirildiği ve süreci tehdit eden risklerin kontrol altına alındığı süreci kapsamaktadır.

Kalite evi

QFD yöntemi, “kalite tabloları” olarak bilinen dört aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama aynı zamanda “Kalite Evi” (House of Quality) olarak adlandırılmaktadır. Kalite evi müşteri istekleri ve tasarım parametreleri arasındaki planlamayı ve ilişkiyi sağlayan bir tür kavramsal şemadır ve evin çatısı altındaki bilgi analizinden tasarım öncelikleri kolayca belirlenir [36].



Şekil 3.3. Kalite evi genel yapısı

Kalite evinin genel yapısı Şekil 3.3’de görüldüğü gibi; müşteri istekleri, tasarım parametreleri, korelasyon matrisi, ilişki matrisi, rakip analizi ve parametrelere dayalı yeni rakip analizi olmak üzere altı bölümden oluşmaktadır [37- 38].

Müşteri istekleri: Doğrudan müşterinin kendisinden veya dolaylı olarak elde edilen ihtiyaç listesidir. Müşteri odaklı olup, ihtiyaç, problem, şikayet ve beklentiler iyi analiz edilerek hazırlanmalıdır. İsteklerin, önem dereceleri müşteri taleplerine göre belirlenerek genelde 1 (az önemli)- 5 (çok önemli) arasında değer alır.

Teknik tasarım parametreleri: Müşteri isteklerinin, ürünün teknik yönünün belirlenmesi ile hazırlanan somut ölçme kriterleridir. Müşteri isteklerini doğrudan karşılamalı ve mümkünse istekler ayrıntılı parametrelere dönüştürülmelidir.

İlişki matrisi: Müşteri ihtiyaçları (ne) ile teknik parametreler (nasıl) arasındaki ilişkiyi belirler. Buradaki ilişki genelde; 1 (zayıf), 3 (orta) ve 9 (güçlü) olmak üzere değerlendirilir. Yani, müşteri isteklerini karşılayan tasarım parametreleri vurgulanır ve analiz sonucunda güçlü olan ilişkileri ön plana çıkartılır.

Korelasyon matrisi: Kalite evinin çatısında olan bu matris, her bir teknik parametre arası ilişkileri; pozitif (+), negatif (-) veya ilişki yok (0) olarak değerlendirme ile oluşturulur.

Rakip analizi: Bulunan değerler rakiplerle kıyaslanarak hedef değerler belirlenir. Yapılan hesaplar sonucu hedef değer elde edilir.

Yukarıda belirtilen aşama 1 (Ürün planlama) işlemleri daha sonra istenirse diğer üç aşama için tekrarlanır. Buradaki en önemli fark; Aşama 1’in çıktısı ‘tasarım parametreleri’, 2. aşamanın girdilerini oluştururken, aşama 2’nin çıktısı ‘kritik parçalar ve karakteri’ 3. aşamanın girdilerini oluşturur. Aşama 3’ün çıktısı ‘kritik üretim parametreleri’ ise, 4. aşamanın girdisini oluşturmaktadır (Bkz. Şekil 3.2).

Sonuç olarak; QFD, müşteri istek ve ihtiyaçlarını ürün geliştirme sürecinin her aşamasında ilgili parametrelere dönüştüren sistematik bir araçtır. QFD, doğru uygulandığı zaman ürün veya hizmet başarısını artırır [36]. Ayrıca bu yöntemi kullanan firmalar şu tür avantajlar elde edebilirler; müşterinin gerçek ihtiyaçlarını belirlemek, bunları ürün tasarım veya geliştirme parametrelerine dönüştürmek, daha etkin yeni ürün süreci planlamak, süreç stratejileri

geliştirmek, üretim sürecini kontrol ederek kalite ve güvenilirliği artırmak ve mevcut ürüne ait kapsamlı veri tabanı oluşturmak. QFD hakkında daha geniş bilgi ve araştırmalar [39] numaralı kaynakta yer almaktadır.

3.2. TRIZ

Hızla gelişen teknolojiler ile artan ürün çeşitliliği ve beklenti, azalan ürün ömürleri ve sabırsızlık, üretici firmaların daha hızlı ve yenilikçi çözüm yaklaşımlar kullanmasını gerekli kılmıştır. Bu bağlamda Rus mühendis Genrich Altshuller tarafından geliştirilen TRIZ, çok meşhur bir problem çözme yaklaşımı olmuştur. TRIZ (Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch), yeni veya mevcut bir ürün tasarlamada ihtiyaç ve özellikler arası çelişkileri çözen önemli bir problem çözme aracıdır. 1940'larda 200 bini aşkın patenti inceleyen Altshuller, patentler ve dayandığı prensiplerin yaklaşık % 90'ının daha önceden çözülen problemler ve bunlara ait kural ve temellere dayandığını fark etmiştir (Çizelge 3.1). Yani problem çözümleri % 4 oranında yeni bir kavram iken sadece % 1'i yaratıcı bir buluş içermektedir [40].

Çizelge 3.1. Yaratıcılık Seviyeleri

Seviye	Yaratıcılık derecesi	Çözümler içindeki oranı	Bilgi kaynağı
1	Bilinen çözüm	% 32	Kişisel bilgi
2	Küçük yenilikler	% 45	Kurum bilgisi
3	Büyük yenilikler	% 18	Sektör bilgisi
4	Yeni kavram	% 4	Sektör dışı bilgi
5	Buluş	% 1	Tüm bilgiler

TRIZ; çözüm odaklı sistematik çalışma, çözüm sürecini kısaltma ve kalitesini yükseltme ve büyük bir tecrübe/veri birikiminden yararlanma sağlar. Tasarım ve Ar-Ge çalışmaları başta olmak üzere hemen her alanda kullanılabilir [41]. Böylece inovasyon uygulamaları; daha sistematik, tahmin edilebilir, pratik, bilimsel ve öğretiler olabilir olur. TRIZ felsefesi; yaratıcı problem çözme ve etkin ürün geliştirme, evrensel ve ortak çözüm prensipleri bulma, çelişki çözme ve faydalı sonuçlar üretmek için malzeme, enerji ve bilgi kullanmayı kapsar. Bu felsefe ise: İdeallik, İşlevsellik, Kaynak kullanımı ve Çelişkiler ile sağlanır [42].

İdeallik: Altshuller, tüm parçaları tam kapasite çalışan bir makineyi 'ideal makine' olarak tanımlar. İdeallik bir ölçü kriteridir ve bir makinenin olası en iyi düzeye yakınlık derecesini belirtir. Bir sistemin ideal olabilmesi için; ürün ömrü boyunca güvenilir, basit ve etkili

olması, atıl ve kullanılabilir kaynaklardan en iyi şekilde yararlanması ve yeni bir mekanizma ekmeden fonksiyonunu yerine getirmesi gibi kurallar vardır.

İşlevsellik: Bu ilkenin önemli olduğu haller; 1) Sistemde mevcut faydalı bir ana işleve katkısı olmayan zararlı bir bileşen olması, 2) Sistem fonksiyon şemasında bileşenler arası olumlu / olumsuz fonksiyonel ilişkileri belirleme ve çelişki analizinde kullanma, 3) Bilgiyi işlevine göre düzenleyip diğer sistemlerin işlev çalışma prensiplerini örnek alma.

Kaynak Kullanımı: Bu ilke bir sistem veya çevresinde bulunan her şeyin (enerji, bilgi, malzeme, yapı vb.) maksimum fayda ile sistemde kullanma ile olur.

Çelişkiler: Sisteme ait bir parametre iyileştirilmeye çalışılırken diğer parametre kötüleşir veya bir parametre hem olsun hem de olmasın istenirse çelişki olur. Çelişkiler çözüldüğünde problem de çözülmüş olur. Teknik ve fiziksel çelişki olmak üzere iki tür çelişki vardır.

Teknik çelişki: Sisteme ait bir parametre iyileşirken başka birinin kötüleşmesi halidir. Örneğin; bir cismin dayanımı artırılmak istenirse (iyileşen parametre) boyutu da artabilir (kötüleşen parametre). Bu çelişkiler genelde Çelişki matrisi ve 40 buluş prensibi ile çözülür.

Fiziksel çelişki: Sistemde bir özelliğin hem olması hem de olmaması (veya iki zıt özellik) halidir. Örneğin, bir radyo antenin hem uzun hem de kısa olması gibi. Fiziksel çelişkileri çözmek için; zamana, mekâna, yapıya ve duruma göre ayırma kullanılır.

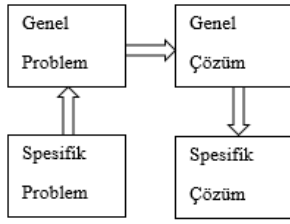
Zamana göre ayırma: Bir şey bir zamanda olurken bir başka zamanda olması hali. Trafiğin aynı anda hem sağdan sola hem de yukarıdan aşağıya kesişmeden akması örnek olarak verilebilir.

Mekâna göre ayırma: Çelişen iki eylemin aynı mekânda olması hali. Odada bir bölümünün aydınlık bir bölümünün karanlık olması (film banyo odası).

Yapıya göre ayırma: Sisteme ait bazı kısım/parçaların farklı özellikte olması hali. Örneğin, kaza anında kullanılan hava yastıklarının hem insanlara zarar vermeyecek kadar yumuşak hem de koruyacak kadar sert olması gerektiği gibi.

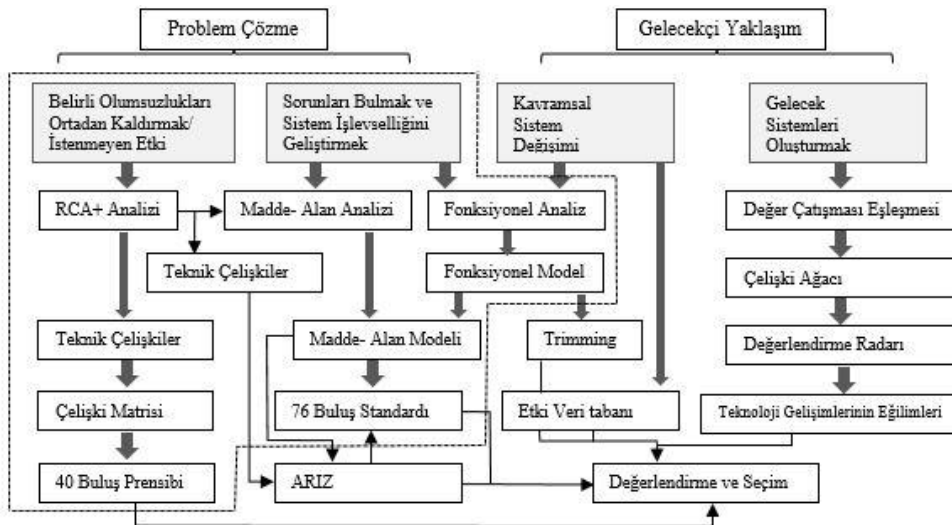
Duruma göre ayırma: Sisteme ait bir özelliğin bir durumda yüksek özellik farklı bir durumda düşük özellikte olma hali.

Altshuller patentlerde kullanılan çözümlerin genelde tüm benzer problemlere ait çelişkileri gidermede kullanılabileceğini belirtir. Bu amaçla da 4 aşamalı bir problem çözme işlemi önermektedir (Şekil 3.4). Bu işlem: 1) Özel problem, 2) Genel Problem, 3) Genel çözüm ve 4) Özel çözüm şeklinde yapılır [40].



Şekil 3.4. TRIZ çalışma prensibi

Altshuller tarafından geliştirilmeye başlanan ve devam eden çalışmalar sonucunda bazı TRIZ araçları ortaya çıkmıştır. Bu araçlar hem teknik problem çözümünde hem de bu çözümün daha yaratıcı, özgün ve etkili olmasında çok önemlidir. TRIZ araçları [43], a) Temel düzey: 1) Mükemmellik ve kaynak analizi, 2) Fonksiyon analizi, 3) Çelişki analizi (teknik/fiziki), 4) Çelişki matrisi, 5) Yaratıcı 40 prensip, 6) 9 pencere yaklaşımı, 7) S-eğrisi ve b) İleri düzey: 8) Madde alan analizi, 9) 76 standart çözüm, 10) Teknolojik gelişim eğilimleri, 11) Sistem operatörleri, 12) Bilimsel etkiler kılavuzu, 13) ARIZ, 14) Trimming şeklindedir. Bu araçlara ait problem çözme metodolojisi Şekil 3.5’de verilmiştir [44].



Şekil 3.5. TRIZ yaklaşımının problem çözme metodolojisi

Yukarıda belirtilen araçlardan daha sık kullanılan, iyi bilinen ve bu tezin sınırlarını kapsayan araçlar ise çelişki matrisi ve 40 buluş prensibidir.

40 Yaratıcı Prensip ve Çelişki Matrisi

Çelişki, özellik veya parametreler arası tezat/zıtlık durumunda olur [45]. Çelişki ve yaratıcı çözüm arasında önemli bir ilişki vardır. Neredeyse bütün büyük buluşlar bir/birkaç çelişki çözümü içerir. Yaklaşık 4-4.5 milyon patent incelenerek sınıflandırılmış, genel tanımları yapılmış ve tasarım problemlerinin çözümünde çelişkiye neden olan 39 farklı parametre belirlenmiştir. Mühendislik Parametreleri adı verilen bu sorunlar Çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Mühendislik Parametreleri [46]

<i>No</i>	<i>Mühendislik Parametreleri</i>	<i>No</i>	<i>Mühendislik Parametreleri</i>
01	Hareketli Cismin Ağırlığı	21	Güç
02	Hareketsiz Cismin Ağırlığı	22	Enerji Kaybı
03	Hareketli Cismin Uzunluğu	23	Madde Kaybı
04	Hareketsiz Cismin Uzunluğu	24	Bilgi Kaybı
05	Hareketli Cismin Alanı	25	Zaman Kaybı
06	Hareketsiz Cismin Alanı	26	Madde Miktarı
07	Hareketli Cismin Hacmi	27	Güvenilirlik
08	Hareketsiz Cismin Hacmi	28	Ölçüm Güvenilirliği
09	Hız	29	İmalat Güvenilirliği
10	Kuvvet	30	Cisme Zarar Verici Faktörler
11	Gerilme / Basınç	31	Zarar Verici Yan Etkiler
12	Şekil	32	İmalat Kolaylığı
13	Cismin Değişmezliği	33	Kullanım Kolaylığı
14	Mukavemet	34	Onarım Kolaylığı
15	Hareketli Cismin Dayanımı	35	Adapte Edilebilirlik
16	Hareketsiz Cismin Dayanımı	36	Cihaz Karmaşıklığı
17	Isı	37	Kontrol Karmaşıklığı
18	Parlaklık	38	Otomasyon Düzeyi
19	Hareketli Cismin Harcadığı Enerji	39	Verimlilik
20	Hareketsiz Cismin Harcadığı Enerji		

TRIZ yaklaşımının söz konusu 39 mühendislik parametresi ile satırlarında (Y-ekseni) ve sütunlarında (X-ekseni) mühendislik parametrelerinin yer aldığı 39x39 boyutunda Çelişki Matrisi adı verilen bir kare matris elde edilmiştir. Bu matrisin kesiştiği hücrelerde mevcut patentlere dayalı ideal çözüm prensipleri (yaratıcı çözümler) yer alır. 40 Yaratıcı prensip ise Çizelge 3.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. 40 Yaratıcı Prensiptir [45]

No	Yaratıcı Prensipler	No	Yaratıcı Prensipler
01	Bölümleme	21	Hızlı Hareket
02	Ayırma	22	Zararı Faydaya Çevirme
03	Kısmi Kalite	23	Geri Besleme
04	Asimetri	24	Aracı Kullanma
05	Kombinasyon	25	Self – Servis
06	Evrensellik	26	Kopyalama
07	İççe geçme	27	Ucuz ve Kısa Ömürlü Cisimler Kullanma
08	Karşı Ağırlık	28	Mekanik Sistemin Yerine Koyma
09	Öncü Karşıt Eylem	29	Pnömatik ve Hidrolik Yapılar Kullanma
10	Öncü Eylem	30	İnce Film ya da Zar
11	Öncü Önlem	31	Gözenekli Malzeme
12	Eşit Potansiyel	32	Renk Değiştirme
13	Ters Eylem	33	Homojenlik
14	Küresellik	34	Atılan veya Değiştirilen Parçalar
15	Dinamiklik	35	Fiziksel veya Kimyasal Durum Değişikliği
16	Kısmi Fazlalık	36	Faz Dönüşümü
17	Yeniden Boyutlama	37	Isıl Genleşme
18	Mekanik Titreşim	38	Güçlü Oksitleyiciler Kullanma
19	Periyodik Eylem	39	Durağan Çevre
20	Yararlı Bir Eylemin Sürekliliği	40	Kompozit Malzeme

Şekil 3.6’da bir kısmı verilen çelişki matrisinin 40 prensip [45] ve ayrıntılı 39x39 çelişki matrisine [46] bu kaynaklardan ulaşılabilir.

		Kötüleşen Özellik							Ölçülerin doğruluğu
		Güç	Enerji kaybı	Madde kaybı	Bilgi kaybı	Zaman kaybı	Madde miktarı	Güvenilirlik	
		21	22	23	24	25	26	27	28
1	Hareketli nesnenin ağırlığı	12, 36, 18, 31	6, 2, 34, 19	5, 35, 3, 31	10, 24, 35	10, 35, 20, 28	3, 26, 18, 31	1, 3, 11, 27	28, 27, 35, 26
2	Sabit nesnenin ağırlığı	15, 19, 18, 22	18, 19, 28, 15	5, 8, 13, 30	10, 15, 35	10, 20, 35, 26	19, 6, 18, 26	10, 28, 8, 3	18, 26, 28
3	Hareketli nesnenin uzunluğu	1, 35	7, 2, 35, 39	4, 29, 23, 10	1, 24	15, 2, 29	29, 35	10, 14, 29, 40	28, 32, 4
4	Sabit nesnenin uzunluğu	12, 8	6, 28	10, 28, 24, 35	24, 26,	30, 29, 14		15, 29, 28	32, 28, 3
5	Hareketli nesnenin alanı	19, 10, 32, 18	15, 17, 30, 26	10, 35, 2, 39	30, 26	26, 4	29, 30, 6, 13	29, 9	26, 28, 32, 3
6	Sabit nesnenin alanı	17, 32	17, 7, 30	10, 14, 18, 39	30, 16	10, 35, 4, 18	2, 18, 40, 4	32, 35, 40, 4	26, 28, 32, 3
7	Hareketli nesnenin hacmi	35, 6, 13, 18	7, 15, 13, 16	36, 39, 34, 10	2, 22	2, 6, 34, 10	29, 30, 7	14, 1, 40, 11	25, 26, 28
8	Sabit nesnenin hacmi	30, 6		10, 39, 35, 34		35, 16, 32, 18	35, 3	2, 35, 16	

Şekil 3.6. Çelişki matrisi

Teknik çelişki içeren bir problemi çelişki matrisi ile çözmek için şu işlem uygulanır: 1) Problemi çözecek sisteme ait parametreler belirlenir (sistem analizi), 2) İyileştirilecek parametreye karşılık gelen kötüleşen parametre ve çelişki tespit edilir (çelişki belirleme), 3) 40 prensip ve çelişki matrisinden iki şekilde faydalanılarak çelişki çözülür (çelişki çözüme). Bu parametrelerin kesişim hücreesindeki çözüm prensiplerini kullanma veya çelişen tüm prensipleri inceleyerek uygun çözümü bulma.

Çelişki matrisi üzerinden örnek gösterilecek olursa Şekil 3.5’de görüldüğü gibi iyileşmesi istenen parametre ‘hareketli nesnenin hacmi’ sistemde ‘güvenilirlik’ parametresinin kötüleşmesine sebep olmuştur. Bu iki parametrenin kesiştiği alanda oluşan numaralar 40 yaratıcı prensipleri temsil edip, belirlenen problem için 14 (yuvarlama), 1 (bölümleme), 40 (kompozit malzeme) ve 11 (öncü önlem) numaralı prensipler ile çözüm aranır. Bu prensipler doğrudan veya diğer prensiplerle birlikte çözüm verebilir.

Belirli problemler için çelişki matrisi kullanılırken, belirli olmayan ya da geliştirilmesi gereken problemleri önceden belirlemek içinse prensipler tersten düşünülür.

Sonuç olarak, TRIZ yaklaşımının ne kadar önemli ve yararlı olduğu birçok sektör tarafından kabul edilmiş ve araştırmacılar tarafından teyid edilmiştir. Birçok araştırmacı [47-49] TRIZ yaklaşımının, problemin anlaşılmasını kolaylaştırdığı, çözüm uzayını genişleterek daha hızlı ve etkili çözümler oluşturduğu ve herkesin kullanabileceği kadar süreci basitleştirdiği ve kısalttığı ifade edilmiştir.

3.3. Sistematik Tasarım

Şirketler, ürün geliştirme işlemini sistematik bir şekilde yürüterek sürecin kontrolünü devamlı hale getirirler. Bu kapsamlı çalışmalardan biri de Sistematik Tasarım yaklaşımıdır. 1970’lerde Pahl ve Beitz tarafından önerilen [50], sonra öğrencileri Feldhusen ve Grote tarafından geliştirilen [51] bu yaklaşım; kapsamlı, sistematik ve yenilikçi çözümler sağlar. Sistematik tasarım; problemi kolay anlama, hızlı ve etkin çalışma, hata payını azaltma ve optimum çözümler bulma sağlar [52-53]. Tüm dünyada çok yaygın olan [54] Pahl ve Beitz’in Sistematik Yaklaşımı, dört ana tasarım aşaması içerir [50]:

Görev belirlemek: Bir tasarım problemini anlamak, bu tasarıma dair öznel veriler elde etmek ve gerekli tüm ihtiyaçların bir listesini hazırlamak gibi faaliyetleri ifade eder.

Kavramsal tasarım: Tasarım şartnamesine göre problemi soyutlamak, fonksiyon yapıları oluşturmak, alt fonksiyonlara çözümler aramak, bulmak ve önemlileri seçmek, çeşitli konseptler oluşturmak ve değerlendirmek, iyi olanları seçmek. Yaratıcı çalışmalar bu aşamada yapılır.

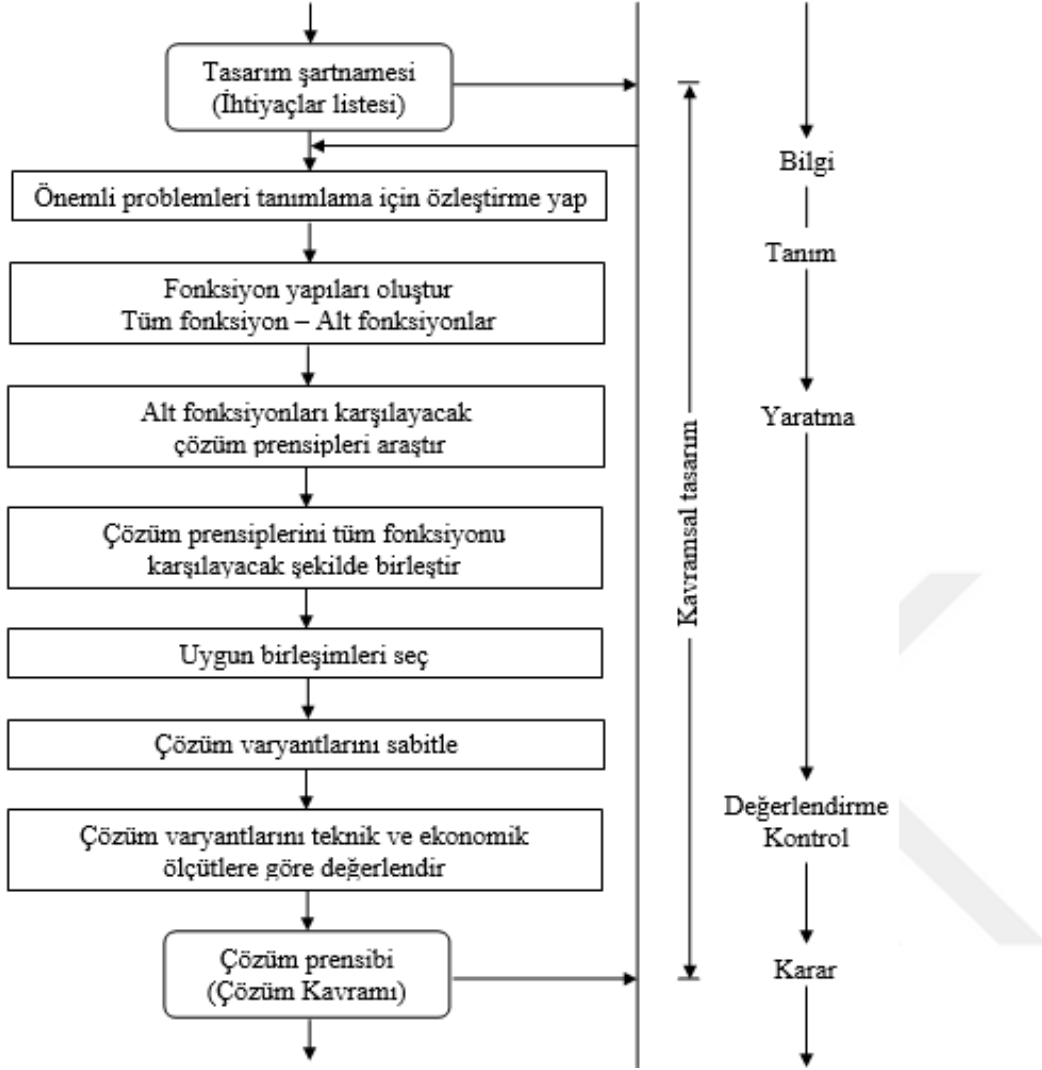
Şekillendirme tasarımı: Tasarımcı belli bir düzende, konseptten başlayarak teknik ve ekonomik ölçütlere göre ürün veya sistemi geliştirir. Bu esnada bazı hesaplar, analizler, simülasyonlar ve prototipler çalışmaları yapılabilir.

Ayrıntılı tasarımı: Burada bir önceki aşamanın çıktısı konstrüksiyon daha ayrıntılı ele alınır ve düzenlenir. Bu süreçte imalat resimleri, ölçü ve toleransalar, imalat dokümanları hazırlanır.

Bu tezin kapsamı tasarım işleminin kavramsal tasarım aşaması ile sınırlandırılmıştır. Kavramsal tasarım Pugh (1991) tarafından; ‘tasarım sürecinin ilk adımı olup projenin bütününe temsil, tüm alt sistemlerin toplamı’ olarak tanımlanmıştır [55]. Kavramsal tasarım, mühendislik tasarım sürecindeki en kritik aşamadır [56]. Çünkü bu aşamada ürün maliyetinin yaklaşık % 80'i belirlenir ve bu durum hem üretilebilirlik hem de yaratıcılığı etkilemektedir [57- 58]. Yaratıcılık da kavramsal tasarımın en önemli çıktısıdır [59].

Kavramsal Tasarım Basamakları

Şekil 3.7’de görüldüğü üzere kavramsal tasarım; bilgi, tanım, yaratıcılık, değerlendirme ve kontrol ve karar başlıkları altında dokuz aşamadan oluşmaktadır [60].



Şekil 3.7. Kavramsal tasarım işlem basamakları [51]

Tasarım şartnamesi hazırlama: İhtiyaç listesi olarak da bilinen bu aşamada, tasarlanacak ürün / sisteme ait özellik, beklenti, ihtiyaç ve sınırlayıcıları içeren bir liste oluşturulur (Şekil 3.8). İstekler (İ) mutlak karşılanması, arzular (A) ise imkanlar dahilinde olması gereken ihtiyaçları belirtir.

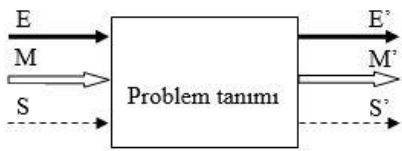
		TASARIM ŞARTNAMESİ	Sayfa 1.
		Ürün adı	
Değişiklik	İ/A	İhtiyaçlar	Sorumlu
	İ	1) İstek	
	A	2) ...	
	İ	3) ...	
		...	

Şekil 3.8. Örnek bir ihtiyaç listesi

Bu aşamada probleme geniş bir açıdan bakılır ve kapsamlı ihtiyaçlar belirlenir. Bu belge süreç içerisinde güncellenir ve yenilenir. Objektif ve bilimsel esaslara göre çalışmak önemlidir.

Önemli problemleri belirleme: Bu esnada önemsiz ve ayrıntılar ihmal edilerek genel ve önemli hususlara odaklanılır. Böylece de hızlı çalışmak ve kapsamlı çözümler bulmak mümkün olur.

Fonksiyon yapısı oluşturma: Fonksiyon şeması, tasarlanan sistemin genel amacını ifade eden tüm fonksiyon, sistemin bileşenlerini temsil eden alt fonksiyonlar ve aralarındaki ilişkiyi gösterir. Sisteme; enerji (E), malzeme (M) ve sinyal (S) cinsinden girdi ve çıktılarda vardır ve şemada gösterilir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Fonksiyon şeması

Alman tasarım ekollerinde, karmaşık bir problemin daha basit problemlere bölme, fonksiyon şemasında gösterme ve bunlara ait çözümleri birleştirip birçok çözüm bulma yaygındır [61]. Elektronik devre tasarımında olduğu gibi genel makine veya ürün tasarımında da fonksiyon şeması kullanılabilir [62-63]. Fonksiyon şeması oluşturulurken; önemli fonksiyonel ilişkiyi belirlemeye, basit şekilde ifade etmeye, bunları değiştirerek farklı çözümler elde etmeye ve geliştirilirken de olası çözümleri düşünmeye dikkat edilmelidir.

Çözüm prensipleri oluşturma ve birleştirme: Tüm ve alt fonksiyonlar hazırlandıktan sonra bunlara ait alt çözüm seçenekleri oluşturulur. Daha sonra bunlar morfolojik kart adlı bir tabloda gösterilir (Şekil 3.10). Bu karttaki alt çözümlerin birleştirilmesi ile de makul sayıda tüm sisteme ait çözüm seçeneği oluşturulur (Şekil 3.11).

Çözüm ilkeleri	Çİ 1	Çİ 2	Çİ ...
Alt fonksiyonlar			
AF 1			
AF 2			
AF ...			

Şekil 3.10. Morfoloji matris yapısı

Bu aşamada çözüm seçeneği oluştururken (Seçenek1: AF1- Çİ1, AF2- Çİ2, AF...-Çİ1, S2: AF1- Çİ..., AF2- Çİ1, AF...-Çİ..., S3: AF1- Çİ1, AF2- Çİ..., AF...-Çİ2 vb.) seçeneklerin tüm fonksiyonu karşılması, uygulanabilir olması ve ekonomik ve teknik özelliklerinin iyi ve kabul edilebilir olması önemlidir.

Çözüm ilkeleri	Çİ1	Çİ2	Çİ ...
Alt fonksiyonlar			
AF1	AF1- Çİ1	AF1- Çİ2	AF1- Çİ...
AF2	AF2- Çİ1	AF2- Çİ2	AF2- Çİ...
AF ...	AF...- Çİ1	AF...- Çİ2	AF...- Çİ...

Şekil 3.11. Matris üzerinde çözüm seçeneği oluşturma

Uygun birleşimleri seçme: Elde edilen tüm çözüm seçenekleri burada kaba bir seçim işlemine tabi tutulur ve uygun olanları belirlenir. Bu amaçla Şekil 3.12’de verilen seçim kartı ve üzerindeki kriterler kullanılır. Bu aşamada; tüm fonksiyona uygun olma (A), ihtiyaç listesini karşılama (B), ilke olarak gerçekleştirilebilir (C), makul maliyet (D), doğrudan emniyet önlemlerini sağlama (E), tasarımcı tarafından tercih edilme (F) ve yeterli bilgi sağlama (G) kriterleri uygulanır. Bu kriterlere göre çözüm seçenekleri elenir, sürdürülür veya eksik bilgiler toplanır.

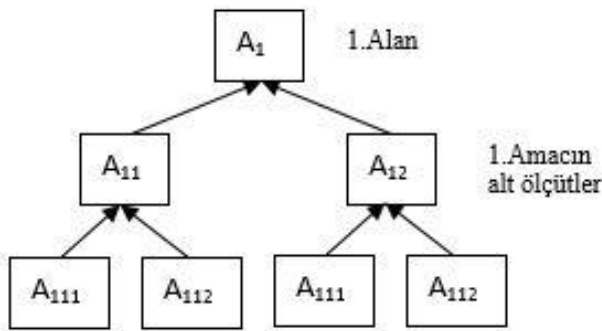
		Seçim Kartı							
Çözüm Varyantları	SEÇİM KRİTERİ:							KARAR	
	A	B	C	D	E	F	G	KARAR KRİTERİ:	
	Tüm fonksiyonla uyumlu							(+) Çözümü sürdür	
	Şartname isteklerini karşılar							(-) Çözümü çıkar	
	Prensipte gerçekleştirilebilirlik							(?) Bilgi toplama	
	Müsaade edilebilir maliyet							(!) Değişiklikler için şartnameyi kontrol et	
	Emniyet şartlarını doğrudan karşılar								
	Tasarımcı şirketince tercih edilir								
	Yeterli bilgi								
	Görüşler (Sebepler)								
ÇV 1	+	+	+	+	+	-	+		
ÇV 2	+	+	+	+	+	-	+		
ÇV 3	+	+	+	+	+	+	+		
ÇV 4	+	+	+	+	+	+	+		

Şekil 3.12. Seçim kartı

Kaba gösterim: İlk ve kaba elemeyi geçen çözüm seçenekleri şematik olarak gösterilir.

Çözüm seçeneklerini değerlendirme: Ön elemeyi geçen seçenekler, amaçlar ağacı ve değer profil diyagramı ile tekrar değerlendirilir.

Amaçlar ağacı: Önce daha hassas bazı değerlendirme ölçütleri belirlenir. Bunlar ölçülebilir (nicel-nitel) ve birbirinden bağımsız olmalıdır. Hiyerarşik düzende hazırlanan amaçlar ağaç yapısı ve farklı katmanları Şekil 3.13’de verilmiştir. Her düzeyde bulunan kriterlerin, kendi içindeki ve tüm çözüme katkısına göre 1-10 arasında değerler belirlenir. Amaçlar ağacının en alt düzey değerlendirme kriteri ağırlık değerleri toplamı her zaman 1’e eşit olmasıdır.



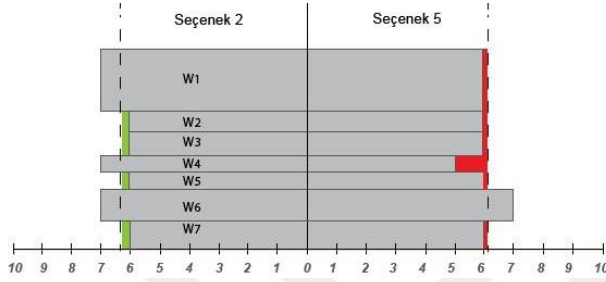
Şekil 3.13. Amaçlar ağacı yapısı

Değerlendirme çizelgesi: Amaçlar ağacında belirlenen kriterler ve ağırlıkları değerlendirme çizelgesi hazırlamada kullanılır. Burada kriterler somut ve ölçülebilir tasarım parametrelerine çevrilir. Her seçeneğe bu parametreye göre, ‘az, orta, fazla’ puanları verilir ve toplam ise değer sütunu altında yazılır. Daha sonra amaçlar ağacından gelen W değeri ve oran değeri çarpılarak her kriterin W ağırlık değeri, bunların toplamı ile de seçeneğin toplam ağırlık değeri bulunur. Toplam ağırlık değerleri yüksek ve birbirine yakın olan seçenekler bir sonraki aşamada değerlendirilir (Şekil 3.14).

Değerlendirme çizelgesi			Seçenek x			Seçenek y			Seçenek z		
Kriter	W	Parametreler	Oran	Değer	Ağırlık Değeri	Oran	Değer	Ağırlık Değeri	Oran	Değer	Ağırlık Değeri
1	K1	P1	Az	7		Az	6		Az		
2	K2	P2	Fazla	6		Orta	6		Orta		
3	K...	P...	Orta	8		Orta	6		Fazla		
$\sum W_t=1$			$\sum Wdx=$ değer toplamı $\sum WAdx=$ ağırlık değer toplamı			$\sum Wdx=$ değer toplamı $\sum WAdx=$ ağırlık değer toplamı			$\sum Wdx=$ değer toplamı $\sum WAdx=$ ağırlık değer toplamı		

Şekil 3.14. Değerlendirme çizelgesi

Değer profil diyagramı: En yüksek değere sahip iki tasarım seçeneği değer profil diyagramını ile değerlendirilerek nihai tasarım seçilir (Şekil 3.15). Bu diyagramında görülen dikdörtgenlerin uzunluğu ölçütün değeri, kalınlığı ise ölçütün ağırlığını belirtir. Seçeneğin aldığı toplam değer sınır çizgisini oluşturmuş olup çizgi ile dikdörtgenlerin kesiştiği taraflı alan, o seçeneğin eksik / zayıf yanlarını gösterir. Daha az taraflı alana sahip olan seçenek bu problemin ihtiyaçlarını en iyi karşılayan çözüm seçeneği olur.



Şekil 3.15. Değer profil diyagramı

Sonuç olarak kavramsal tasarım; fikir / strateji düzeyli tasarım sürecini kapsamlı ve sistematik olarak ele alması, tasarım problemini detaylı analiz etmesi, birçok farklı çözüm sunması, çok aşamalı değerlendirme ile sonuç belirlemesi ve en iyi / optimum çözüm(ler) sağlaması gibi sebeplerde dolayı, tasarım problem çözümlerinde çok önemlidir.

3.4. Biyolojiden Esinlenen Tasarım

Biyolojiden- doğadan esinlenen tasarım sürdürülebilir olma kavramı ile ön plana çıkmış ve popüler olmuştur. Sürdürülebilir olma kavramı zamanla olgunlaşmış ve Brunthland raporunda; çevre, ekonomi ve sosyal başlıkları altında toplanmıştır. Bunları günlük hayata uygulamada yeni kuşak tasarımcılara büyük görev düşmektedir. Çünkü tasarımcıların sürdürülebilir bir çevre ve dünya yaratmada çok önemli katkıları vardır [64-68]. Araştırma sonuçlarına göre de tasarım aracı olarak doğa yeni keşfedilmiş de değildir ve bu konu çok eskilere dayanır [69]. Leonarda Vinci'nin kuşlardan esinlenerek tasarladığı uçan makineler bu yaklaşımın 15. yüzyıldan beri kullanıldığını göstermektedir. Zamanla bilim ve teknoloji ile doğa bilimleri ve tasarım arası ilişki kuvvetlenmiş ve biyolojiden esinlenen tasarım (Biologically Inspired Design- BID) yaklaşımı oluşmuştur. Disiplinler arası karakteri gereği bu yaklaşım mühendislik ve biyoloji kapsamlı alanlar arası analogilere dayanmaktadır [70]. Helms vd. (2009), biyolojiden esinlenen tasarımı iki ana gruba ayırmıştır [71]:

1) *Problem odaklı yaklaşım (doğaya bakış)*: Tasarım problemi tanımlanıp sorun için uygun bir biyolojik model bulur. Başarı problem analizinin derinliğine bağlıdır. Problem önceden belirlendiği için doğadan sınırlı şekilde faydalanılır. Bu nedenle süreç geri bildirim ve iyileştirme üzerine kuruludur.

2) *Çözüm odaklı yaklaşım (probleme bakış)*: Doğadaki analogiler tanımlanıp problem çözümünde kılavuz olarak kullanılır. Biyolojik model seçilir, modele özgü çözüm öğrenilir ve istenen alana uygulanır. Başarı model analizinin derinliğine bağlıdır.

Biyolojiden esinlenen tasarım yaklaşımı; Bionic (1960- J.E. Steele), Biomimetic (1950- Schmitt) [72], Biomimicry (1997- Benyus) [73], Biomimesis, Biognosis, Bioinspiration, Bioanalogous design gibi terimlerle anılmış olup temelde doğanın biçim, işlev ve sistemini taklit etmeye dayanır [74]. 1997’de J. Benyus tarafından somutlaştırılan biyomimikri kavramı, ‘bios’ yaşam ve ‘mimesis’ taklit kelimelerinden oluşur. Biyomimikri, doğayı taklit ederek mühendislik problemlerine çözümler üretmeyi amaçlar. Bu işlem üç seviyede olur: 1. Biçim; doğada bulunan modelleri direk veya soyutlayarak form oluşturmak (biçim vermek), 2. İşlev; model çalışma prensibini probleme uyarlamak, 3. Sistem; modelin bir sisteme uyumunu probleme uyarlamak [75]. Problem göre ilgili seviye / üç seviyede uygulanarak çözümler bulunur. Biyomimikri, karmaşık problemlere çözüm ararken ‘doğa bunu nasıl çözdü’ sorusuna cevap niteliğinde kısa sürede sürdürülebilir çözümler oluşturur.

Doğadan esinlenen, doğa temelli, biyolojiden esinlenen tasarım gibi çeşitli isimlerle adlandırılan bu yaklaşımı uygulamak için bazı araçlar geliştirilmiştir [76]. Sık kullanılan bu araçlardan aşağıda bahsedilmiştir. Ask Nature ve BioTRIZ yeni yaklaşımın bir parçası olmuştur.

Ask Nature: Benyus’un kurucusu olduğu Biomimicry Institute tarafından oluşturulan bir veri tabanıdır. Biyolojik verileri fonksiyonuna göre organize eden biyomimikri taksonomisi kullanılır. Taksonomi, stratejileri üç seviyeye göre sınıflandırır: gruplar (8), alt gruplar (30) ve işlevler (162). Taksonomi EK-1’ de verilmiştir. Stratejiler, bir organizma ya da ekosistemin fonksiyonel zorlukları karşılama çözümleridir (1707). AskNature, belirli bir stratejinin nasıl uygulandığını gösteren yaklaşık 200 biyomimetik ürün sayfasına sahiptir. Bir ürünün sayfası, ürünün tarihini, hangi sorunları çözdüğünü, mevcut ürünlerden nasıl farklı olduğunu ve biyo-ilham ilkelerini açıklar. Ask Nature uygulama basamakları

şunlardır: 1) Kapsam belirleme: Problem tanımlama, işlev belirleme, yaşam ilkelerini ekleme, 2) Keşif: Biyolojik modeli belirleme ve stratejileri inceleme, 3) Oluşturma: Biyo-ilham ilkelerini taklit etme, 4) Ölçme: Yaşam ilkeleri ile değerlendirme [77, 78].

BioTRIZ: Biyomimetik ve TRIZ yaklaşımı arasında ilişki kurulmuştur. En az 3 farklı hiyerarşik düzende 270'den fazla işlevi kapsayan 500 biyolojik olgu analiz edilerek toplamda 2500'den fazla çelişki (biyolojik karmaşıklık seviyelerine göre) incelenmiştir. Bu çalışma sonucu; 'bir şeyler bir yerde bir şey yapar' (things do things somewhere) yaklaşımı ile altı alan, things; substance (madde) ve structure (yapı), do things; energy (enerji) ve information (bilgi), somewhere; space (uzay) ve time (zaman) belirlenmiştir. TRIZ yaratıcı çözüm prensipleri bu alanlara göre şu şekilde sınıflandırılmıştır: (1) Teknolojik/patent problem çözme kalıplarını bulma (TRIZ), (2) Biyolojik problem çözme kalıplarını bulma (Biyomimetik), (3) Bu bulguları yeni ve genel bir sisteme uyarlama (BioTRIZ). Sınıflandırma işleminden sonra TRIZ, PRIZM (Pravila Reshenija Izobretatel'skih Zadach Modernizirovannye -Modern Yaratıcı Problem Çözme Kuralları) adını almıştır. İşlem sonucunda BioTRIZ matrisi geliştirilmiştir. Bu matriste bir nesne ve parçaları, nesnenin çalıştığı çevre, eylemin sınır ve sebepleri, eylemin nihai amacı ve ilgili kaynaklar ve yardımcı sistemler dikkate alınmıştır. Bu yaklaşımda problem şu sırada çözülür [79, 80]: 1) Tanım (Define): Problem açık ve kesin olarak tanımlanır ve gerekli/gereksiz özellik ve işlevler belirtilir, 2) Analiz (Analizing): Problem analiz edilir ve çelişkiler belirlenir. Çelişkiler önce TRIZ matrisinde gösterilir ve sonra biyolojideki işlevsel analojisi PRIZM matrisi, akabinde PRIZM matrisi BioTRIZ matrisi ile eşleştirilir, 3) Karşılaştırma (Compare): Biyoloji ve TRIZ çözümleri karşılaştırılır ve ortak çözümler bulunur, 4) İlişki (Linking): Biyolojik analoji ve teknik çözümler arası ilişkiler kurularak çözümler listelenir, 5) Geliştirme (Developing): TRIZ prensiplerine salt biyolojik veya salt teknik çözümler eklenerek yeni çözümler geliştirilir.

Bridge verbs: Chiu vd. (2005), mühendislik ve biyoloji terminolojisi arasında ilişki kurmak için sistematik ve yarı otomatik bir arama motoru geliştirmiştir. Bu sistem şöyle kullanılır: 1) Seçme; tasarım problemine göre orijinal işlevsel anahtar kelimeler seçme, 2) Genişletme; anahtar kelimeleri eş ve geniş anlamlı kelimeler ile çoğaltma, 3) Arama; yaşam metinleri ve ilgili eşleşmeleri belirleme, sık kullanılan kelimeleri bulma, sık kullanılan sözcüklerle değiştirilmiş fiilleri bulma, 4) Düzenleme; sonuçları düzenleme ve ilişkilendirme (filler) ve 5) Tekrarlama; yaşam metinleri içerisinde tekrar arama yapma [81, 82].

Fonksiyonel Model: İşlevsel temele dayanarak biyolojik model ve mühendislik problemi fonksiyonel bir model ile birleştirilir. Süreç dört aşamada tamamlanır: 1) Belirleme; referans biyolojik sistemin ana işlevini belirle, 2) Tanımlama; biyolojik modelin fonksiyonel model ve kategorisini tanımla, 3) Geliştirme; işlevsel biyolojik sistem modelini geliştir, 4) Doğrulama [83].

DANE (Design by Analogy to Nature Engine): Çeşitli biyolojik ve mühendislik sistemlerinin yapı / davranış / fonksiyon (SBF) modellerini içeren bir veri tabanıdır. Dört aşamada uygulanır: 1) Temsil etme; hedef tasarım probleminin SBF'ini temsil etme, 2) Arama; veri tabanında uygun biyolojik ya da mühendislik SBF arama ve alma, 3) Uyarılama; alınan SBF'i probleme uyarılama, 4) Oluşturma; yeni bilgiye dayalı çözüm üretme [84].

IDEA-INSPIRE: SAPPhIRE nedensellik modeli ile oluşturulan biyolojik ve mühendislik sistemlerin yer aldığı bir veri tabanıdır. Bu model, problemi alt parçalara bölerek ya da fiil/isim/sıfat olarak tanımlanan problemin yedi temel yapı (durum, eylem, parça, olgu, girdi, organ ve etki) çerçevesinde çözümüne dayanır [85].

NID (Doğadan esinlenen tasarım): TU Delft'te geliştirilen ve NID olarak kısaltılmış olan bu yaklaşım, Biomimicry ve Cradle to Cradle'a odaklı yaklaşımlara dayalı mevcut tasarımı daha geniş değerlendirir. 2012'den beri NID araştırma ekibi, birkaç projede birlikte çalışıp literatür taraması ve gerçek yaşam uygulamasını birleştiren tasarımcı ve tasarım eğitimcileri için bir el kitabı hazırlamışlardır [86]. Burada amaç tasarımcıların çevre dostu tasarım ilkeleri uygulamalarına yardımcı olmaktır [87].

3.5. Hibrit Yöntemler

Ürün tasarım sürecinde tasarım yöntemleri tek başına kullanılacağı gibi birlikte kullanılarak da süreç yönetilebilir. Belli bir amaca göre birleştirilen yöntemlere hibrit yöntemler denilmektedir. İnovasyon, farklı ve yaratıcı yeni fikirleri bir ürün, süreç ya da hizmete uygulamaktır. Pazarda daha iyi ürün performansı sağlamak için kullanılan temel faktördür. Şirketler, yenilik üretmek için insanlar, ürünler ve süreçler gibi farklı kaynakları kullanmalıdır. Ekipler aracılığıyla işbirliğine dayalı fikirler geliştirme inovasyon sürecini hızlandırır ve derecesini yükseltir. Ancak inovasyon aynı zamanda ürünlerin ömrünü kısaltır ve çabuk demode olmalarına neden olur [88-89]. Bu durumda şirketlerin yaratıcı ürün

tasarlama ve üretim sürelerini kısaltmaları gerekir. Sürecin karmaşıklığı disiplinler arası yöntemler ile kontrol altına alınabilir. Çeşitli uzmanlar da disiplinler arası çalışmanın karmaşık tasarım sorunlarını etkili ve kısa sürede çözebileceğine inanmaktadır. Bu amaçla yeni yaklaşımlara dayalı farklı yöntemler etkili olabilecektir [90]. Bu bağlamda anılan yöntemler hibrit yöntemler olarak adlandırılabilir. Sektör, çalışma alanı, problem ve ürün, süreç ya da hizmet tasarımına göre hibrit yaklaşımlar elde edilebilir. Tasarım ve inavasyon sürecini hızlandırdığı ve problemin çok yönlü ele alınmasını sağladığı için hibrit yöntemler tercih edilir. Bu tezde çeşitli yaklaşımlarından oluşan hibrit tasarım yöntemlerine ait literatür araştırması dördüncü bölümde verilmiştir.

3.6. Değerlendirme

Bu bölümde problem çözümünde sık kullanılan dört yöntem açıklanmıştır. Bu yöntemler literatür araştırmasına dayanarak; avantajları, dezavantajları ve işlem / kapsam başlıkları altında aşağıda kısaca değerlendirilmiştir (Çizelge 3.4)

Çizelge 3.4. Yöntemlerin değerlendirilmesi

	Avantajları	Dezavantajları	İşleyiş - Kapsam
QFD	Sistemik, Yaratıcı, Kapsamlı, Değerlendirme	Uygulaması zor, Yavaş	Müşterinin sesi, Kontrollü
TRIZ	Sistemik, Yaratıcı Uygulaması kolay, Hızlı		Patentler, Kontrollü
BID	Yaratıcı	Sistemik değil, Uygulaması zor, Yavaş	Doğa, Kontrolsüz
KT	Sistemik, Değerlendirme	Yaratıcı değil, Uygulaması zor	Fonksiyonlar, Kontrollü, İdeal çözüm

Değerlendirme çizelgesine göre yöntemler; iyi tasarım kriterlerini, kullanıcı odaklı, çevre dostu, kaliteli ve yenilikçi [9-10] olma durumunu aynı anda sağlamamaktadır. Ancak iyi bir tasarım için gerekli olan ve bu tasarım yaklaşımlarının ön plana çıkan; sistemik, yaratıcı, değerlendirme, müşterinin sesi, patentler, doğa, fonksiyonlar ve ideal çözüm gibi kriterleri yeni oluşturulacak tasarım işlem modelinin temelini oluşturacaktır.

4. HİBRİT YÖNTEMLER LİTERATÜR TARAMASI

Yeni tasarım yöntemi geliştirmeye, mevcut yaklaşımlar incelenerek başlanmıştır. Bu kapsamda; ‘tasarım yöntemi’, ‘hibrit yöntem’, ‘entegre yöntem’, ‘yeni yöntem yaklaşımı’, ‘kombine yöntem’, ‘sürdürülebilirlik’, gibi anahtar kelimelerin hem Türkçe hem İngilizce olarak ulusal ve uluslararası alanlarda kaynak taranması yapılmıştır. Bu süreçte pek çok sayıda kaynağa ulaşılsa da, ‘tarih’, ‘uygulama alanı’, ‘kabul edilebilirlik’ gibi bazı kriter esas alınmıştır. Daha sonra, bu bölümde incelenen kaynaklar; (1) Kullanılan yöntemler; kavramsal tasarım, QFD, TRIZ ve BID (Biyolojiden esinlenen tasarım), (2) Ürün tasarım süreci; planlama, konsept belirleme, sistem tasarımı, detay tasarımı, test etme/iyileştirme ve üretim ve (3) Eko-verimlilik; sürdürülebilirlik başlıkları altında bir karşılaştırmaya tabi tutulmuştur. Burada öne çıkan kriterler yeni yöntemin temelini oluşturmuştur.

4.1. Güncel Çalışmalar

Kamps vd. (2017), TRIZ, sistematik tasarım ve biyomimikriye dayalı yeni bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Burada; TRIZ ile belirlenen problem teknik probleme dönüştürülür, problem analizi sonrası bir veri tabanından uygun analogiler belirlenir ve bu analogiler ve prensiplerle bir morfolojik kart oluşturularak tasarım işlemi sistematik tasarım yaklaşımı ile tamamlanır [92].

Vandevennea vd. (2015), bu çalışmada bir biyolojiden esinlenen sistematik tasarım yaklaşımı (Systematic Biologically-Inspired Design -SBID) önermiştir. Bu yaklaşımın merkezinde TRIZ'den esinlenen kavramsal soyutlama yerini alan organizma unsurları vardır. Temelde sistem; özel bir problemi genel ürün unsurlarına dönüştürme, ürün unsurlarını genel organizma unsurları ile eşleştirerek özel bir biyolojik çözüm bulmayı içerir. Ürün ve organizma unsurları arasında otomatik ilişkilendirme algoritması geliştirilmiştir. Bu algoritma, verileri ön işleminden geçirme, organizma unsurlarını belirleme ve bu unsurlara ait teknik ve biyolojik benzerlikler kurularak ilişkilendirme ile oluşur. İlişkilendirme, teknik alandaki kavramları biyolojik alandaki kavramlara ve dolayısıyla patentleri biyolojik verilere ve ürünleri organizmalara bağlar. Bu yaklaşım; tasarım ile ilgili bazı organizmaları tanımlama, biyolojik belgelerin alaka düzeyine göre sıralama ve çapraz etki alan analogisi tanımını kolaylaştıracak metin içi açıklama yapmayı içerir. Örneğin bir probleme ait; tekrarlama, titreşim, renk algısı, aydınlatma gibi teknik kavramlardan renk algısı çözmede

kullanılacak ürün yönü olarak seçilmiştir. Programdaki otomatik ilişkilendirme ile ürün yönü renk algısı için organizma yönü önerileri sistemde renk, renklendirme, yansıma gibi sıralanır. En çok eşleşen yüksek puanlı çözümler ekranda metin içinde gösterilir. Tasarımcı mevcut veriler arasından en iyi çözümü tasarımına uygular [93].

Bucherta vd. (2014), ürün tasarım sürecini daha verimli ve sistematik hale getirecek bir program önermiştir. Bu amaçla bir kaynak taraması (50 yöntem içeren) yapılmış, kullanıcının kolay ve doğru yöntem seçimi için 7 temel nitelik ve kategori belirlemiştir (Çizelge 3.6). İncelenen yöntemler arasından, basitlik, yenilik, uygulanma ve tercih edilme gibi kriterler ile 20 yöntem kullanılmıştır.

Çizelge 4.1. Yöntem veri tabanına ait özellik ve kategoriler

Özellik	Kategori
Hitap alanı	Yeni ürün tasarımı, Ürün / süreç iyileştirme
Yaşam döngüsü aşamaları	Üretim, Dağıtım, Kullanım, İmha
Uygulama alanı	Görev tanımı, Kavramsal tasarım, Uygulama tasarımı, Detaylı tasarım, Üretim planlama
Sürdürülebilirlik boyutları	Ekonomik, Çevresel, Sosyal
İşlenen verilerin türü	Nitel, Nicel, Kısmen nicel
Yöntem kullanıcı	Ürün yöneticisi, Ürün tasarımcısı, Sürdürülebilirlik değerlendirme, Üretim planlayıcısı
Soyutlama katmanı	Ürün, Süreç, Gereksinim, Bileşen, Hizmet

Geliştirilen yöntemin işlem basamakları şu şekildedir. Yaklaşımın bir sisteme entegre edilmesi için önce ürün tasarım süreci şirket standartlarına göre özelleştirilmelidir. Sonra kullanıcı farklı tasarım yöntemlerine ait veri tabanından problem çözümü için gerekli olan çıktıları belirler ve uygun yöntemi seçer. Seçilen yöntem tasarım sürecinde program aracılığıyla ilgili yerlerde (problem tanımı, konsept tasarımı, şekillendirme tasarımı vb.) sürdürülebilir çözüm noktalarını belirtir. Daha sonra literatürde belirtilen yöntemin basamaklarını probleme uygulayarak çözüm oluşturur [94].

Shu vd. (2007), Biyomimetik ve işlevsel modele dayalı yeni bir yaklaşım önermiştir. Burada biyolojik olgu ve fonksiyon model tanımı yapılmış, olguları irdeleme ve mühendislik çözümüne aktarma şekli örneklerle açıklanmıştır. Bu yaklaşım, doğada mevcut çözümlerin fonksiyonel olgu şemalarını mühendislik probleminde kullanma ve fonksiyonel ilişkilerine ait çözümlerin bazı tasarım problemine uyarlamaya dayanır. Anılan yaklaşım şu 7 aşamadan oluşmaktadır: 1) Problem tanımı (eylem belirleme), 2) Biyolojik olgu belirleme (problem tanımı ile belirlenen eylemi doğada mevcut olgu ile eşleştirme), 3) Strateji (bu olguyu

kullanma şeklini belirleme), 4) Örnek olay (seçilen olguya ait önceki uygulamaları inceleme), 5) Biyolojik olgunun fonksiyonel modeli (fonksiyon ait girdi ve çıktıları belirleme), 6) Tasarım çözümünün işlevsel modeli (çözüm fonksiyonunun girdi ve çıktıları belirleme), 7) Fonksiyonel model analizinden çıkan ek çözümler/fikirler (fonksiyon modeli uygulamada gerekli ek özelliklerle çözüm aralığını genişletme). Bu yaklaşım ile biyolojik sistemlerin istenen işlevlere çözümler olarak gösterilmesi ve biyolojik ve mühendislik sistemleri arasındaki benzerlik ve farklılıkların keşfedilmesi amaçlanmıştır [95].

Tinsley vd. (2007), sürece bir tasarım ihtiyacı ve gerekli fonksiyonla başlamak yerine, doğal sistemlerle başlamayı ve buradan bir mühendislik çözümü çıkarmayı önermiştir. Doğada problemi mükemmel çözen biyolojik olaylar belirlenir, bilinen bir biyomimetik tasarım tanımlanır veya sentezlenir. Mevcut bir biyomimetik tasarım varsa doğal çözüm ve mühendislik problemi için kara kutu oluşturup işlevsel modeller geliştirilir. Bir mühendislik sistem sentezi gerektiğinde ise araştırma ekibi, işlevsel olarak benzer bir mühendislik sistemi tanımlamak ve yeni bir tasarım oluşturmak için doğal sistemin kara kutu ve fonksiyonel modelini analiz eder. Hem işlevsel hem de doğal sistemlerin fonksiyonel modelleri ile morfolojik matrisler geliştirilir ve iki sistem arasındaki analogi analiz edilir. Doğal bir sistem farklı açılardan modellendiği zaman farklı fonksiyonel model ve analogiler oluşur [96].

Carvalho vd. (1999), üç kurala göre TRIZ ve sistematik tasarım yaklaşımını birleştiren yeni bir yaklaşım önermiştir. Bu kurallar; sistematik tasarımı geniş kapsamlı esas almayı, konsept oluşturulurken önce mevcut çözümlere bakmayı, yoksa oluşan çelişkiler TRIZ yaklaşımı ile çözmeyi veya TRIZEE yaklaşımını doğrudan probleme uygulamayı içerir [97].

Azammi vd. (2018) geliştirdikleri Kombine TRIZeMorphological CharteANP yaklaşımı ile fikir üretme ve iyileştirme, tasarım yaklaşımı geliştirme ve konsept tasarımı seçim süreçleri elde etmeye çalışmışlardır. Kavramsal tasarıma ait morfolojik matriste değişken belirlemek için TRIZ çelişki matrisi ve 40 buluş prensibi kullanılmıştır. Oluşturulan seçeneklerden en iyi alternatifini bulmak için ANP (analitik ağ işlem tekniği) tercih edilmiştir [98].

Mayda ve Börklü (2014) çalışmasında TRIZ destekli bir kavramsal tasarım yaklaşımı önermiştir. Bu yaklaşımda, TRIZ kavramsal tasarım problemini tespit aşamasında problem çözmek (çelişki matrisi, 40 buluş prensibi ve 4 ayırma prensibi), çözüm arama aşamasında

alt fonksiyonlara çözüm seçeneği oluşturmak (40 buluş prensibi) ve seçilen çözümleri geliştirmek (madde- alan analizi, 76 standart çözüm) için kullanılmıştır [99].

Kamarudin vd. (2014), TRIZ ve sistematik kavramsal tasarım yaklaşımını birlikte kullanan ve dört kavramsal tasarıma basamağını güncelleyip TRIZ'le birleştiren yeni bir yaklaşım önermiştir. Bu basamaklar; problem belirleme (KT güvenlik kriterleri), fonksiyon şeması oluşturma (TRIZ fonksiyon analiz modeli), çalışma prensiplerini oluşturma (KT güvenlik kriterleri, kısıtlamalar) ve çözüm seçeneğini geliştirmeyi (kısıtlamalar) içerir [100].

Fiorineschi vd. (2018) sistematik kavramsal tasarımda kullanılan TRIZ'e farklı bir açıdan bakarak yeni bir yaklaşım önermiştir. Bu ise kavramsal tasarımda detaylı problem belirleme ve çözümleri analiz etme ve her aşamada uygun TRIZ parametresi ile eşleştirme içerir [101].

Tseng vd. (2017) bu çalışmada, TRIZ ve QFD'ye dayalı yeni bir yaklaşımı örnek bir çalışmada uygulamıştır. Bu yaklaşımı üç aşamadan oluşmaktadır: (1) Müşteri isteklerini içeren problem tanımları QFD ile yapılır. Problemler mühendislik terimlerine dönüştürülerek QFD matrisine yerleştirilir. Yapılan değer hesabı ile ön plana çıkan problemler belirlenir. (2) Belirlenen mühendislik terimleri TRIZ'deki 40 çözüm prensibi ile eşleştirilir ve problem çözülür. (3) İlk iki aşamada belirlenen müşteri ihtiyaçları ve çözüm prensipleri QFD matrisine yerleştirilip yeni bir değer hesabı yapılır. TRIZ parametre değerleri, 1 hafif, 5 orta ve 9 güçlü ilişki şeklinde olur. Burada 5'in üstünde puan alan parametreler çözümün temelini oluşturur. Böylece hem QFD yöntemi ile müşteri odaklı hem de TRIZ yaklaşımı ile teknik içerikli çözüm yapılır [102].

Yamashina vd. (2002) QFD ve TRIZ'e dayalı önerdiği yeni yaklaşım "ürün planlamadan kavramsal tasarıma" tüm işlemleri sistematik uygulayan yeni bir ürün geliştirme süreci önermiştir. Yenilikçi Ürün Geliştirme Süreci (IPDP) adlı bu yöntem; QFD ve hiyerarşik yapı analizi kullanarak üründe yenilik gerektiren mekanizmalar belirleme, TRIZ ile fonksiyonlar ve mekanizmalar arası ilişki belirleme bu mekanizma teknik sorunlarını çözmeyi kapsar [103].

Jones vd. (2000) önerdikleri yeni yaklaşımda, genel doğa çıktılarını kategorize eden eko pusula kriterleri ve TRIZ 40 çözüm prensibini ilişkilendirir. Eko pusula kriterleri; kütle yoğunluğu, insan ve çevre risklerini azaltma, enerji yoğunluğu, atık geri dönüşüm ve

değerlenme, kaynak koruma ve hizmet ve işlevi yaygınlaştırma. Sürdürülebilirlik için ön plana çıkan üç başlık; insan ve çevresel risk (hava, toprak ve suyu etkileyen tehlikeli maddeler), yeniden değerlendirme (eko-verimli geri dönüşümü olmayan atıklar) ve kaynakları koruma (kaynak azalma veya tükenmesi). Bu üç başlığın TRIZ prensiplerinden sadece ‘zararlı yan etkiler’ parametre kapsamlı olduğu belirtmiş ve buna göre de tasarım problem değerlendirmesi önerilmiştir [104].

Sheng vd. (2010) eko-verimli bir tasarım metodolojisi ve TRIZ arası ilişkiye dayalı yeni bir yaklaşım önermiştir. Burada tasarlanacak ürün parça ve ihtiyaçları eko-verimlilik unsurları ile eşleştirilir ve oluşan çelişkiler ise TRIZ prensipleri ile uygulanacak TRIZEE (TRIZ Eko-verimlilik) Tasarım Metodolojisi ile bütünleştirilir [105].

Kobayashi vd. (2017), yeni geliştirdikleri TRIZ yaklaşımına dayalı bu yaklaşımı sürdürülebilir hale getirmek için problem ve fonksiyon odaklı mühendis bakış açısını doğal bakış açısı ile geliştirmeyi önermiştir. BioTRIZ veri tabanı gereksinimlerini; probleme yönelik yaklaşım, işleve yönelik yaklaşım ve yaşam tarzına yönelik yaklaşım olmak üzere belirleyerek Linked Data modelini oluşturmuştur. Probleme yönelik yaklaşımda 40 buluş prensibi ile ilişki kurarak 1482 kombinasyon oluşturmuş ve TRIZ matrisine uyumlu 167 yaratıcı fonksiyon ile ilişkilendirilmiştir. İşlev odaklı yaklaşımda 167 fonksiyon/durum kombinasyonu belirlenmiş ve bunların 93’ü doğa yasası ile ilişkilendirilmiştir. Yaşam tarzına yönelik yaklaşımda, sürdürülebilir yaşam tarzını ontoloji mühendisliğine dayalı bir hareket çözme ağacıyla ifade ederek bu ağacının her düğümünü ‘standart kelime’ ile ilişkilendirmiştir. Buna göre bu yaklaşım, gelişen ya da kötüleşen özelliği belirlemek, işlev veya durum seçmek ve doğa temelli belirlenen standart kelimeyi seçmek üzere üç aşamadan oluşmaktadır. Her seçim farklı çözümler oluşturabilir ama sürdürülebilir bir yaşam için en etkili seçim dikkate alınmalıdır [106].

Cohen vd. (2014) tarafından önerilen yaklaşım Biyomimetik ve TRIZ bütünleşmesine dayanır. Problemi biyolojik, yapısal ve fonksiyonel verilerle eşleştirme sonrası fonksiyonel temsil ve biyolojik sistem soyutlama için TRIZ çelişki matrisi kullanılır. Daha sonra ise tüm biyolojik sistemi uygulayabilmek için de TRIZ madde-alan analizi ve sistem bütünlüğü yasası kullanılır [107].

Chen vd. (2017) biyomimetik kavramı ve TRIZ yaklaşımını birlikte kullanarak eko-inovatif olay tabanlı bir tasarım yöntemi önermiştir. Burada TRIZ 40 buluş prensibi ve düşük karbon stratejisi içeren biyo olaylar arasında ilişki kurulur ve sistem optimizasyonu sağlayacak anahtar kelimeler ile çözüm oluşturulur [108].

Feniser vd. (2017), KOBİ'lerde sürdürülebilirlik, yenilikçilik, risk yönetimi ve inovasyon kavramlarını kullanacak ve sonucu değerlendirecek sürdürülebilirlik ilkeleri (temiz üretim, kaynak kullanımı vb.) ile TRIZ (çelişkiler, ideallik) destekli bir işlem geliştirmiştir [109].

Bogatyrey'in (2012) önerdiği yaklaşım iki aşamadan oluşmaktadır. Bunlar: (1) Biyolojik olayları sınıflandırma; nesnelere/yapıları kopyalama, süreç (eylemler, işlev ve davranış), işlem sonucu ve değerlendirmeyi içerir. (2) TRIZ destekli algoritmayı uygulamadır ve burada ise; a) Problemi ortam, zaman ve boyut ölçeğinde tanımlama (TRIZ), b) Çözüm için parametre belirleme ve çelişki tanımlama, c) Biyolojik örneğe bakarak çelişkileri sınıflandırma, d) Program aracılığıyla biyolojik örneği tanımlayıp çelişkiler ve parametre arası ilişki kurma, e) Belirlenen değişkenlere göre morfolojik matris oluşturma ve f) Doğada olmayan ama mühendislik marifeti ile yapılabilen çözüme ait en iyi kombinasyonu belirleme (TRIZ) olur [110].

Chang vd. (2004), Eco-Design Tool'un tasarım mühendisleri tarafından en uygun teknik çözümü ve çevreye duyarlı çözümleri elde etme amaçlı yeni bir yazılım geliştirmiştir. Bu yazılım şu işlevi içerir: 1) Analitik hiyerarşi sürecini (AHP) ekolojik uygulama, 2) Ürünü değerlendirme, 3) Eko-yeterlilik unsurlu TRIZ mühendislik parametresi önerme, 4) İstatistike dayalı TRIZ yaratıcı ilke araştırması ve 5) TRIZ yaratıcı ilkesini yorumlama [111].

N.O. Bogatyrev (2014) TRIZ prensiplerini biyolojik olaylarla eşleştirerek eko-inovatif bir yaklaşım önermiştir. Bu yaklaşım dört aksiyoma dayanmaktadır: 1) Yararlı fonksiyonu artırma: Ekosisteme mümkün olduğunca faydalı fonksiyonlar ekleme, 2) Yorumlama: Ekosistemde gerekli mühendislik fonksiyonlarını biyolojik dile çevirme, 3) İdeal sonuç: Maksimum kar, en iyi birleşimi belirleme, 4) Çelişki: Biyolojik ve insani gereksinimler genelde çelişir, doğa öncelikli çözüm belirleme [112].

Chowdary vd. (2008), geri dönüştürülebilir ve çevre dostu malzemeli pille çalışan bir araba tasarımı geliştirmek için QFD ve Çevre için Tasarım (DfE) ilkelerini bütünleştiren bir yaklaşım önermiştir. Bu yaklaşım, yeni bir ürün tasarımının ilk evrelerinde, alternatif ürün üretmeden önce uygun ürün, malzeme ve pazar araştırması yapmayı amaçlar [113].

Vinodh vd. (2010) ürün geliştirme amaçlı SR'yi elde etmede Çevreye Duyarlı Kalite İşlev Yayılımını (ECQFD) sunmuştur. ECQFD'nin I ve II. aşamanın hem çevre hem de geleneksel ihtiyacını dikkate alır. III ve IV. aşamaları ise bileşenler için tasarım geliştirme olasılığı ve tasarım değişiklikleri iyileştirmeyi ve etkilerini ele alınır [114].

Caligiana vd. (2017) kalıp üretiminde kullanılacak QFD ve TRIZ destekli yeni bir ürün tasarım yaklaşımı önermiştir. Bu yaklaşım, QFD analizi ve TRIZ analizi olarak iki aşamadan oluşur (Şekil 1). QFD analizi; QFD ile tasarımı yapılacak nesne ihtiyaçlarını belirler. Bu ihtiyaçlar, altı soru analizi kullanılarak somut/teknik ihtiyaçlar belirlenir. Teknik ihtiyaç değerlendirme matrisi ile aralarında ilişki kurulmuş ve ön plana çıkan ihtiyaçlar ürün gereksinimleri ve kavramsal ürün mimarisi olarak QFD analiz çıktısını oluşturur. TRIZ analizi; QFD analizi çıktıları TRIZ girdilerini oluşturur. Bu girdiler üründen beklenen hedefleri içerir. Kısıtlayıcılar belirlenir ve bunlar arası olası her ilişkiden fonksiyon şeması hazırlanır. Bu ilişkiler, faydalı veya zararlı olarak belirlenir ve makul ilişki (optimize edilmiş yapı) TRIZ analiz çıktısı olarak belirlenir. Belirlenen makul ilişkiler, QFD & TRIZ yeni yaklaşım sonuçları olur [115].

Chang vd. (2003) ise; QFD, Ekolojik yaklaşım ve TRIZ'in birlikte kullanıldığı yeni bir tasarım yaklaşımı önermiştir. Bu yaklaşım QFD ile müşteri odaklı problemler belirleme, bu problemleri eko-verimli yaklaşım kriterlerine göre değerlendirme ve bu esnada oluşacak çelişkileri TRIZ çelişki matrisi ile çözmeyi kapsar [116].

4.2. Literatürün Değerlendirilmesi

Literatür incelemesi ile tasarım yaklaşımlarının eksikliğinden kaynaklı bazı hibrit çalışmalar yapıldığı görülmüştür ve bunlardan güncel yirmi beş çalışma seçilerek kendi içinde ve tezin bölüm 2 'Kavramlar' başlığı altında belirlenen kriterlere göre değerlendirilmiştir. Hibrit yöntemi oluşturan yöntemler, planlama, konsept geliştirme, sistem düzeyinde tasarım, detay tasarımı, ve sürdürülebilirlik değerlendirmeyi belirleyen kriterler olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Literatür karşılaştırma tablosu

Kaynak	Kullanılan Yöntem				Tasarım Süreci				Gelecek Beklenti
	Kavramsal tasarım (plan)	TRIZ (Yaratıcı)	QFD (Kullanıcı)	BID (Doğa)	Planlama	Konsept geliştirme	Sistem düzeyli tasarım	Detay tasarımı	Sürdürülebilirlik
Kamps vd. [92]		+		+	+	+		+	
Vandevennea vd. [93]	+	+		+	+	+	+	+	
Bucherta vd. [94]		+		+					+
Shu vd. [95]	+				+	+	+	+	+
Tinsley vd. [96]		+	+			+			
Carvalho vd. [97]		+	+		+	+			
Azammi vd. [98]	+			+	+	+	+	+	+
Mayda ve Börklü [99]	+	+				+			+
Kamarudin vd. [100]		+		+	+	+			
Fiorineschi vd. [101]	+			+	+	+	+	+	+
Tseng vd. [102]	+	+		+	+	+	+	+	+
Yamashina vd. [103]	+	+				+	+	+	+
Jones vd. [104]		+	+	+	+	+			+
Sheng vd. [105]		+	+	+	+	+			+
Kobayashi vd. [106]		+		+		+		+	+
Cohen vd. [107]		+		+		+			+
Chen vd. [108]		+		+		+			+
Feniser vd. [109]	+	+			+	+	+	+	
Bogatyrey [110]	+	+			+	+	+	+	
Chang vd. [111]	+	+			+	+	+	+	
N.O. Bogatyrev [112]	+	+			+	+	+	+	
Chowdary vd. [113]		+		+		+		+	+
Vinodh vd. [114]		+		+		+			+
Caligiana vd. [115]			+	+	+				+
Chang vd. [116]			+	+					+

Çizelge 4.2’de görüldüğü üzere; ürün tasarımını etkileyen bütün kriterleri bir arada sağlayan bir tasarım yaklaşımının olmaması, kullanıcıların iyi tasarım beklentileri ve tasarım sürecinin etkili yürütülmesi gibi eksiklikler yeni bir tasarım yaklaşımının gerekli kılmıştır. Çizelgeye göre hibrit yaklaşımları oluşturan tasarım yaklaşımlarından: Kavramsal tasarım; süreç planlayıcı, QFD; müşteri ve kullanıcı beklentisi, TRIZ; yaratıcılık ve biyolojiden esinlenen tasarım; doğa ile ilişkilendirilerek yeni oluşturulacak yaklaşımda olması beklenen temel kriterler belirlenmiştir.

Bu değerlendirme çizelgesinin sonuçlarına göre, iyi bir tasarım sürecini yönlendirebilecek, kullanıcı isteklerini ön plana çıkararak, doğa - çevre - kullanıcı arasındaki uyumu dikkate alan ve yaratıcı çözümler geliştirmesi beklenen yeni bir yaklaşım geliştirmek amaçlanmıştır. Bir sonraki bölümde, kullanıcı odaklı ve doğadan esinlenen yeni tasarım yaklaşımı geliştirme süreci ve bu kapsamda yürütülen çalışmalar hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

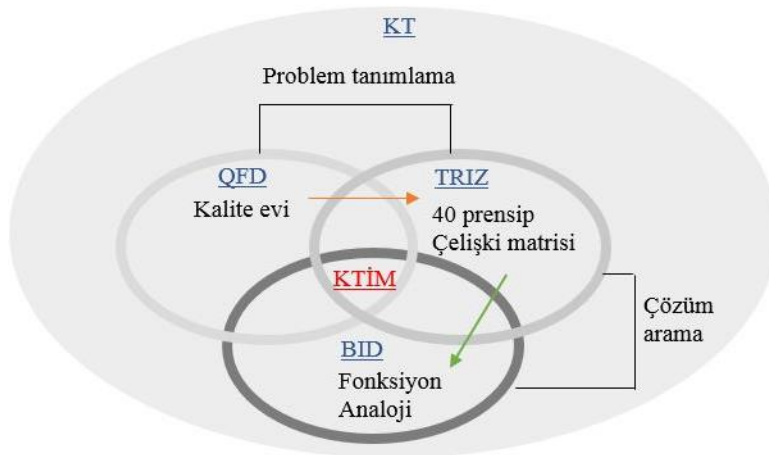


5. GELİŞTİRİLEN YENİ TASARIM İŞLEM MODELİ

Bu tezin genel amacı QFD, TRIZ, Kavramsal Tasarım (KT) ve Biyolojiden Esinlenen Tasarım (BID) yaklaşımları ile sürdürülebilir bir tasarım işlem modeli oluşturmaktır. Bu bölüme kadar; QFD, TRIZ, KT, BID ve bu yaklaşımlar ile önerilen hibrit yöntemlerin literatür çalışmaları incelenmiş, eksik ve üstün yanları belirlenmiştir. Böylece de yeni bir tasarım yöntemi geliştirme ve tasarım problemlerini çözmede kullanılması amaçlanmıştır.

Araştırma sonucunda; kullanıcı ve doğanın göz ardı edilmesi, sistematik bir yapı eksikliği ile tasarım sürecinin uzaması, probleme tek açıdan çözüm geliştirilmesi, yaratıcı çözüm oluşturulmaması belirlenen bazı problemlerdir.

Bu problemleri aşmak için önerilen bir tasarım işlem modeli Şekil 5.1’de görülmektedir. Burada kısa sürede özgün ve inovatif tasarım çözümler amaçlanmaktadır. Müşteri, patentler ve biyoloji / doğa arası ortak yön ve farklılıklar, belirtilen amaç için yaratıcı ve sistematik yeni bir yol çizebilir. QFD, TRIZ, KT ve BID yaklaşımları için ortak kavramlar; fonksiyon, akış ve ilişkileri içerir. Yani, her adım doğrudan birinciye bağlıysa bir sistem tamamlanır ve önemli bir çözüm akış alışverişi ile ilgili ilişkilerin fonksiyonu yerine getirilmesi ile sağlanır.



Şekil 5.1. Yeni tasarım işlem modelinin genel yapısı

Şekil 5.1’de görüldüğü üzere KT bu modelin genel çerçevesini içerir. QFD’ye ait kalite evi çelişkileri belirleme ve TRIZ’e ait 40 prensip ve çelişki matrisi ise çözümede kullanılır. QFD’nin çıktıları TRIZ’in girdilerini oluşturur. TRIZ prensipleri ve BID’in fonksiyon

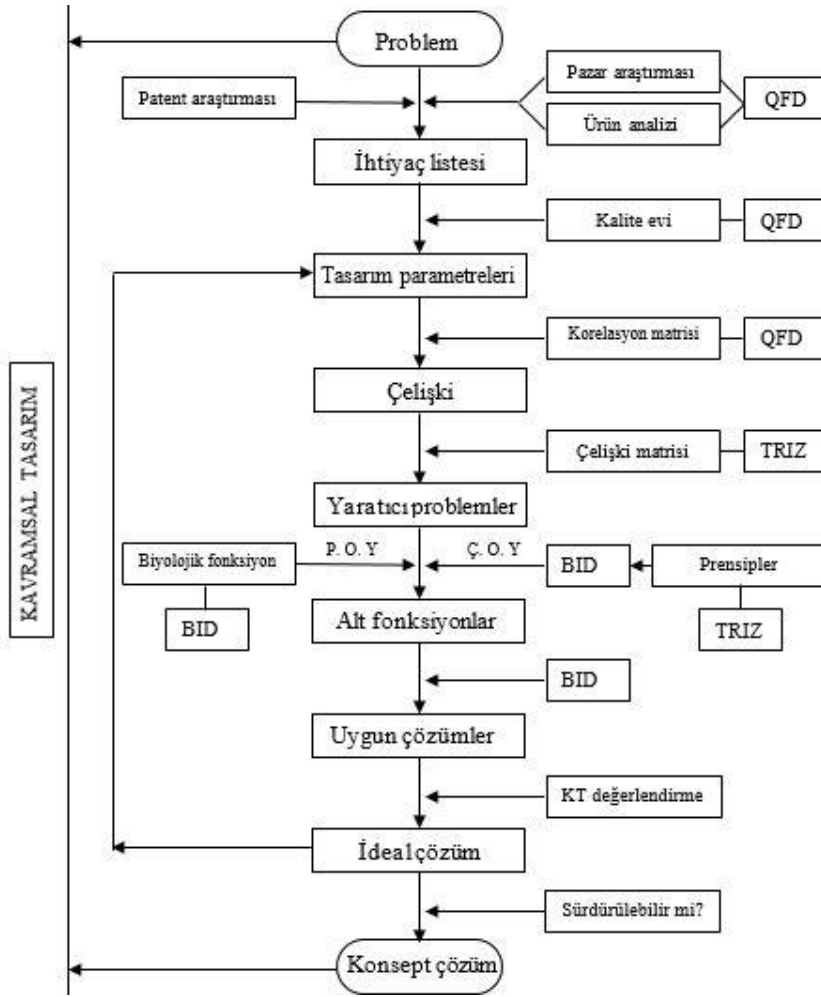
analoji çıktıları yaratıcı çözüm aramak için kullanılır ve aynı zamanda TRIZ'in çıktıları BID'in girdilerini oluşturur.

Geliştirilen disiplinler arası bu model, tasarım sürecini dört aşamada iyileştirmeyi hedeflemiştir:

- 1) Müşteri merkezli kalite yayılımı (QFD)
- 2) Yaratıcı problemler oluşturma (TRIZ)
- 3) Doğal akışa uygun yaratıcı çözümler geliştirme (BID)
- 4) Sistemik adımlarla problemden konsept çözüme ulaşma (KT).

5.1. Geliştirilen Yeni Tasarım İşlem Modeli

Bu yeni tasarım işlem modelinde, farklı tasarım yöntemleri belirli bir sırada uygulanır ve bir problemin nihai konsept çözümü elde edilir. Şekil 5.2'de de yer aldığı gibi yeni işlem modeli sekiz basamak içerir. Önce probleme ait QFD ile bir ihtiyaç listesi hazırlanır ve sonra bunlar tasarım parametrelerine çevrilir. Parametreler arasındaki çelişkiler tespit edilerek TRIZ ile yaratıcı problemler belirlenir. Bir sonraki aşamada, problemler BID ve TRIZ ile detaylı alt fonksiyonlara ayrılarak daha fazla çözüm seçeneği oluşturulur. Uygun çözümler KT ile değerlendirilerek ideal çözümler belirlenir. Son bir değerlendirme ile konsept çözüme karar verilir.



Şekil 5.2. Yeni tasarım işlem modelinin akış şeması

5.1.1. İhtiyaç listesi oluşturma

Yeni bir ürün tasarımı ürüne ait özellik ve sınırları tanımlayan bir ihtiyaç listesi ile başlar. Bu tezde önerilen yaklaşımda ihtiyaçlar; *patent* incelemeleri ve *QFD*'nin temelini oluşturan *müşterinin sesi*, *pazar ve ürün analizi* başlıkları altında detaylı bir araştırma sonucunda belirlenir. Müşteri istekleri ürünün kullanıcı odaklı olmasını sağlarken, patent ve pazar analizi probleme farklı ve inovatif bakış açıları kazandırır. Bu liste ne kadar açık, anlaşılır ve güncel hazırlanırsa yeni tasarlanan ürün o kadar başarılı bir ürün olur.

5.1.2. İhtiyaçların tasarım parametrelerine dönüştürülmesi

QFD ile belirlenen istekler tasarım parametrelerine dönüştürülür. Tasarım parametreleri, ihtiyaçların ölçülebilir kriterlerle ifade edilmiş halidir. Müşteri isteklerinden uzaklaşmadan

daha fazla parametre ile eşleştirme yapılır. *Kalite evine* yerleştirilen parametreler ile öncelikler belirlenir ve sürecin bir sonraki aşamasında kullanımı sağlanır. Böylece hem ayrıntılı çözümler elde edilir hem de diğer QFD süreçlerine zemin oluşturarak kalitede iyileşme sağlanabilir.

5.1.3. Tasarım parametreleri arasında çelişki belirleme

Belirlenen her parametresi çözümlenerek nihai tasarıma ulaşılır. Ancak birbirini etkileyen parametreler, çözüm aşaması öncesi belirlenirse tasarımın asıl kaynağı olan problemler çözüm için kullanılabilir. Böylece daha az zamanda çözüme ulaşılır. Bu aşamada, tasarım parametreleri arasındaki çelişkilerin *kalite evi* ile belirlenmesi önerilmiştir. Bu işlem aynı zamanda kalite yayılımının devamı niteliğindedir. Çelişkiler, kalite evinin *korelasyon matrisindeki* ilişkiler ile tanımlanır. Birbirini tersine tetikleyen parametreler arasında çelişki oluşturulur. Bu çelişkiler temel problemi belirleyerek yaratıcı çözümü destekler.

5.1.4. Çelişkiler yardımıyla yaratıcı problemleri belirleme

Çelişki çözümünde *TRIZ* araçlarından *çelişki matrisi* kullanılmıştır. Korelasyon matrisinde oluşturulan çelişkiler *TRIZ* yaklaşımının girdilerini oluşturur. Bu işlem şu üç aşamada yapılır; çelişkiler mühendislik parametreleri ile eşleştirilerek çelişki matrisine yerleştirilir, iyileşmesi istenen parametreler ve bu arada kötüleşenler çelişki matrisinde belirlenir ve matrisde kesişen bölgedeki ilgili *40 buluş prensibi* tespit edilir. Daha önce patentler sayesinde belirlenen bu prensipler, yaratıcı ve çok sayıda problem elde edilmesini sağlar.

5.1.5. Alt fonksiyonları belirleme

Bu tasarım işlem modeli çözüm bulmada doğadan esinlendiği ve bunu da diğer bazı yöntemlerle birleştirdiği için oldukça önemlidir. Dördüncü bölümde yer alan literatür araştırması, tasarım işleminde doğadan farklı şekillerde faydalanılabileceğini göstermiştir. Burada ise önce alt fonksiyonlar belirlemede *biyomimikri taksonomisi* kullanılarak işleme dahil edilmiştir. Benyus ve şirketi tarafından önerilen taksonomi biyolojik verilerin fonksiyonlara göre tasnifi ile oluşturulmuştur. Bu aşamada mühendislik fonksiyonları taksonomide belirtilen *biyolojik fonksiyonlarla* ilişkilendirilerek çözüm elde edilmesi amaçlanmıştır.

Alt fonksiyonları belirlemek için önce açık ve kesin problem tanımı gerekir. Bir önceki aşamada belirlenen yaratıcı problemlerin kısa ve öz fonksiyon tanımları yapılır. Bu fonksiyonlar taksonomideki biyolojik fonksiyonlarla eşleştirilir. Eşleştirme şu şekilde yapılmalıdır; 1. Seviye (Grup): Doğadaki genel işlevleri gruplandırır (8 grup; değiştirmek), 2. Seviye (Alt grup): İşlevi nasıl yaptığına göre gruplandırır (30 alt grup; adapte etmek) ve 3. Seviye (İşlev): Özelleştirilmiş fonksiyonlar (162; şekil / malzeme adapte etmek). Bu üç aşama sonucu biyolojik fonksiyonlara bağlı alt fonksiyonlar oluşur. Fonksiyonu detaylandırmak ve daha fazla alt fonksiyon oluşturmak için üç yaklaşım önerilmiştir; 1) İşlevi doğrudan tanımlayan eylemi belirleme, 2) Yardımcı eylemleri belirleme ve 3) Zıt eylem kullanma. Bu işlemlerin basit bir örnek problem üzerinde uygulandığı Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Biyolojik fonksiyon eşleştirme örneği

<i>Problem</i>	Bir fabrikadaki hava kirliliğini kontrol altına almak.		
<i>Fonksiyon tanımı</i>	Zehirli gaz salınımını azaltmak		
<i>Biyolojik eşleştirme</i>	<i>Grup</i>	<i>Alt grup</i>	<i>Fonksiyon</i>
	Kaynakları kazan, depola, dağıt	Kaynakları hapsed, filtrele	Gazları filtrele
<i>Geliştirme</i>	<i>İlk anlam</i>	<i>Yan anlamlar</i>	<i>Zıt anlam</i>
	Azalt	Seyrelt	Muhafaza et

Problem tanımı iyi yapılarak net fonksiyon tanımlanır. Daha sonra, fonksiyonlar taksonomi yardımı ile genelden özele üç seviyede belirlenen anahtar biyolojik fonksiyon ile eşleştirilir ve alt fonksiyonlar oluşturulur. Çok yönlü bir alt fonksiyon listesi oluşturmak için fonksiyon; ilk anlamı, yan ve çağrıştırmalı anlamları ve zıt anlamı ile birlikte düşünülmelidir. Bu aşama sonucu yaratıcı problemlere biyomimikri taksonomisi ile alt fonksiyonlar oluşturulur.

5.1.6. Alt fonksiyonlara uygun çözümler geliştirme

Biyomimikri taksonomisi ile biyolojik olay fonksiyonlarını sınıflandırmak için Ask Nature veri tabanında bulunan stratejiler kullanılmıştır. Ask Nature’da bir organizma veya canlı sistemin karşılaştığı işlevsel zorluklar strateji olarak tanımlanır ve bu stratejiler fonksiyonlar ile çözülür. Oldukça geniş olan bu veri tabanı, ortak fonksiyonlar üzerinden yaklaşık 1700 strateji (çözüm) içerir. Bir önceki aşamada doğa ve yaratıcı patent çözümleri ile oluşturulan alt fonksiyonlara çözüm bulmak için Ask Nature veri tabanındaki bu stratejiler kullanılır. Bu

amaçla şu iki yol izlenebilir: (1) Biyolojik fonksiyonlarla eşleştirilerek oluşturulan alt fonksiyonların Ask Nature web sitesindeki bu fonksiyona dayalı çözümler ile oluşturulur. Fonksiyon yeterince iyi tanımlandı ise biyolojik çözüm fonksiyon çözümü ile de eşleşecektir. Böylece özel çözümler ile problem çözümü için birden fazla seçenek oluşturulur. (2) Ama fonksiyon tanımı yeterli değilse ya da doğru bir eşleştirme yapılamadıysa veri tabanının arama kısmına 'ilgili fonksiyonu doğa nasıl çözer' yazarak arama yapılırsa yine birden fazla çözüm seçeneği oluşturulabilir.

5.1.7. İdeal çözümü seçme

Bir önceki aşamada fonksiyonu karşılayan birden fazla çözüm seçeneği oluşturulmuştur. Bu seçenekler arasında ideal tasarımı belirlemek için *kavramsal tasarım değerlendirme araçları* kullanılmıştır. Amaçlar ağacı, değerlendirme çizelgesi ve değer profil diyagramı sırayla çözümlere uygulanarak belirlenen çözüm o fonksiyonun yaratıcı ideal çözümü olarak seçilir.

5.1.8. Konsept çözüme karar verme

Süreç sonunda seçilen çözümün gelecek beklentiyi de karşılaması gerekmektedir. Bu yüzden çözüm '*sürdürülebilir mi*' diye tekrar değerlendirilmelidir. Sürdürülebilirlik yaklaşımı erken aşamalarda uygulandığında süreç daha iyi sonuçlandırılır. Bu tasarım modelinde, problem belirleme aşaması doğadan esinlenen bir süreçle başladığı için çözümler de sürdürülebilir olmalıdır. Ancak son aşamada çözüm 'çevre, ekonomi ve sosyal' olarak bulunduğu duruma göre tekrar değerlendirilir. Bu aşamanın sonunda konsept çözüme karar verilir.

5.2. Sonuç

Önerilen yeni tasarım işlem modelinin süreç basamakları ve getirdiği yenilik ve katma değer kısaca şu şekildedir:

İhtiyaç listesi oluşturma aşamasında, QFD'nin müşteri sesi, pazar ve ürün analizi ve patentler kullanılır. Böylece kullanıcı odaklı bir tasarım süreci takip edilir.

İhtiyaçların tasarım parametrelerine dönüştürülmesi aşamasında, QFD'nin kalite evi kullanılır. Bu sayede hem süreçler arasındaki ilişki hem de genel kalitenin iyileştirilmesi sağlanır.

Tasarım parametreleri arasında çelişkiler belirleme aşamasında, kalite evinin korelasyon matrisi kullanılır. Böylece yaratıcı fonksiyonel çözümlerin temeli oluşturulur ve deneme yanılmaya fırsat vermeden tasarım süreci kısaltılır.

Çelişkiler yardımıyla yaratıcı problemleri belirleme aşamasında, TRIZ'in çelişki matrisi kullanılır. Bu sayede daha fazla sayıda yaratıcı çözüm oluşturulur.

Alt fonksiyonları belirleme aşamasında, biyomimikri taksonomisi kullanılır. Böylece çözümün; doğa ile uyumlu, çevre ile ilişkili yaşayan bir çözüm olması sağlanır.

Alt fonksiyonlara uygun çözümler geliştirme aşamasında, Ask Nature veri tabanı kullanılır ve böylece problemlerin doğada gelişen ve doğruluğu kanıtlanan stratejiler ile çözülmesi sağlanır.

İdeal çözümü seçme aşamasında, kavramsal tasarımın değerlendirme araçları kullanılır. Bu sayede sistematik olarak çözüm seçeneği belirlenir.

Konsept çözüme karar verme aşamasında, son olarak çözüm 'sürdürülebilir mi' sorusu ile tekrar değerlendirilir ve böylece çevre, ekonomi ve sosyal olarak iyileştirilmiş sürdürülebilir bir çözüm seçilir.

Geliştirilen bu kullanıcı odaklı ve doğadan esinlenen yeni tasarım işlem modeli ile bir ürünün tasarım sürecinde kullanıcı ve doğa ile uyumlu yaratıcı çözümlerin oluşturulması hedeflenmiştir. Kullanıcı odaklı olması üretici firmaların pazardaki üstünlüğünü artırırken, doğadan esinlenerek üretilen çözümler sayesinde çevre ile ilişkisi yüksek, doğaya uygun ve sürdürülebilir ürünler oluşturulması amaçlanmıştır.

Bölüm altıda, yeni geliştirilen tasarım işlem modeli uygulamalı olarak konsept bir drone tasarımı sürecinde kullanılmıştır. Böylelikle kullanıcı odaklı ve doğadan esinlenen yaratıcı çözümün üretilmesi ve uygulanabilirliği gösterilmiştir.



6. UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Tez içerisinde incelenen yaklaşımlar, örnek olaylar üzerinde uygulanarak tasarım sürecinin nasıl şekillendiği deneyimlenmiştir. İlk örnekte; bir bebek izleme cihazının tasarımı ve ürün geliştirmesi kavramsal tasarım yaklaşımı ile yapılmıştır. İkinci örnek; yeni bir tırnak makası TRIZ ve kavramsal tasarım yaklaşımları ile tasarlanmıştır. Üçüncü örnekte kavramsal tasarım ve biyolojiden esinlenen tasarım kullanılarak inovatif bir bisiklet kaskı tasarlanmıştır. Dördüncü örnek QFD, TRIZ, BID ve kavramsal tasarım yaklaşımı ile tasarlanan bir motosiklet dizliğidir. Beşinci ve son örnek yeni oluşturulan tasarım işlem modeli ile tasarlanmış bir dronedur. Aşağıda bu örneklerin detaylı hazırlanmış tasarım süreçleri verilmiştir.

6.1. Bebek İzleme Cihazı Tasarımı

Bebek bakımı özen, dikkat ve zaman gerektiren zor bir süreçtir. Özellikle çalışan ebeveynlerde bu süreç daha da zordur. Bebeğin bakımı için üçüncü kişilerden destek alınması ve bu kişilere duyulan güvensizlik, yorgunluk ve iş yoğunluğu nedeniyle bebeğe gerekli vakti ayıramama ya da bebek gelişimini uzaktan da olsa gözleme isteği ve sık karşılaşılan Ani Bebek Ölümü Sendromu gibi vakalar görüntülü cihaz kullanımını ihtiyaç haline getirmiştir [117]. Aileler bu ihtiyacı karşılamak için öncelikli olarak bebek izleme cihazı kullanmayı tercih etmektedir [118, 119]. Bebek izleme cihazları, ebeveynlerin günlük hayatlarını kolaylaştırıp evin içi veya dışında başka işler yapmalarına olanak sağlamaktadır. Bebeğe yakın bir yere konumlandırılan bu cihaz, bebeğe ait görüntüyü ebeveyne aktarır zaman ve mekan sınırlaması olmadan bebeğin takip edilmesini, bebeklerin uzaktan izlenmesini, ayrıca sesli ve/veya görüntülü müdahale edilmesini sağlar [120]. Pazarda halen birçok ticari bebek izleme cihazı olmasına rağmen bu ürünlerde hem fonksiyonellik hem de estetik açıdan bazı eksiklikler mevcuttur. Bu bölümde anılan eksikleri giderecek yeni bir bebek izleme cihazı tasarımı ele alınacaktır. Tasarım sürecinde, yöntemler kısmında bahsedilen Pahl ve Beitz'in Sistemik Tasarım yaklaşımına ait kavramsal tasarım kullanılacaktır.

6.1.1. Yöntemin uygulanması



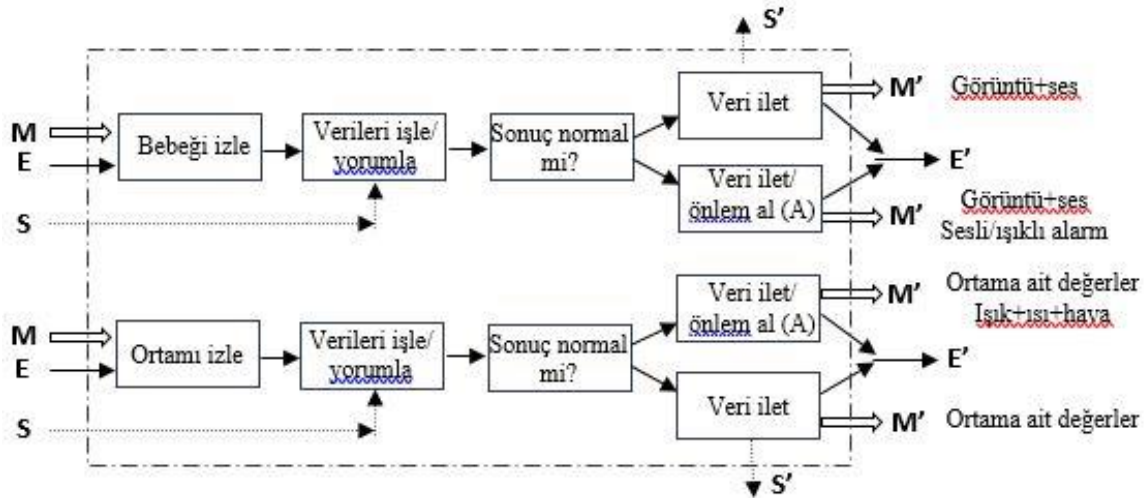
Şekil 6.1. Tasarım süreci

Şekil 6.1'e göre tasarım işlemi sekiz aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama, tasarlanacak ürünün özelliklerini ve karşılaması gereken gereksinimleri içeren tasarım şartnamesini (ihtiyaç listesi) oluşturmaktır. Bebek izleme cihazı kavramsal tasarımı için hazırlanmış bir ihtiyaç listesi Çizelge 6.1'de görülmektedir. Bu listede tasarlanacak cihaza ait; geometrik boyutlar, malzemenin bebek sağlığına uygun olması, basit bir ara yüz gibi gereksinimler belirtilmiştir. Ayrıca, tasarlanacak cihazda; ebeveyn/bebek emniyeti, uzaktan iletişimde ses netliği, görüntü kalitesi ve bağlantı/enerji sürekliliği vb. özellikler istenmektedir. Kapsama alanı geniş ve her mekan ve koşulda kullanılabilir bir cihaz olmalıdır. Bunun yanı sıra kurulumu, kullanımı ve bakımı herkes tarafından kolaylıkla yapılabilmelidir.

Çizelge 6.1. Bebek izleme cihazı tasarımına ait ihtiyaç listesi










İHTİYAÇ LİSTESİ	
Sıra	İhtiyaçlar (İstek /Arzu)
1	Fonksiyonları yerine getirebilecek minimum geometri.
2	Bebek sağlığına uygun malzeme seçilmeli.
3	Ebeveyn için kolay ara yüz olmalı.
4	Kaliteli görüntü sağlamalı.
5	Hareket ve sesi iyi algılayabilen sensör seçilmeli.
6	Enerji sürekliliği olmalı.
7	(A) Kişisel renk, desen, doku seçimi sunmalı.
8	Sıcaklık, ışık ve nem ayarı gibi fonksiyonlar karşılayabilmeli.
9	Ev içi kapalı alanlarda kullanılmalı.
10	Kapsama alanı ≤ 30 m olmalı.
11	Bebek sağlığı açısından zararlı sinyal etkisi olmamalı.
12	Kolay kurulum ve kullanım olmalı.
13	Bebek ve kullanıcı için güvenli olmalı.

Bir sonraki adımda ihtiyaç listesindeki istekleri karşılayacak bir fonksiyon şeması oluşturulmuştur. Fonksiyon şeması, bir sistemin görevini yapabilmesi için gerekli alt sistemler ile birlikte girdi ve çıktıları içerir. Genel yapıyı tüm fonksiyon, ayrıntılıları ise alt fonksiyonlar gösterir. İhtiyaç listesine uygun tasarımı yapılacak bebek izleme cihazının fonksiyon şeması Şekil 6.2’de verilmiştir. İlk olarak, cihaz belirli bir yere sabitlenmeli ve sürekli enerji ile beslenmelidir. Bebeğe ait hareket ve ses, sensörler aracılığı ile algılanır. Ortam seslerinden arındırılan bebek sesi mikrofona yardımıyla ebeveyne iletilir. Ebeveyn, sisteme ait mobil uygulama ile bebekten gelen veriyi takip eder. Ses ile müdahale halinde ebeveyn konuşması (seslenmesi) hoparlör ile bebeğe iletilir. Veriler hafıza kartında depolanabilir. Cihaz ortamı takip ederek verileri işler. Ebeveyn, oda sıcaklığı, nem oranı, ışık ayarı gibi fonksiyonları mobil uygulama aracılığı veya manuel olarak kontrol edebilir. Yani bu işlem; bebekten gelen hareket ve sesin (sensörler ile) algılanarak mobil uygulamaya iletilmesi, duruma göre ebeveyn müdahalesi ve bunun mobil uygulama ile cihaza ve oradan da bebeğe aktarılmasını içerir.



Şekil 6.2. Bebek izleme cihazının fonksiyon şeması

Tüm fonksiyon tasarlanan sistemin genel amacını ifade ederken, alt fonksiyonlar sistemin bileşenlerini (alt parçaları) ve aralarındaki ilişkileri gösterir (Şekil 2). Yani fonksiyon şeması, kavramsal tasarımı yapılan cihazı işlevsel küçük ve bağımsız alt parçalara böler. Bu şemadaki önemli/ana alt fonksiyonlar Şekil 6.3’deki morfolojik kartın (/ matrisin) ilk sütununda ve bunları karşılayacak farklı (alt/küçük) çözümler ise bunların hizasında yer almaktadır.

Cözüm ilkeleri	1	2	3	4
Alt fonksiyonlar				
Enerji				
Montaj elemanları	 Duvara monte	 Beşiğe monte	 Tavana monte	 Sabit
Sıcaklık, ışık, nem Ayar yöntemi	 Manuel	 Uygulama ile	 Birlikte	
Malzeme	Ahşap	PP malzeme		
Kamera	Gece görüşü	Geniş Açı Lens	Zoom	Hepsi
Sinyal	Işık	Ses	Titreşim	Hepsi
Mikrofon ve Hoparlör	Düşük Hassasiyet	Yüksek Hassasiyet		
Ses	Tek yönlü	Çift yönlü		

Şekil 6.3. Bebek izleme cihaz tasarımına ait morfolojik kart

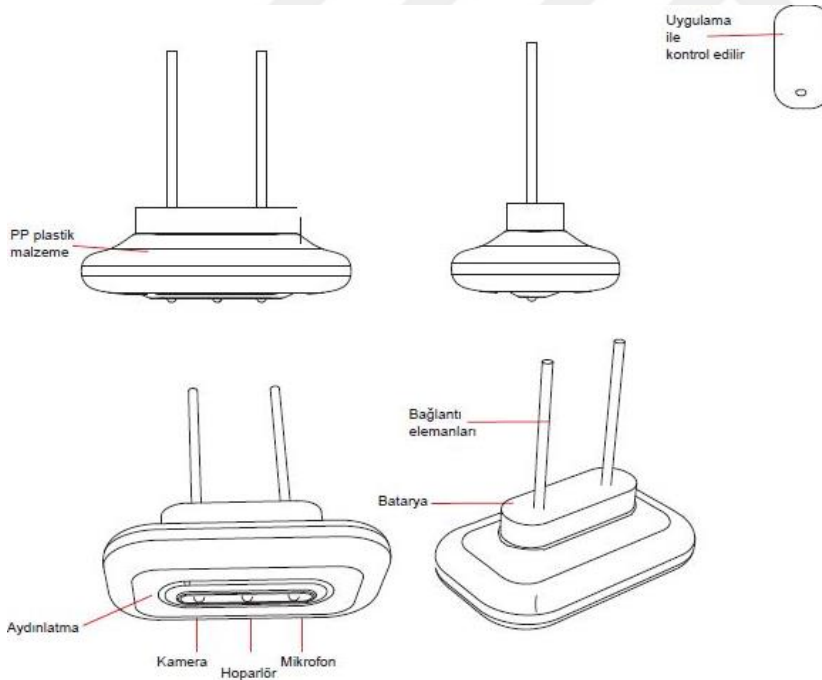
Enerji; ürünün çalışması için gereklidir. Şebekeden veya normal/doldurulabilir bir batarya/pilden sağlanabilir. Diğer önemli alt fonksiyon ise ürünü konumlamadır. Yani ürün; duvar, yatak, tavan veya bir başka yere monte edilebilir. Olası en geniş açıda (kapsamlı) bebeği, çevresini ve ortamı izlemek / gözlemek gerekir. Bebek sağlığı çok önemli olduğu için zarar ve tehlike oluşturabilecek herhangi bir malzeme kullanmadan kaçınılmalıdır. Sistem gövdesi ahşap veya PP malzemeden yapılabilir. Kullanılacak kamera, mikrofon, hoparlör gibi alt/yardımcı sistemler hassas ve kaliteli olmalıdır. Morfolojik kartta yer alan alt çözümler uyumlu ve anlamlı bir şekilde birleştirilmek sureti ile çeşitli tasarım seçenekleri (varyantlar) elde edilebilir. Bu tebliğin konusu olan bebek izleme cihazı kavramsal tasarımına ait burada altı farklı tasarım seçeneği belirlenmiştir. Bunlar: (V1): 1-3, 2-2, 3-1, 4-2, 5-3, 6-1, 7-2, 8-1, (V2): 1-1, 2-3, 3-3, 4-1, 5-4, 6-4, 7-2, 8-2, (V3): 1-2, 2-1, 3-1, 4-3, 5-2, 6-1, 7-1, 8-2, (V4): 1-3, 2-2, 3-3, 4-3, 5-1, 6-3, 7-1, 8-2, (V5): 1-2, 2-3, 3-2, 4-2, 5-2, 6-2, 7-2, 8-2 ve (V6): 1-1, 2-4, 3-2, 4-1, 5-4, 6-1, 7-2, 8-2 şeklinde elde edilmiştir. Teorik olarak bu seçeneklerin sayısı çok fazla olabilir ama burada sadece uygulanabilir olanlar seçilmiştir.

Daha sonra yukarıda bulunan kavramsal tasarım seçeneklerinin sayısını azaltmak için bir ön değerlendirme işlemi yapılmıştır. Bu amaçla Şekil 3'deki seçim kartı kullanılmıştır. Bu aşamada; uyum güvencesi, ihtiyaç listesini karşılama, ilke olarak gerçekleştirilebilir, makul maliyette, doğrudan emniyet önlemleri sağlar, tasarımcı şirketince tercih edilir ve yeterli bilgi ölçütleri sırayla her tasarım seçeneğine uygulanır (+, -, ? , ! gibi) ve son satırda ise bir karar verilir. Bu işlem sonucu, Şekil 6.4'de + işareti ile gösterilen V2, V5 ve V6 uygun tasarım seçenekleri olarak seçilmiştir. Bu ön değerlendirme, tasarım seçenek sayısını azaltmayı sağlar ve arkasından kavramsal tasarım işlemine devam edilir.

Sv	A	B	C	D	E	F	Notlar	Karar
Şeçim ölçütleri								
(+ Evet (-) Hayır (?) Eksik bilgi (!) İhtiyaç listesini kontrol et								
KARAR								
(+ Çözümü sürdür (-) Çözümü iptal et (?) Bilgi topla (çözümü tekrar değerlendir) (!) Değişiklikler için ihtiyaç listesini kontrol et								
İşlev uyumu								
İhtiyaç listesini karşılama								
İlke olarak gerçekleştirilebilir								
Müşade edilebilir maliyetler içerisinde								
Emniyet								
Tasarımcının tercihi								
Cihazın konumu uygun değil								
Malzeme uygun değil								
Enerji yeterli değil								

Şekil 6.4. Bebek izleme cihazının kavramsal tasarım ön değerlendirmesi (şeçim kartı)

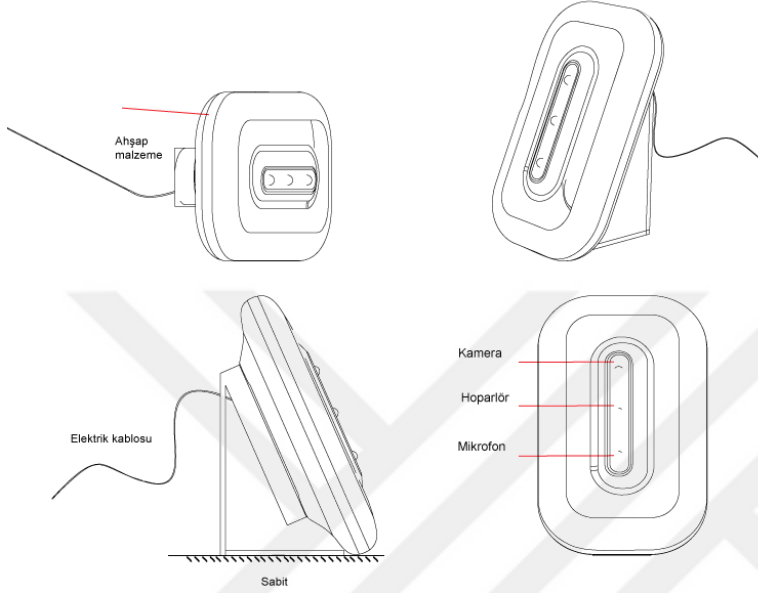
Şekil 4'deki ön değerlendirme işleminin sonucu ilk belirlenen 6 kavram şeçeneği 3'e düşürülmüştür. Nispeten daha iyi ve gelecek vadede bu 3 kavram şeçeneğinin kaba gösterimleri Şekiller 6.5-7'de görölmektedir.



Şekil 6.5. Kavramsal tasarım önerisi 1 (Seçenek 5)

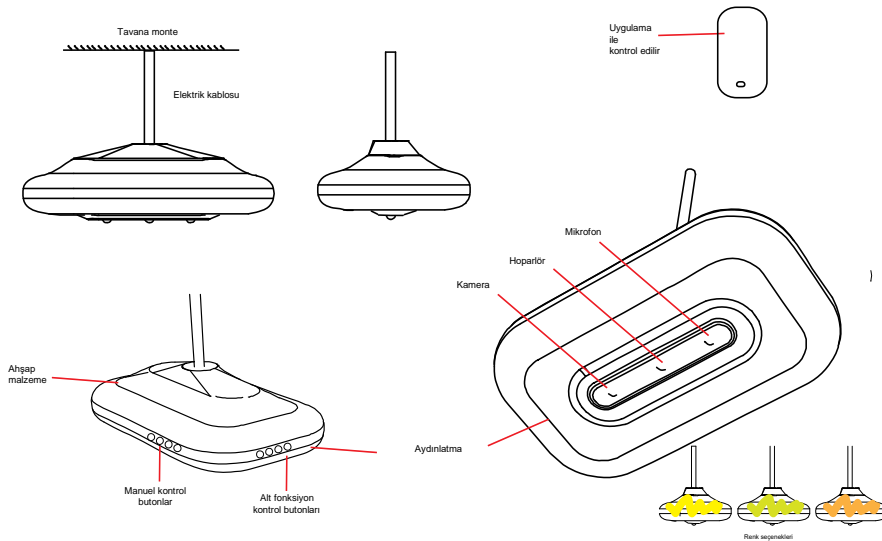
Seçenek 5: Bu tasarım önerisi ihtiyaç listesinde belirtildiği gibi aydınlatma olarak kullanmaya uygundur. Ürünün üst yüzeyinden çıkan iki bağlantı elemanı ile tavana monte edilebilir. Bu durum kameranın geniş açıda çekim yapmasına imkan tanır. Ayrıca, mikrofon ve hoparlör girişi engellenmediği için kaliteli ses iletişimi de mümkündür. Ürünün

tamamında plastik malzeme kullanılacaktır. Bu seçim üretim açısından tercih edilebilir ve uygun maliyetli olacaktır. Ürünün çalışması için gerekli olan enerji tekrar doldurulabilir bir batarya ile sağlanacaktır. Ebeveynin ürüne müdahalesi tablet, telefon gibi elektronik cihazlar için geliştirilen bir uygulama ile olacaktır.



Şekil 6.6. Kavramsal tasarım önerisi 2 (Seçenek 6)

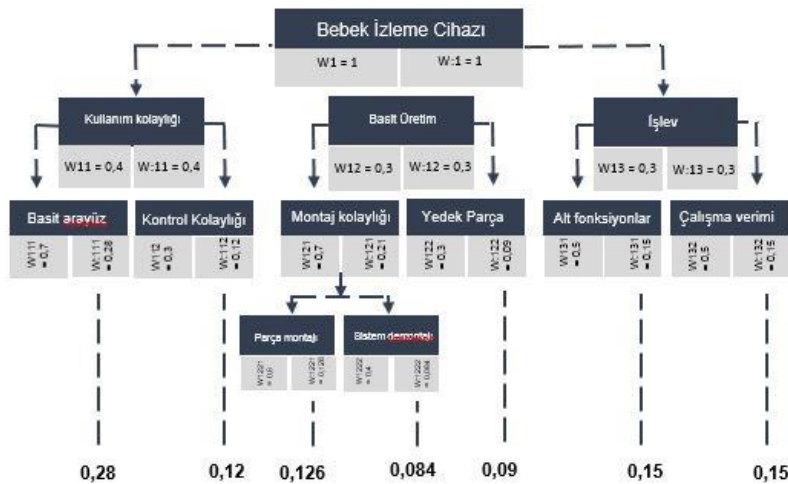
Seçenek 6: Ürün bir sabitleme elemanı vasıtasıyla düz bir zemin üzerinde duracaktır. Bu durum ürüne oda içerisinde yer değiştirme imkanı sağlamaktadır. Kamera, hoparlör ve mikrofon girişi ürünün dış yüzeyinde üst noktaya yerleştirilmiştir. Elektrik kablosu aracılığıyla sürekli enerji girişi sağlanmıştır. Ahşap malzeme tercih edilmiştir.



Şekil 6.7. Kavramsal tasarım önerisi 3 (Seçenek 2)

Seçenek 2: Bu çözüm önerisindeki ürün, üst noktasından tek bir bağlantı ile tavana monte edilecektir. Bu bağlantı noktası aynı zamanda ürünün sürekli enerji ile beslenmesini sağlayan elektrik aksamını da içermektedir. Tavanda konumlandırma, aydınlatma elemanı olarak da kullanım sağlar. Bu yerleşim, kameranın bebeği her durumda gözlemeyi mümkün kılar. Ayrıca, ahşap malzeme kullanılarak bebek sağlığı korunur ve üzerine uygulanacak renklendirme ile kullanıcıya seçim imkanı tanınır. Üzerinde bulunan manuel tuşlar aracılığıyla ürünün kontrolü mümkündür. İçerisinde bulunan elektronik sistem sayesinde tablet veya telefona yüklenen uygulama aracılığı ile kontrol edilmesi de mümkündür.

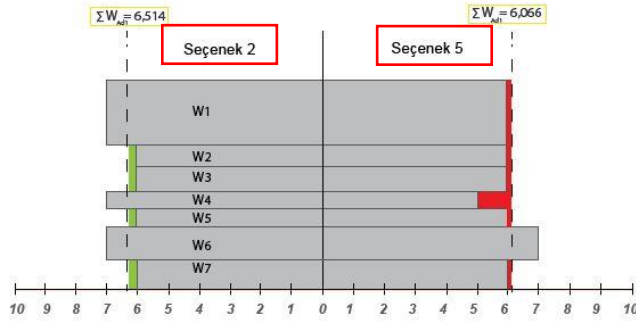
Bkz. Şekil 6.4'deki seçim kartı kullanılarak kavramsal tasarım seçenekleri azaltılmış ve yediden üçe düşürülmüştür. Bu aşamada ön elemeyi geçen üç seçenek daha detaylı bir seçim işlemine tabi tutulmuştur ve sonuçta en ideal tasarım seçeneği kalacak şekilde işlem sürdürülmüştür. İlk olarak amaçlar ağacı oluşturulmuş ve burada ölçütlere önem durumuna göre ağırlık (yüzde) değeri verilmiştir (Şekil 6.8). Amaçlar ağacında, en altta kalan sağ kutucuk değerlerinin toplamı en üste yer alan 1 değerini vermesi gerekir. Buradaki ölçütler ve değerleri kullanılarak bir değerlendirme çizelgesi oluşturulmuştur (Çizelge 6.2). Bu çizelgede; önce ölçütler teknik parametrelere dönüştürülmüştür, mümkün olanlara birim atanmış ve ardından eldeki üç seçeneğe bunlar cinsinden puan verilmiştir. Seçenek puanları toplandığında 2 ve 5 nolu seçeneğin 6 nolu seçenektan daha yüksek puana sahip olduğu görülmüştür ve düşük puanlı seçenek elenerek seçenek sayısı ikiye düşürülmüştür. Bu aşamadaki son işlem, bu iki seçeneğe ait bir değer profil diyagramı hazırlanmasıdır (Şekil 6.9). Bu diyagramda boşlukları fazla olan elenmiş ve diğer az olan ise optimum seçenek olarak belirlenmiştir (6 nolu seçenek).



Şekil 6.8. Kavramsal tasarıma ait amaçlar ağacı

Çizelge 6.2. Kavramsal tasarıma ait değerlendirme çizelgesi

Değerlendirme çizelgesi				Seçenek 2			Seçenek 5			Seçenek 6		
Kriter	W	Parametreler	Oran	Değer	Ağırlık Değeri	Oran	Değer	Ağırlık Değeri	Oran	Değer	Ağırlık Değeri	
1	Basit Arayüz	0.28	Karmaşıklık	Az	7	1,96	Az	6	1,68	AZ	5	1,4
2	Kontrol Kolaylığı	0.12	Kolay Müdahale	Fazla	6	0,72	Orta	6	0,72	Orta	6	0,72
3	Az Sayıda Parça	0.126	Parça Sayısı	Orta	6	0,756	Orta	6	0,756	Fazla	6	0,756
4	Kaliteli malzeme	0.084	Sağlıklı	Fazla	7	0,588	Orta	5	0,42	Fazla	7	0,588
5	Yedek Parça	0.09	Erişilebilirlik	Orta	6	0,54	Orta	6	0,54	Orta	6	0,54
6	Alt Fonksiyon	0.15	Fonksiyon Sayısı	Fazla	7	1,05	Fazla	7	1,05	Orta	6	0,9
7	Çalışma Hızı	0.15	Hızlı	Fazla	6	0,9	Fazla	6	0,9	Fazla	6	0,9
$\Sigma W_i=1$				$\Sigma Wd_2=45$ $\Sigma WAd_2=6,514$			$\Sigma Wd_5=42$ $\Sigma WAd_5=6,066$			$\Sigma Wd_6=42$ $\Sigma WAd_6=5,804$		

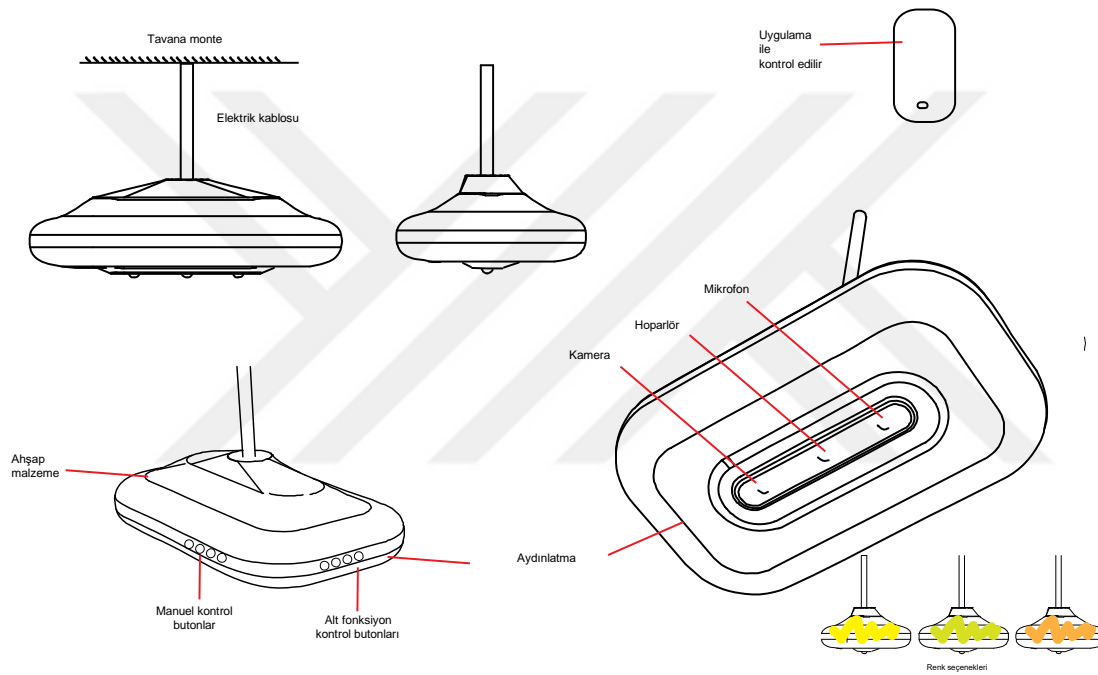


Şekil 6.9. Kavramsal tasarıma ait değer profil diyagramı

Şekil 6.9’da görünen diyagramda dikdörtgen kalınlıkları her bir ölçütün ağırlığını ve dikdörtgen uzunlukları ise ölçüt değerini gösterir. Kırmızı ve yeşil ile boyalı alanlar 2 ve 5 nolu tasarım seçeneklerine ait zayıf yanları göstermektedir. Burada 2 nolu seçeneğe ait yeşil taralı alan zayıf yanları ifade eder. Zayıf yanları diğerinden daha az olduğu ve dengeli bir dağılım sağladığı için seçenek 2 en iyi tasarım seçilmiştir.

Sistemik yaklaşıma dayalı uygulanan kavramsal tasarım işlemi sonucunda en ideal/optimum tasarım olarak Seçenek 2 belirlenmiştir. Burada; ahşap malzeme kullanarak sürdürülebilirlik sağlanmıştır. Ayrıca ahşap malzemenin bebek sağlığına daha uygun olduğu bilinmektedir. Üzerine uygulanacak renklendirme yöntemi ile ebeveynlere seçim imkanı tanımaktadır. Üst yüzeyde bulunan bağlantı elemanı hem tavana monte olmasını sağlamakta hem de kesintisiz enerji ihtiyacını karşılamaktadır. Aydınlatma işlevini karşılamaktadır.

Ürünün tavana monte edilmesi geniş açılı ve otomatik gece görüşlü kameranın her açıda net ve kesintisiz görüntü aktarmasını sağlar. Hoparlör ve mikrofon girişleri yalın ses aktarımına imkan verir. Nem, sıcaklık, ışık ayarı gibi kontroller hem ürün üzerinde bulunan manuel tuşlar hem de telefon, tablet gibi elektronik cihazlarda bulunan uygulama ile kontrol edilebilir. Böylece bu seçenek optimum tasarım çözümdür. Bu örnek ile yukarıda değinilen ve ticari bebek izleme cihazlarındaki mevcut eksikliklerin giderilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca; ses, görüntü, form, estetik, malzeme, teknoloji, vb. gibi açılardan yeni ilaveler de yapılmaya çalışılmıştır.



Şekil 6.10. Optimum tasarım (Seçenek 2)

6.1.2. Değerlendirme

Bu bölüm kapsamında Sistematik tasarım yöntemi kullanılarak bir bebek izleme cihazının kavramsal tasarımı yapılmıştır. Bu amaçla önce bir tasarım ihtiyaç listesi oluşturulmuş ve böylece ürünün sahip olması gereken özellik ve karşılaması gereken gereksinimler belirlenmiştir. Daha sonra bu özellik ve gereksinimleri karşılayacak alternatif çözümler üretilmiştir. Çözümlerin en uygun/doğru olanını belirlemek için bazı değerlendirmeler yapılmıştır. Üç kademeli bu işlemler sonucu (seçim kartı, değerlendirme çizelgesi, değer profili) ihtiyaç ve beklentileri en iyi karşılayacak tasarım çözümü belirlenmiştir. Belirlenen 6 farklı tasarım çözümü karşılaştırılarak ve çözüm sayısı sırayla 3, 2 ve 1'e düşürülerek (yani, daha kötü olanlar elenerek) optimum tasarım çözümü elde edilmiştir (Seçenek 2). Böylece

bebek izlemeyi kolaylaştıracak ve ebeveyn ihtiyaçlarını karşılayacak yeni ve inovatif bir bebek izleme cihazı tasarlanmıştır. Bu yeni cihaz; akıllı telefon, bilgisayar, tablet üzerinden evdeki kameraya bağlanarak ev içi/dışından bebek takibi ve gerektiğinde müdahaleyi mümkün kılabilir. Yapılan çalışmalar, Sistematik tasarım yaklaşımı ile sürecin iyi yönetilmesi, ihtiyaçların doğru belirlenmesi ve adımlara uyulması halinde kolay ve hızlı optimum tasarım çözümü elde edilebileceğini göstermiştir.

6.2. Tırnak Makası

Makas, iki çelik bıçağın ortadan geçen bir eksenenden perçinlenmesi ve bir parçanın diğerine yaklaştırılması ile saç, kağıt gibi maddeleri kesen bir el aletidir. Tırnak makası ise tırnağı ve tırnak kenarındaki etleri kesmek üzere özelleşmiş bir makastır. 1875’lerde Amerika’da ilk patenti alınan tırnak makası Çinliler tarafından icat edilmiştir. Şekil 6.11’de görüldüğü üzere pense tipi ve bileşik kol olmak üzere iki çeşit tırnak makası yaygın olarak kullanılmaktadır. Tırnak makası, iç bükey veya dış bükey bir kafa ve kavrama kollarından oluşmaktadır [122].



Şekil 6.11. Tırnak makası çeşitleri [122]

Bu örnek çalışma, yöntemler bölümünde anlatılan ‘Kavramsal Tasarım’ ve ‘TRIZ’ yöntemleri birlikte kullanılarak tasarlanmıştır.

6.2.1. Yöntemin Uygulanması



Şekil 6.12. Tasarım süreci

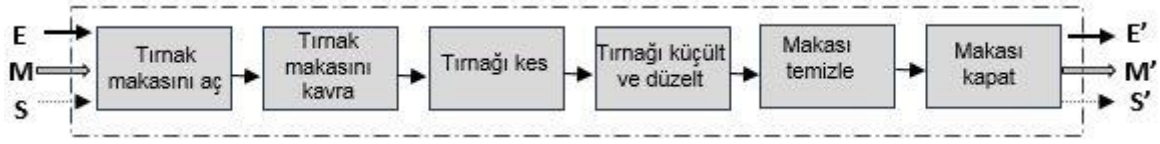
Şekil 6.12'ye göre, ilk olarak belirlenen problem için ihtiyaç listesi hazırlanmıştır. Bu listeden önemli problemler belirlenerek fonksiyon şeması oluşturulmuştur. Fonksiyon şeması ile belirlenen her alt fonksiyon için çözüm seçenekleri oluşturulmuştur. Seçenek oluşturmak için TRIZ yaklaşımının 39x39 çelişki matrisi ve 40 buluş prensibi kullanılmıştır. Oluşturulan seçenekler sırasıyla amaçlar ağacı, değerlendirme çizelgesi ve değer profil diyagramı ile değerlendirilmiş ve elemeler sonucu probleme en uygun çözüm seçeneğine karar verilmiştir.

Bu örnekte belirlenen problemin tasarımı için ilk olarak ihtiyaç listesi oluşturulmuştur. İhtiyaç listesi, tasarlanacak üründe olması gereken ihtiyaçlardan oluşmaktadır. Tırnak makası kavramsal tasarımı için hazırlanan ihtiyaç listesi Tablo 1'de görülmektedir. İhtiyaçlar istek ve arzu olarak ayrılmış olup, istekler kesin olması gereken arzular ise imkanlar ölçütünde yapılması gereken ihtiyaçlardır. Çizelge 6.3'e göre, tırnak makasının paslanmaz malzeme ile üretilmesi ve makasın keskin, pratik, fonksiyonel, ergonomik ve güvenilir olması beklenmektedir.

Çizelge 6.3. Tırnak makasına ait ihtiyaç listesi

İHTİYAÇ LİSTESİ	
Sıra	İhtiyaçlar (İstek/ Arzu)
1	Hafif olmalı (A).
2	Paslanmaz malzeme kullanılmalı.
3	Keskin kalmalı.
4	Ergonomik olmalı.
5	Pratik olmalı.
6	Kolay kavranmalı (A).
7	Hijyenik olmalı (A).
8	Kişiselleştirilebilir olmalı.
9	Güvenilir olmalı.
10	Fonksiyonel olmalı.
11	Herkes kullanabilmeli.

İhtiyaç listesini oluşturduktan sonra, belirlenen ihtiyaçları karşılayan fonksiyon şeması oluşturulmuştur. Fonksiyon şeması sistemin çalışmasını sağlayan alt ve tüm fonksiyonlardan oluşmaktadır. Alt fonksiyon ayrıntıları, tüm fonksiyon ise genel yapıyı göstermektedir. Bu bölümde tasarlanan tırnak makasının alt fonksiyon şeması Şekil 6.13'de gösterilmiştir. Şekil 6.13'e göre fonksiyon şeması, tırnak makasını açma- kapama, makası kavrama, tırnağı kesme ve düzeltme ve makası temizleme alt fonksiyonlarından oluşmaktadır.



Şekil 6.13. Tırnak makasına ait fonksiyon şeması

İhtiyaçlar arasından ve fonksiyon şemasında ön plana çıkan problemler; herkesin kullanabilmesi, kesme işleminin kolaylaştırılması ve ek işlemler olarak belirlenmiştir. Bu örnekte problemlere getirilecek yaratıcı çözümlerin TRIZ çelişkileri ile desteklenmesi ön görülmüştür. Çözümü etkileyen parametreler; kullanım kolaylığı, adapte edilebilirlik, güvenilirlik, kuvvet ve ağırlık olarak belirlenmiştir. Yeni bir tırnak makası için belirlenen parametreler, parametreler arası ilişki, çelişkiler ve çözümler Çizelge 6.4’de verilmiştir.

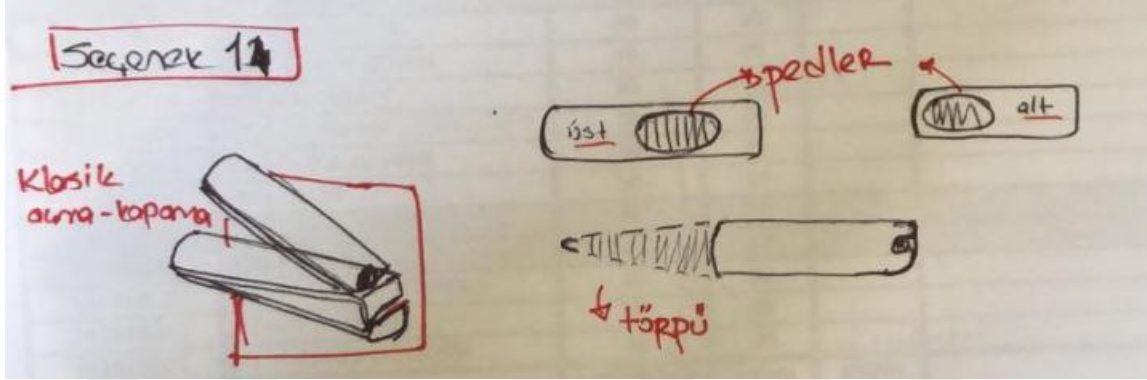
Çizelge 6.4. Tırnak makasına ait parametreler, çelişkiler ve çözümleri

	<i>Tasarım parametreleri</i>	<i>İlişki</i>	<i>TRIZ çelişkisi</i>	<i>TRIZ çözümü</i>
1	Kullanım kolaylığı- Güvenilirlik	↑ - ↓	33 - 27	17, 27, 8, 40
2	Kullanım kolaylığı- Kuvvet	↑ - ↓	33 - 10	28, 13, 35
3	Adapte edilebilirlik- Ağırlık	↑ - ↓	35 - 2	19, 15, 29, 16
4	Üretilirlik- Dayanım	↑ - ↓	32 - 14	1, 3, 10, 32

Çizelge 6.4’ e göre belirlenen 17- Yeniden boyutlama, 27- Ucuz ve kısa ömürlü cisimler kullanma, 8- Karşı ağırlık, 28- Mekanik sistemin yerine koyma, 13- Ters eylem, 35- Fiziksel veya kimyasal durum değişikliği, 19- Periyodik eylem, 15- Dinamiklik, 29- Pnömatik ve hidrolik yapılar kullanma, 16- Kısmi fazlalık, 1- Bölümlenme, 3- Kısmi kalite, 10- Öncü eylem ve 32- Renk değiştirme prensiplerinden 17, 27, 15, 1 ve 3 prensipleri çözümde kullanılmak üzere seçilmiştir.

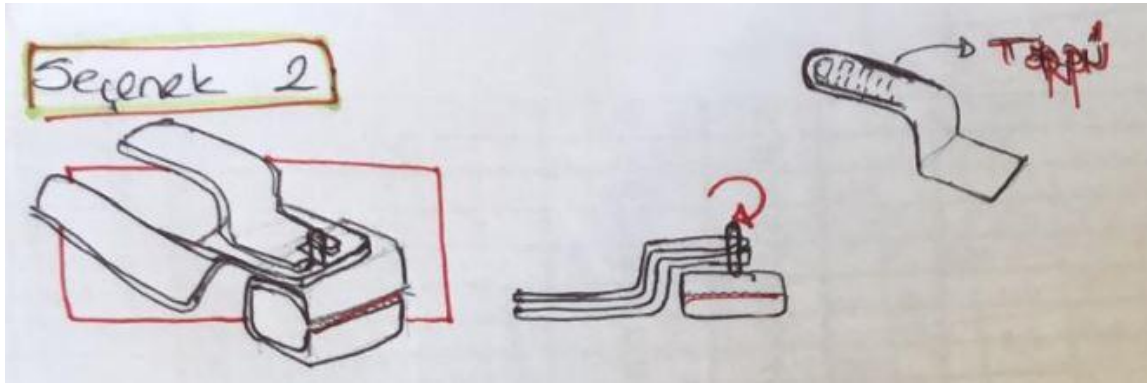
17- yeniden boyutlama prensibi ile kullanım kolaylığı sağlamak ve herkesin kullanabilmesi için kavrama kolunun uzun tutulması sağlanmıştır. 1- bölümlenme prensibi ile tırnak makası parçalara ayrılarak fonksiyonellik getirilmiştir. 27- kısa ömürlü parça kullanımı prensibi ile ek fonksiyon parçalarının değişimi ön görülmüştür. 3- kısmi kalite prensibi ile amacı karşılayacak parçalar özelleştirilmiştir. 15- dinamiklik prensibi ile parçalara hareket verilerek ve ayarlanabilir yapılarak hem güvenli hem de fonksiyonel olması sağlanmıştır. Bu prensiplerin getirdiği çözümler ile farklı tırnak makası tasarımları oluşturulmuştur.

Seçenek 1: Klasik açma kapama ile tasarlanmıştır. Kavramayı kolaylaştırmak için tutma yerlerine pedler eklenmiştir. Tutma yerinin altına eklenen özelleşmiş parça hem törpü hem de tırnak itme için kullanılacaktır (şekil 6.13).



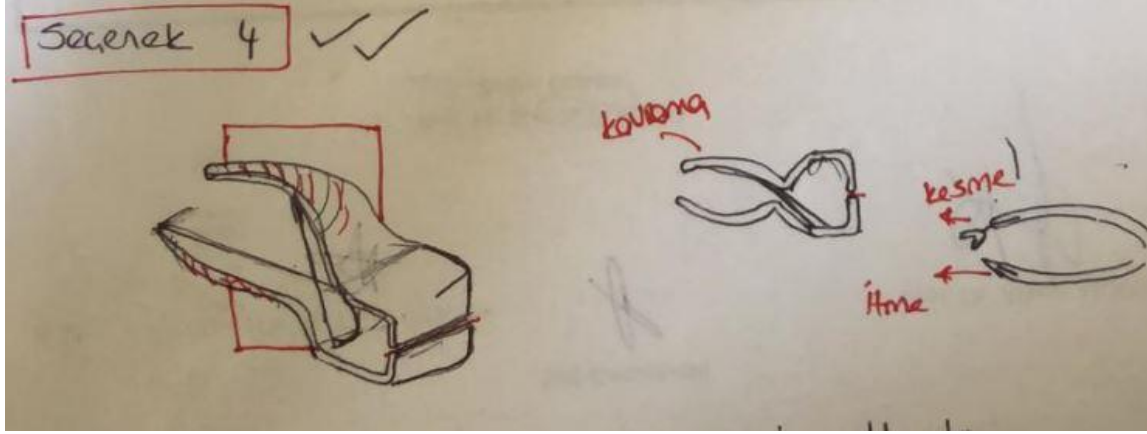
şekil 6.13. zm seçeneği 1

Seçenek 2: Hareket edebilir başlığı sayesinde kavrama kısmından tutularak çevrilebilir. Böylelikle kesme işlemi kolaylaştırılmış olur. Kavrama kolu uzatılarak az kuvvet harcanması sağlanmıştır. Tırnak bakımı için en çok tercih edilen ek işlem törpüleme işlemi ise kavrama kolunun alt kısmına yerleştirilmiştir (şekil 6.14).



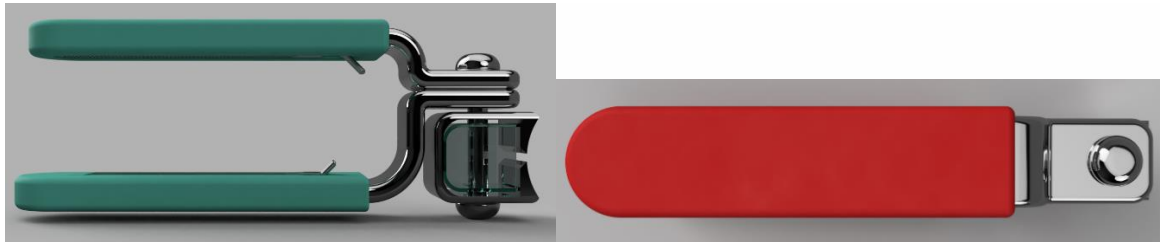
şekil 6.14. zm seçeneği 2

Seçenek 4: Tırnak kesilirken harcanan kuvveti azaltmak için kavrama kolları uzatılmıştır. Rahat bir kavrama için tutma yerleri kauçuk malzeme ile kaplanmıştır. Tutma yerlerinin u kısmına tırnak törpüleme ve itme için ek fonksiyonlar eklenmiştir (şekil 6.15).



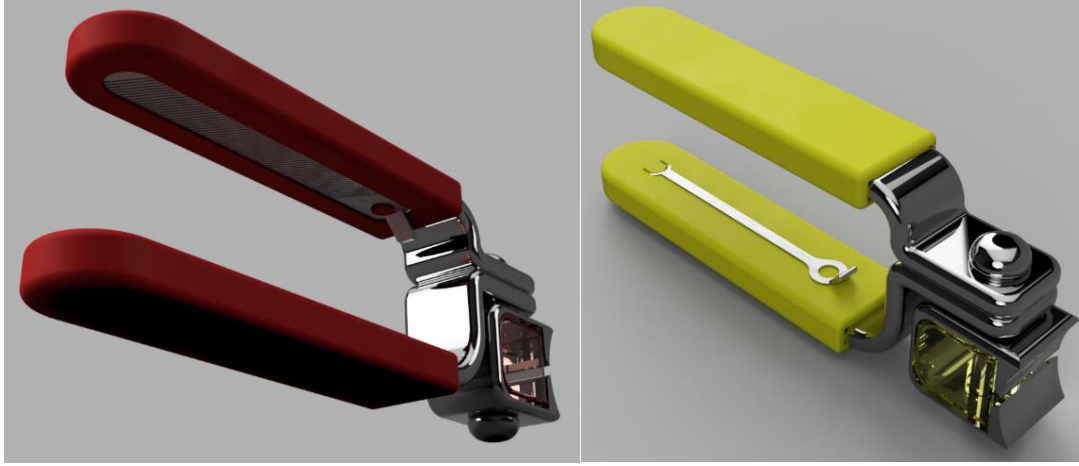
Şekil 6.15. Çözüm seçeneği 4

Oluşturulan çözüm seçenekleri değerlendirilerek ihtiyaçları karşılayan nihai konsept çözümün Seçenek 2 olduğuna karar verilmiştir. Şekil 6.16'da görüldüğü üzere tırnak makası kavrama kolu uzatılarak daha az kuvvet harcanması sağlanmıştır. Kesici kısmın olduğu kafa belli açılarda dönerek daha kolay tırnak kesme deneyimi oluşturulmuştur. Tutma yerleri kauçuk malzeme ile kaplanarak kesme işleminin stabil bir şekilde tamamlanması hedeflenmiştir. Böylelikle herkesin güvenli bir şekilde kullanması sağlanmıştır. Ayrıca kesilen tırnakların etrafa dağılmasını önlemek için kesme kafasının içine bir hazne eklenmiştir. Esnek bu hazne ileri geri itilerek kesilmiş tırnakların boşaltılması amaçlanmıştır. Bu parça ile hijyenik bir kesim işlemi yapılması desteklenmiştir.



Şekil 6.16. Konsept tasarım çözümü (Görünüş 1)

Ayrıca bu kauçuk parça içerisinde açılan kanallar ile ek fonksiyonlar eklenmiştir (Şekil 6.17). Üst kavrama koluna törpü, alt kavrama koluna yan tırnakları itme ve kesme aparatı eklenmiştir. Bu aparatlar gerektiğinde değiştirilerek ömrü uzatılması ön görülmüştür. Ayrıca kullanıcılara seçenek sunmak için kavrama kolları ile farklı renk seçenekleri oluşturulmuştur.



Şekil 6.17. Konsept tasarım çözümü (Görünüş 2)

6.2.2. Değerlendirme

Bu örnek tasarım uygulamasında TRIZ ile desteklenen kavramsal tasarım süreci kullanılmıştır. Kavramsal tasarım ile oluşturulan ihtiyaçların fonksiyon şeması ile önemlileri belirlenmiş, buna göre TRIZ çelişkileri oluşturulmuştur. Çelişkiler arasında oluşan prensipler incelenmiş, çözümü etkileyen prensipler belirlenmiş ve bu çözümler ile konsept tırnak makası tasarımları oluşturulmuştur. Son aşamada tanımlanan problemi karşılayan çözüm, konsept tasarım çözümü olarak seçilmiştir. Sonuç olarak, tasarım süreci iki ana basamakta yürütülmüştür:

1. Kavramsal tasarım ile ihtiyaçlar oluşturulmuş, fonksiyon şeması ile önemli problemler belirlenmiş ve istenen tasarımın sınırları çizilmiştir.
2. TRIZ ile yaratıcı çözümler oluşturularak çözüm seçenekleri artırılmış ve süreç kısaltılmıştır.

6.3. Bisiklet Kaskı

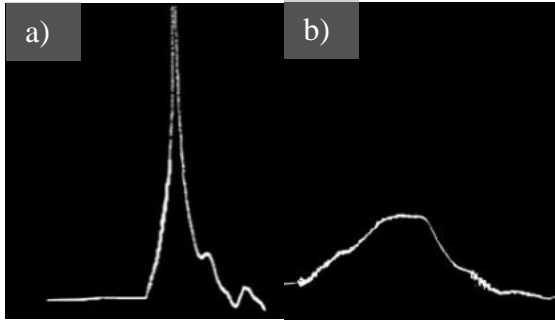
Bisiklet kaskı, bisiklet kullanıcılarını bir kaza anında herhangi bir darbeden korumak üzere geliştirilmiş bir ekipmandır. Modern bisiklet kaskları, iç ve dış bölge olmak üzere 2 ana yapıdan oluşur (Şekil 6.18). Dış kısımda, genellikle plastik türevi malzemeden yapılan ince ve sert bir “kabuk”, iç bölgesinde ise köpük katman vardır. Dış kabuk kaska esas şeklini verirken, iç bölgede yer alan köpük koruma görevini sağlar. Kaskın iç kısmı polisterolden, dış kısmı ise genelde polikarbonattan oluşmaktadır. Günümüzde “in mold” yöntemi ile daha

sert olan dış kaplama yumuşak iç katman ile birbirine kaynatılır, 150 bar basınç ile polisterol kabuk polikarbonat kabuğa bastırılır ve 200°C'lik buhar ile birleştirilir [123]. İç köpük yapının en önemli avantajı ise hafiflik olarak görülmektedir.



Şekil 6.18. Kask ve yapısı [124]

Sürüş sırasında meydana gelebilecek olası bir çarpmada, oldukça fazla miktarda enerji ortaya çıkar. Bu sırada, çarpma noktasında ortaya çıkan yüksek miktarda enerji ve bu enerjinin değişimi Şekil 6.19 a-b'de gösterilmiştir. Kask, çarpma noktasındaki enerjinin dönüşümünü sağlar ve sürücünün ciddi bir yara almadan kazayı atlattığını sağlar.



Şekil 6.19. Çarpma anında enerji değişimi a) kask olmadığında, b) kask olduğunda [125]

2003 yılında Paris- Nice yarışında Andrey Kivilev'in yaşadığı kaza sonucu hayatını kaybetmesi ile kask kullanımı tekrar gündeme gelmiş ve UCI (Union Cycliste International – Uluslararası Bisiklet Birliği), profesyonel yarışlarda kask kullanmayı zorunlu yapmıştır. Kask kullanımının zorunlu olmadığı 1950-90 yılları arası kazalarda ise 24 bisikletçi hayatını kaybetmiştir. Bugün Yeni Zelanda ve Avustralya'da kask kullanımı tüm bisikletçiler için zorunlu iken Fransa'da bu kural sadece 12 yaş altı kullanıcılar için geçerlidir. Kask kullanımı ülkemizde zorunlu olmasa da güvenlik için önemli olduğu bilinmektedir. Koruma amaçlı güvenli ve ergonomik kasklar üretilmekte olup, kullanıcıların bazı istekleri göz ardı

edilmektedir. Bu örnek uygulama ile "Kavramsal Tasarım" ve "Biyomimikri" kullanılarak, kullanıcı odaklı bir kask tasarlanmıştır. Kavramsal tasarım basamaklarında, biyomimikri yöntemleri ile çözümler oluşturulmuştur.

6.3.1. Yöntemin uygulanması



Şekil 6.20. Tasarım süreci

Şekil 6.20'ye göre, tasarım süreci sekiz aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama belirlenen problem için tasarım şartnamesi hazırlanır. Buradaki ihtiyaçlardan önemli problemler belirlenerek fonksiyon şeması oluşturulur. Fonksiyon şeması oluşturulurken biyomimikri yöntemlerle çözümün doğada mevcut olan bir çözüm ile eşleştirilmesi sağlanmıştır. Doğadan ilham alınarak oluşturulan alt fonksiyon çözümlerinde yine doğaya başvurulmuştur. Doğada mevcut olan sistemlerin çalışma prensibi, form, doku, işlev vb. olarak probleme adapte edilmesi ile çözüm seçenekleri oluşturulmuştur. Daha sonra mevcut çözüm seçenekleri amaçlar ağacı, değerlendirme çizelgesi ve değer profil diyagramı ile değerlendirilmiştir. Böylece çözüm seçenekleri elenerek optimum çözüm belirlenmiştir.

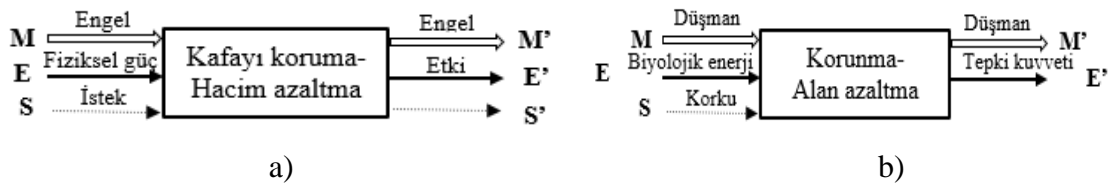
Kavramsal tasarım işleminin ilk basamağında ihtiyaç listesi oluşturulur. Piyasada bulunan bisiklet kaskları incelenerek ve kullanıcılarla mülakat yapılarak belirlenen ihtiyaçlara dayalı bir tasarım şartnamesini oluşturmuştur (Çizelge 6.5). Buna göre bir bisiklet kaskından; maksimum koruma sağlaması, basit, sağlam, pratik, hafif, küçük ve ergonomik olması beklenmektedir.

Çizelge 6.5. Bisiklet kaskına ait ihtiyaç Listesi

İHTİYAÇ LİSTESİ	
Sıra	İhtiyaçlar (İstek/ Arzu)
1	Basit olmalı.
2	Sağlam olmalı.
3	Pratik olmalı.
4	Küçük olmalı.
5	Hafif olmalı (A).
6	Maksimum koruma sağlamalı.
7	Ergonomik olmalı.

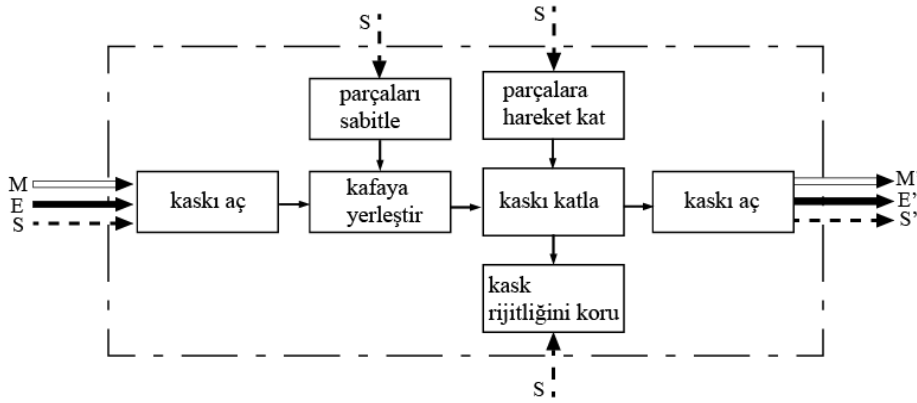
İkinci aşama, tüm ihtiyaçları karşılayan ve ürüne ait çalışma prensibini içeren bir fonksiyon şeması oluşturmaktır. Fonksiyon şeması tüm ve alt fonksiyon olmak üzere iki bölüme ayrılmıştır. Kavramsal tasarımın üçüncü basamağı olan çalışma prensibini belirleme sürecinde biyomimikri yöntemi ile problem formüle edilip, doğada bulunan çözümler ile kaskın koruma fonksiyonu eşleştirilmiştir. Yöntemler kısmında bahsedildiği gibi biyomimikri; çalışma prensibi, form ya da sistem gibi değişkenleri bir mühendislik probleminde kullanmayı amaçlayan doğadan örnek/analoji almaya dayalı bir yöntemdir. Yani burada doğadaki çözümler incelenmiş ve armadillonun çalışma prensip ve formunun bisiklet kaskı tasarımında analogik model olarak alınabileceği düşünülmüştür.

Armadilloların savunma mekanizması, tehdit altında kapanan ve mükemmel bir koruma sağlayan işlevselliğe sahiptir. Armadillo, olası bir tehdit anında zırhını top haline getirerek kendini güvenli hale getirir. Zırh kısmı pullarla kaplı kemik tabakasından oluşur ve hayvanın kuyruk, baş, ayak ve sırt bölgesini kaplar. Armadillonun bu işlevsel yapısı, bisiklet kask sistemi ile büyük oranda benzerlik göstermektedir. Her iki örnekte de kapanmak için bir engele, bu sırada enerjiye ve durumu korumak için bir uyarıcıya ihtiyaç duymaktadır. Şekil 6.21a'da bisiklet kaskı ve Şekil 6.21b'de de armadillonun fonksiyon yapısı gösterilmiştir.



Şekil 6.21. Fonksiyon şeması, a) Kask, b) Armadillo

Armadillonun sisteminden uyarlanan bisiklet kaskı alt fonksiyon yapısı Şekil 6.23'de görülmektedir.



Şekil 6.22. Bisiklet kaskı alt fonksiyon şeması

Alt fonksiyon şeması sistemin bileşenleri ve aralarındaki ilişkiyi gösterir. Bisiklet kaskı kullanılmadığı zaman katlanması, gerektiğinde tersine bir hareketle açılması ve kaskın kafaya yerleştirilmesi ile işlemin tamamlanması Şekil 6.22'deki şemada gösterilmiştir. Bu sistem, işlevsel olarak armodillo zırhının toplanmasına benzer ve biyomimikrik bir örnek model oluşturulmasının temelini oluşturur.

Bir sonraki aşamada sisteme ait işlevsel alt parça çözümleri yapılır. Satır ve sütunlardan oluşan morfolojik matrisin ilk sütünü Şekil 6.23'e göre belirlenen alt fonksiyonlardan, ilk satır ise bu fonksiyonlara getirilen çözümlerden oluşmaktadır. Burada çözüm seçenekleri oluşturmak için biyomimikri teknik ve yöntemlerinden yararlanılmıştır.

Cözüm ilkeleri Alt fonksiyonlar	1	2	3	4
<i>Kask açma</i>	Dikeyde	Yatayda	Eksenel	
<i>Kask parçalarını sabitleme</i>	Menteşe	Sıkı geçme	İçiçe	
<i>Kaskı kafaya yerleştirme</i>	Bağlayarak	Geçirerek		
<i>Parçalara hareket verme</i>	İterek	Katlayarak	İçiçe geçirerek	
<i>Kaskı katlama</i>	Armadillo	Kirpi Balığı	Kaplumbağa	
<i>Kaskı sabit tutma</i>	Menteşe	Sıkı geçme	Klips	

Şekil 6.23. Kaska ait morfolojik matris

Bisiklet kaskının kullanımında karşılaşılan en büyük problem kaskın kullanılmadığı süreçte saklanmasıdır. Bu sebeple, kullanıcı kask hacmini mümkün olduğunca küçültmek istemektedir. Bu probleme getirilecek işlevsel çözüm, biyomimikri yöntemiyle irdelenmiş

ve Şekil 6.23'deki morfolojik matriste özellikle kaskı katlama işleminde çözüm önerisi olarak kullanılmıştır. Biyomimikri yöntemini kullanmak için sistem çözümüne dair anahtar kelimelerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu problem için belirlenen kaskı katlama işlemi; doğada canlıların korunması, toplanması, hacim- alan değiştirmesi gibi anahtar kelimeler ile eşleştirilmiştir. Yapılan araştırmalar ile kaplumbağa, armadillo ve kirpi balığı biyolojik model olarak belirlenmiş, özellikleri gruplandırılmış ve değerlendirilmiştir (Çizelge 6.6).

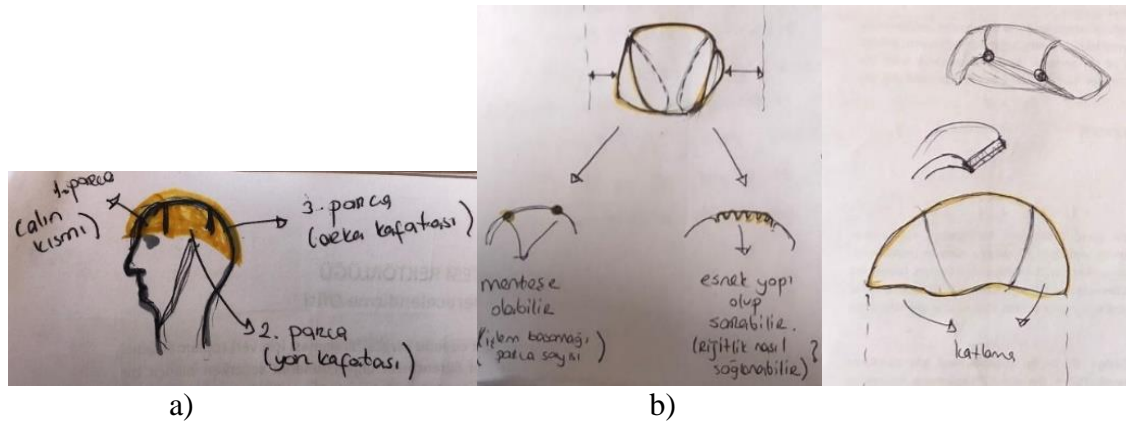
Çizelge 6.6. Form- işlev değerlendirme tablosu

<i>Biyolojik Model</i>	<i>Durum</i>	<i>Form</i>	<i>İşlev</i>
Kaplumbağa	Normal hali Tehlike anında		Uzuvlarını kabuğuna çekme- Tehlike anında dört uzvunu da kabuğuna çeker. Korku durumu geçene kadar bu hali korur.
Armadillo	Normal hali Tehlike anında		Dört parçadan oluşan zırhın yuvarlanarak top halini alması- Tehlike anında kemik tabakalarından oluşan yüzeyler toplanarak bir top halini alır ve tehlike geçene kadar bu hali korur.
Kirpi balığı	Normal hali Tehlike anında		Hava ya da su ile kendisini şişirme- Tehlike anında karada ise hava ile, su da ise su ile kendisini şişirir ve tehlike geçene kadar bu hali korur.

Çizelge 6.6'ya göre seçilen üç hayvanın da ortak özelliği, bir tehlike anında uyarıcı ile şekil değiştirmek ve bu durumu tehlike sona erene kadar korumaktır. Kaplumbağa, dört uzvunu kabuğu içine çekerek belirli bir oranda (hacim olarak) küçülür. İşlev uygunluğu açısından parçalardan oluşan sistemler için daha ideal görünmektedir. Armadillo, tehlike anında bir top halini alarak kompakt hale geldiği için daha fazla bir küçülme ve koruma söz konusudur. Kirpi balığı ise diğerlerinin aksine su ya da hava yardımı ile hacim büyüterek koruma sağlamaktadır. Bu durumda, armadillo ve kirpi balığının belirlenen ana ihtiyaç için farklı açılardan çözüm yöntemi olarak probleme uyarlanması ön görülmüştür. Yapılan uyarlamalar ile üç tane önemli tasarıma karar verilmiştir.

Tasarım 1

Armadillonun tehlike anında top halini alma durumundan yola çıkılmış ve Şekil 6.24'de görülen kask tasarımı yapılmıştır. Kafa yapısı, armadillodaki bölgelere benzetilerek ön, iki yan ve arka olmak üzere 4 parçaya bölünmüştür (Şekil 6.24a). Her bir parçanın armadillonun katlanma detayı ile örtüşmesi ve hacmin küçültülmesi için 3 farklı birleşim noktası ve 4 adet menteşe detayı ile kaskın katlanması tasarlanmıştır (Şekil 6.24b). Kullanım anında parçalar açılarak kask formuna getirilir ve kullanıldıktan sonra katlanılarak hacim küçültülür. Böylece kaskın kolay taşınabilirliği sağlanmış olur.

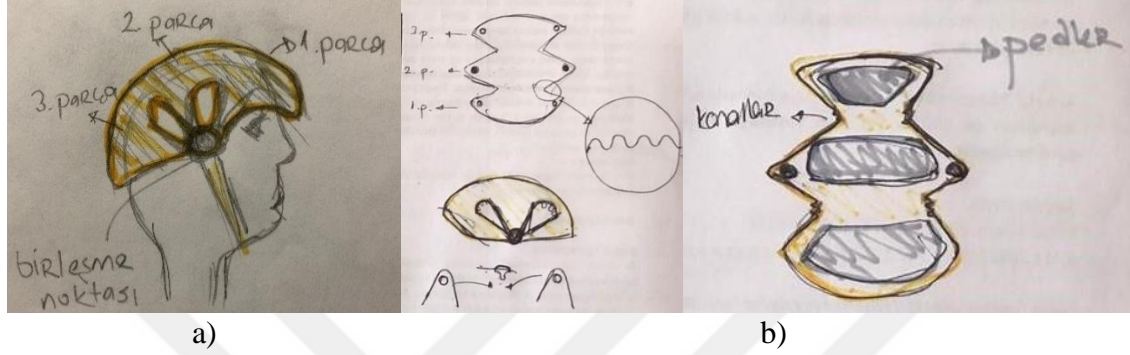


Şekil 6.24. Armadillodan esinlenilen kask tasarımı 1

Tasarım 2

Bu tasarımda, armadillonun toplanma yöntemi farklı bir açıdan ele alınarak kaskın iki boyuta indirgenmesi ve daha rahat taşınması öngörülmüştür. Şekil 6.25a'da görüldüğü gibi başın korunması için üç bölge oluşturulmuştur. Bu üç bölgenin birleşimi olan kısımlarda,

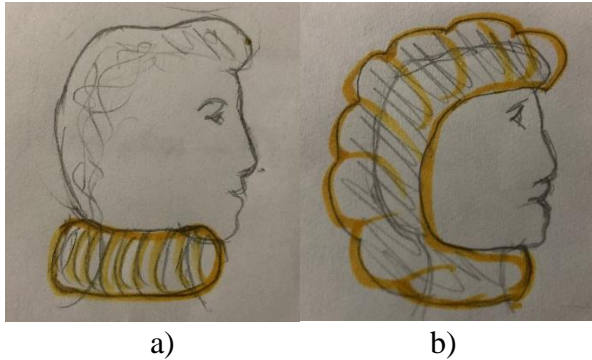
armadillonun toplanma detayı gibi kanallar ile esnek yapı oluşturularak kaskın kullanım aşamasında katlanması sağlanmıştır. Üç parça, ortadaki parçada bulunan detay ile birleştirilmiştir. Dış kabuk yapının içine pedler yerleştirilerek tam bir koruma sağlanmıştır. Kask kullanıldıktan sonra açılarak bir düzlem halini alır ve kolaylıkla taşınabilir (Şekil 6.25b).



Şekil 6.25. Armadillodan esinlenen kask tasarımı 2

Tasarım 3

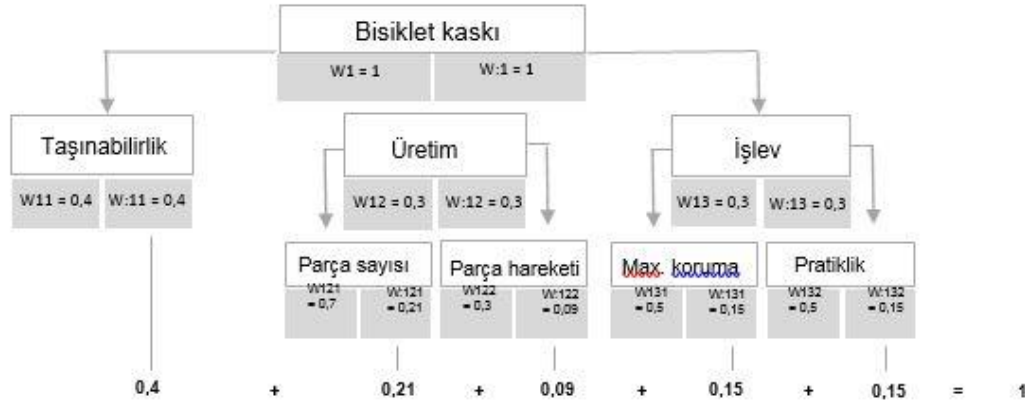
Kirpi balığı da biyomimikrik bir detay olarak mühendislerin kullanabileceği bir savunma mekanizmasına sahiptir. Tehlike anında kendisini korumak için midasını şişirerek hacim olarak genişler ve düşmanlarına korku salar. Balık, mide şişirmesini karada hava, suda ise su ile gerçekleştirmektedir. Balığın bu fonksiyonu ile bisiklet kaskının koruma fonksiyonu eşleştirilerek yeni bir ürün tasarlanmıştır.



Şekil 6.26. Kirpi balığından esinlenen kask tasarımı

Şekil 6.26b'de görülen yapı tasarlanmış olup, bu yapı aksi yönde bir hareket ile hava aracılığı ile şişerek tam bir koruma sağlamaktadır. Ayrıca kullanım anında ve kullanım dışında kullanıcıya ekstra bir yük oluşturmamaktadır.

Önemli tasarımların belirlenmesinden sonraki aşama, bu tasarımların değerlendirilmesidir. İlk olarak amaçlar ağacı oluşturularak ölçütler ve bir yüzde değeri belirlenmiştir (Şekil 6.27). Belirlenen bütün ölçütlerin son yüzde değerleri toplamı 1'e eşit olmalıdır. Bisiklet kaskı için belirlenen önemli ölçütler; taşınabilirlik, parça sayısı, parça hareketi, maksimum koruma ve pratiklik olarak belirlenmiştir.



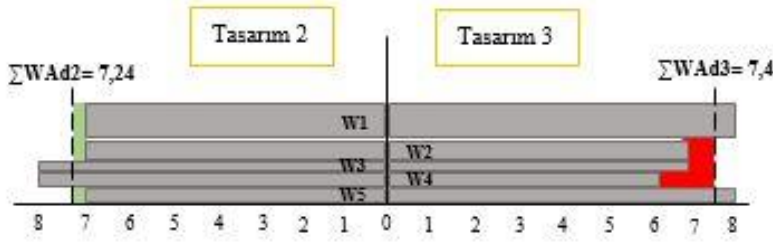
Şekil 6.27. Bisiklet kaskı için amaçlar ağacı

Daha sonra buradaki ölçüt ve değerlere göre bir değerlendirme tablosu hazırlanır (Şekil 6.28).

Değerlendirme çizelgesi			Tasarım 1			Tasarım 2			Tasarım 3			
Kriter	W	Parametreler	Oran	Değer	Ağırlık Değeri	Oran	Değer	Ağırlık Değeri	Oran	Değer	Ağırlık Değeri	
1	Taşınabilirlik	0.4	Hafiflik	Orta	6	2,4	Fazla	7	2,8	Fazla	8	3,2
2	Parça sayısı	0.21	Az parça	Orta	6	1,26	Orta	7	1,47	Orta	7	1,47
3	Parça hareketi	0.09	Kolay Müdahale	Orta	6	0,54	Orta	8	0,72	Fazla	7	0,63
4	Max. koruma	0.15	Sağlamlık	Fazla	7	1,05	Fazla	8	1,2	Orta	6	0,9
5	Pratiklik	0.15	Basit	Orta	6	0,9	Fazla	7	1,05	Fazla	8	1,2
$\sum W_t=1$			$\sum W_d1= 31$ $\sum WAd1= 6,15$			$\sum W_d2= 37$ $\sum WAd2= 7,24$			$\sum W_d3= 37$ $\sum WAd3= 7,4$			

Şekil 6.28 Bisiklet kaskı için değerlendirme tablosu

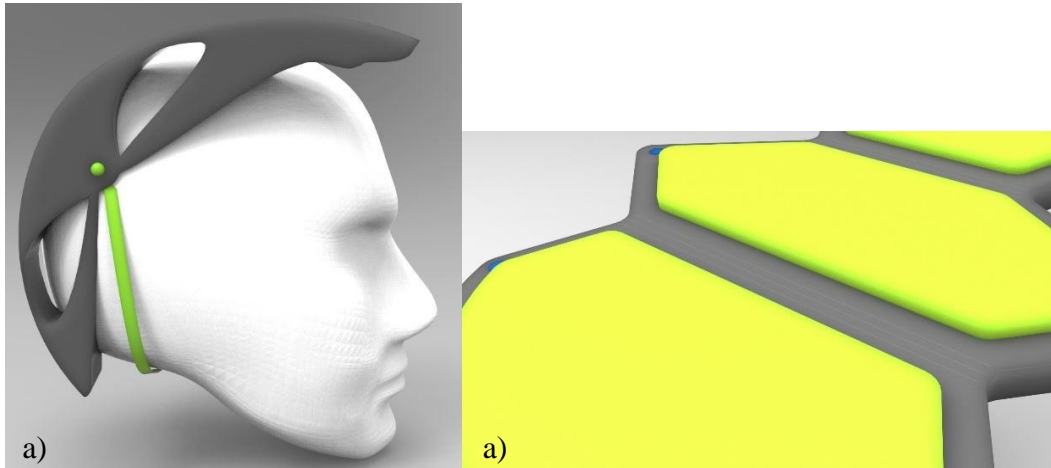
Şekil 6.28'deki değerlendirmeye göre Tasarım 2 ve Tasarım 3 belirlenen ölçütler doğrultusunda daha iyi çözüm seçenekleri olmuştur. Bu iki tasarım seçeneği arasından optimum çözüm için değer profil diyagramı oluşturulmuştur.



Şekil 6.29 Çözümlere ait değer profil diyagramı

Şekil 6.29'daki diyagram, kriterlerin ağırlık ve değerlerine göre oluşturulmuş dikdörtgenlerdir. Şekil 6.29'da hesaplanan değerler baz alınarak kriterlerin eksik kaldığı kısımlar taralı alanlarla ifade edilmiştir. Buna göre Tasarım 2, daha az taralı alana sahip olduğu için optimum seçenek olarak belirlenmiştir.

Sonuç olarak seçilen Tasarım 2, hem tam koruma sağlayan hem de kullanıcıların rahatça taşıyabilecekleri bir kask olmuştur. Bir plakanın kafanın bölümlerine göre şekillendirilmesi ve özel formlu plakanın kafa ile temas eden yüzeylerine darbe emici ped yerleştirilmesi ile kaskın yapısı oluşturulmuştur (Şekil 6.30a,b).



Şekil 6.30. Optimum seçenek - Tasarım 2

Bu yapı ile düzlemsel bir form oluşturulmuş ve kask kullanılmadığında kolay bir taşıma öngörülmüştür. Pedler sayesinde çarpma anında oluşacak darbe etkisi azaltılmış olup tam koruma sağlanmıştır. Kullanım anında Şekil 6.30a'da görüldüğü gibi plakanın orta bölmesinde yer alan birleştirme detayı ile kaskın kafanın formuna göre şekil alması sağlanmıştır. Böylelikle kask kullanım anında, Şekil 3.30a'daki formu alıp tam koruma

sağlarken, Şekil 6.30b’de görüldüğü gibi açılarak düz bir hal alıp kolay taşınabilir olmaktadır. Kaskın fonksiyonunu belirlemek ve bu forma ulaşmak için biyomimikri yöntemi, genel olarak ürün tasarım sürecinin sistemli olarak yürütülmesi için de kavramsal tasarım yöntemi kullanılmıştır.

6.3.2. Değerlendirme

Bu örnek çalışma, ürün tasarım sürecinde kullanılan sistemsel yöntemlerden kavramsal tasarım ve biyomimikri ile tasarlanmıştır. Buna göre tasarım süreci;

1. Kullanıcı istekleri analiz edilerek kavramsal tasarımın ilk basamağı olan ihtiyaç listesi oluşturulmuştur.
2. Bu ihtiyaç listesini karşılayan ve ürünü tanımlayan fonksiyon yapısı biyomimikri yöntemi ile desteklenmiştir.
3. Fonksiyon yapısını oluşturan alt fonksiyonlar belirlenerek morfolojik matris oluşturulmuştur.
4. Morfolojik matriste alt fonksiyonları karşılayan çözüm seçeneklerini belirlemek için biyomimikri yöntemi kullanılmıştır.
5. Belirlenen çözüm seçenekleri ile uygun çözümler oluşturulmuştur.
6. Değerlendirme yöntemleri ile optimum seçime karar verilmiştir.
7. Biyomimikri yöntemi ile optimum seçenek geliştirilmiştir.

6.4. Motosiklet Dizlik Tasarımı

Dünya nüfusunun çoğalması, nüfusun bireyselleşmesi ve konfor arayışının artması araç (otomobil, motosiklet vb.) kullanımını da arttırmıştır. Buna paralel olarak, çile haline dönüşen trafik yoğunluğundan kaçmak ve motosiklet keyfi sürmek isteyen motosiklet sürücü sayısı da artış göstermiştir. Motosiklet sayısının artması, yoğun trafiğin getirdiği risk ve motosiklet ve sürücünün kazalardan daha çok etkilenmesi ekipman kullanmayı gerekli kılmıştır. Çünkü bu tür seyahatte sürücü kazalara açık seyretmektedir. Konforlu ve keyifli bir sürüş ve kaza sonucu oluşan zararı minimuma indirmek için mont, kask, pantolon, dizlik gibi koruyucular kullanılmalıdır. Kaza anında bütün vücut zarar görebileceği gibi dizler ilk darbeyi alan yerlerdir. Motosiklet dizliği, Şekil 6.31’de görüldüğü gibi diz kapağı, kaval ve

uyluk kemiğini darbeden korur. Bu tür uzuv ve eklem tedavilerinin uzun ve acılı olması ve kayıplarının zor olması dizlik kullanmayı elzem kılar [126].



Şekil 6.31. Diz kapağı, kaval ve uyluk kemiği [127]

Bu örnek çalışma ile kaza anında dizde oluşabilecek yaralanmaları minimuma indirecek yeni bir dizlik tasarlanacaktır. Dizlik tasarım sürecinde; kavramsal tasarım, QFD, TRIZ ve biyomimikri yöntemlerinin bir tasarım problemi çözmede kullanılmalrı gösterilecektir.

6.4.1. Yöntemin Uygulanması



Şekil 6.32. Tasarım süreci

Şekil 6.32’de dizlik tasarım süreci şema olarak verilmiştir. Buna göre, ilk olarak motosiklet kullanıcılarının isteklerinin neler olduğu, dizlikten ne beklediği belirlenir ve bu istekler teknik parametrelere dönüştürülür (QFD). Sonra bu isteklerden geliştirilmesi gereken istekler belirlenerek bir ihtiyaç listesi oluşturulur (Kavramsal Tasarım). Daha sonra

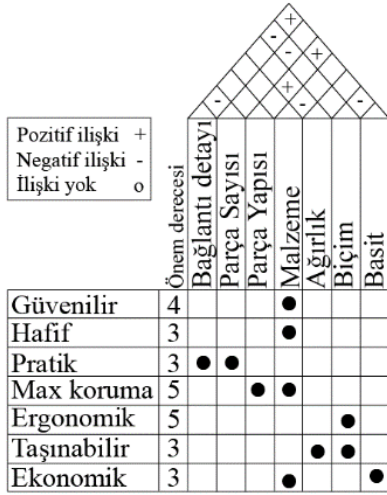
belirlenen ihtiyaçlar ve teknik parametreler arasında ilişki kurularak çelişki oluşturan parametreler belirlenir (TRIZ). Bir sonraki aşamada çelişkiler çözülerek seçenekler oluşturulur ve en iyi seçenek belirlenir (Kavramsal Tasarım). Son olarak en iyi seçenek doğa temelinde tekrar ele alınarak optimum çözüme ulaşılır ve nihai tasarıma karar verilir (Biyomimikri).

	Revit - a	Revit - b	Alpinestar	Venom	Dainese
<i>Model</i>					
<i>Bağlantı Noktası</i>	3	3	2	2	3
<i>Parça Sayısı</i>	2	3	3	2	2
<i>Malzeme</i>	Plastik	Plastik	Plastik	Plastik	Kompozit
<i>Basitlik</i>	-	+	-	+	-
<i>Ergonomi</i>	-	-	+	-	+

Şekil 6.33. Dizlik pazar araştırması

Şekil 6.33'deki tabloda piyasada en yaygın kullanılan dizlik modelleri; bağlantı noktası, parça sayısı, malzeme, basitlik ve ergonomi kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Değerlendirmeye göre, dizliklerin genelde 3 bağlantılı ve parça sayısının çok olduğu ve ergonomik olmadığı gözlemlenmiştir. Böylece de yeni bir dizlik tasarımına ihtiyaç olduğu belirlenmiştir.

Dizlik tasarımının ilk basamağı olan müşteri isteklerini belirlemek için QFD yönteminin kalite evinden yararlanılmıştır. Kalite Fonksiyon Dağılımı (QFD), tasarımcıların ve üreticilerin teknik gereksinim ve müşteri isteklerini kullanarak pazara daha iyi ürünler sunmayı amaçlayan bir yöntemdir. Dizlik tasarımı için güvenilir, hafif, pratik, ergonomik ve basitlik gibi müşteri istekleri belirlenmiştir. Şekil 6.34'deki kalite evinde istekler satırlar, bu isteklerin teknik ifadeleri ise sütunlarda yer almıştır. İstekler ve parametreler arası ilişki derecesi kavramsal tasarımda ihtiyaç listesini oluşturmak için kullanılacaktır. Yine şekle göre teknik parametreler arasında pozitif ilişki '+', negatif ilişki '-' ve alakasız 'o' olmak üzere ilişki kurulmuş ve çelişkiler belirlenmiştir. Bu aşamada belirlenen çelişkiler TRIZ'deki 39x39 çelişki matrisindeki standart mühendislik çelişkileri ile eşleştirilerek çözüm önerileri oluşturulacaktır.



Şekil 6.34. Dizlik için kalite evi

Kalite Evi ile belirlenen müşteri istekleri, kavramsal tasarıma ait ihtiyaç listesine göre tekrar düzenlenmiştir. Tasarım süreci Çizelge 6.7’de belirlenen ihtiyaçlar göz önüne alınarak devam etmelidir. Burada belirlenen ihtiyaçlar; dizlik kullanımı ve yapısının basit olması, zarar görmesi durumunda parçaların kolay temin edilmesi, kullanım süresince ve kaza anında güvenilir olması ve maksimum koruma sağlamasıdır. İstekler kesin karşılanması gereken, arzular ise mümkünse dikkate alınacak ihtiyaçları belirtmektedir. İhtiyaçlar, tasarım süresince gerekli görüldüğünde geliştirilebilir, değiştirilebilir ve detaylandırılabilir.

Çizelge 6.7. Dizlik ihtiyaç listesi

İHTİYAÇ LİSTESİ	
Sıra	İhtiyaçlar (İstek/Arzu)
1	Basit olmalı.
2	Güvenilir olmalı.
3	Pratik olmalı.
4	Standart ve kolay temin edilebilir parçalar olmalı.
5	Düşük maliyetli (A).
6	Max. koruma sağlamalı.
7	Fark edilebilir olmalı.

Bir önceki aşamada QFD yöntemi ile belirlenen teknik parametreler ve aralarındaki ilişki TRIZ yaklaşımı ile değerlendirilir. TRIZ’de çelişki çok önemlidir. Teknik çelişki, bir sistemde iyileştirilecek bir parametrenin bir başka parametreyi zayıflatması (olumsuz etkisi) ile oluşur. Dizlik tasarımına ait; bağlantı detayı, parça sayısı, biçim, basitlik gibi teknik parametreler ve bunlar arası ilişkiler Şekil 6.35’de görülmektedir. Burada; pozitif (+), negatif (-) ve alakasız (o) ilişkiler olup negatif ilişki (çelişki) oluşturan parametreler belirlenmiştir.

Şekil 6.36'ya göre ilk çözüm, 7 numara 'hareketli nesnesin hacmi' iyileşmesi istenen özellik ve 33 numara 'kullanım kolaylığı' kötüleşen özellik parametrelerinin kesişimi ile elde edilen, 15 numara 'dinamiklik', 13 numara 'tersine çevirme', 30 numara 'esnek kabukların ve ince şeritlerin kullanılması' ve 12 numara 'eşit potansiyellik' prensipleri problem çözümü için kullanılmıştır. Diğer çözüm ise; 7 numara 'hareketli nesnesin hacmi' gelişen özellik ve 36 numara 'sistemin karmaşıklığı' kötüleşen özellik parametrelerinin kesişimi ile elde edilen, 26 numaralı 'kopyalama' ve 1 numaralı 'parçalama' prensiplerinden oluşmuştur.

Çözüm Prensiplerinin Değerlendirilmesi

TRIZ çelişki matrisinden gelen 13 numaralı "tersine çevirme" prensibine göre; sürecin ya da nesnenin ters yüz edilmesi ya da sabit nesnelerin hareketli hale getirilmesi gerekmektedir. Bu çözüm, alt bacak ve üst bacağı destekleyen parçaların hareketli eş parça olarak tasarlanması ile probleme uyarlanmıştır ve parça ters yüz edilerek simetrik yapı oluşturulmuştur. Bu çözüm önerisi Şekil 6.37'de gösterilmiştir.



Şekil 6.37. Eş parçalar

TRIZ çelişki matrisinden gelen 15 numaralı "dinamiklik" prensibine göre; bir bütünün birbirine bağlı olarak hareket etme yeteneği olan alt parçalara bölünmesi, esnek olmayan nesnelerin hareket edilebilir hale getirilmesi ve bir nesnenin çalışma koşullarını sağlayacak şekilde tasarlanması gerekmektedir. Buna göre, dizliğin bacağına takılmasını sağlayan parça esnek hale getirilerek kullanılması kolaylaştırılmıştır. Çözümün uygulandığı Şekil 6.38'deki gibi olur.



Şekil 6.38. Bacak bağlantı parçası (lastikli yapı)

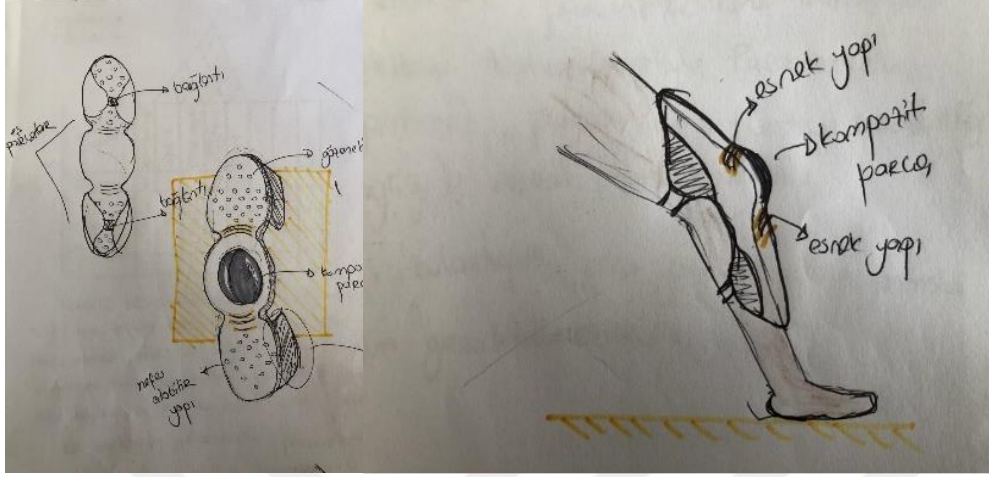
TRIZ çelişki matrisinden gelen 1 numaralı "parçalamak, bölmek" prensibine göre; nesnelerin birbirinden bağımsız parçalara ayrılması ve nesnenin kolay sökülebilmesi gerekir. Bu çözümün belirlenen probleme uygulanması ise, dizliğin hasar görmesi durumunda zararı minimuma indirmek için parçaların birbirinden ayrılması ve değiştirilmesi ile sağlanmıştır. Çözüm, Şekil 6.39'da gösterilmiştir. Buna göre dizlik; bacağı kavrayan eş iki parça, dizi koruyan kısım ve iç pedler olmak üzere 3 ana parçadan oluşmaktadır.



Şekil 6.39. Dizliğin parçaları

Bütün çözümlerin problem üzerinde uygulanması, değerlendirilmesi ve uygun çözümün oluşturulmasından sonra tasarım problemi, biyomimikri yöntemi kullanılarak çözümün doğa temelli ele alınması sağlanmıştır. Tasarlanan dizliğin tek bir kalıptan çıkarılarak kaynakların tasarruflu kullanımı ile maliyet azaltılmıştır. Aynı zamanda bu koruyucu kısımda boşluklar oluşturularak malzeme azatma sağlanmıştır. Esnek malzemenin kullanımı ve parçalar üzerindeki kanallar ile bacak bükme hareketi sağlanarak minimum adımda üretim desteklenmiştir. Diz kısmında takılıp çıkarılabilen kompozit parça ile hem koruma güçlendirilmiş hem de tekrar tekrar kullanımı sağlanmıştır.

Tasarım süreci eskiz çalışmaları ile desteklenerek çözümlerin yeni dizlik tasarımında etkili bir şekilde kullanılması sağlanmıştır (Şekil 6.40).



Şekil 6.40. Dizlik eskiz çalışması

Tüm bu tasarım sürecinin sonunda; kullanıcı isteklerine uygun, basit, ergonomik, sürdürülebilir ve kullanışlı bir ürün tasarlanmıştır. Yeni tasarlanan dizlik 3 kısıma ayrılmıştır (Şekil 6.41). İlk kısım, alt ve üst bacağı korumak için özelleşmiş hareketli iki eş parçadan oluşmaktadır. Eş parçalar ile hem tek bir kalıp kullanılarak maliyet düşürülmüş hem de ürünün zarar görmesi durumunda parçaların kolay değiştirilmesi sağlanmıştır. Aynı zamanda bu parçalar üzerinde belli alanlarda boşluklar oluşturularak ürünün hem hafif ve ergonomik hem de az malzeme kullanımı ile sürdürülebilir olması öngörülmüştür. Ayrıca bu parçaların bacağına takılmasını sağlayan bağlantı detayları basitleştirilerek esnek bir yapı ile oluşturulmuştur. Bu esnek yapı sayesinde hem her ebattaki bacağına takılması hem de bağlantı parça sayısının azaltılması amaçlanmıştır. Bağlantı parça sayısı ikiye düşürülmüş ve bu detayın tek bir hareketle birleştirilmesi ve ya ayrılması sağlanarak pratik çözüm oluşturulmuştur. İkinci kısım, kaza anında ilk zarar gören diz kapağını koruyan parçadır. Bu parça diz kapağının formuna göre tasarlanarak tam koruma sağlanmıştır. Diz kapağını koruyan kısmın üst katmanı, sürekli bir etkiye maruz kalmasından dolayı uzun vadede kullanılacak bir malzeme olan kompozit malzeme ile desteklenmiştir. Deforme olduğu zaman kompozit parçanın değişimi mümkündür. Son kısım ise diğer iki kısmın iç yüzeylerini kaplayan pedlerden oluşmaktadır. Bu pedler dizliğin ana yapısını oluşturan plastik esaslı kısımların direk bacağına temasını engelleyerek terlemeyi önlemektedir. Ayrıca

süngerimsi yapısı sayesinde her bacak ve diz kapağının formunu alarak konforlu bir sürüş deneyimi yaşatır. Şekil 6.42’de dizliğin farklı açılardan görünüşleri verilmiştir.



Şekil 6.41. Dizlik ve yapısı



Şekil 6.42. Dizliğin farklı görünüşleri

6.4.2. Değerlendirme

Kavramsal Tasarım, QFD, TRIZ ve Biyomimikri yöntemlerinin her biri ürün tasarımında sıkça kullanılır. Bu yöntemlerin sistematik olarak birleştirilmesi ile yeni bir yöntem

geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yöntem 5 basamaktan oluşmakta olup, aşağıda kısaca ifade edilmiştir:

1. QFD ile müşteri odaklı bir süreç takip edilmiş olup, istekler doğru bir şekilde analiz edilmiştir. Bu istekler teknik parametrelere dönüştürülmüş ve parametrelerin arasında ilişki kurulmuştur.
2. Daha sonra, geliştirilmesi gereken istekler, kavramsal tasarımın ilk basamağındaki ihtiyaç listesini oluşturmak için tekrar düzenlenmiştir.
3. Teknik parametreler arasında ilişki kurularak TRIZ için gerekli çelişkiler belirlenmiştir. Bu çelişkiler yardımı ile iyileşmesi istenilen özellikler sütunda, kötüleşen özellikler satırda olacak şekilde 39x39 çelişki matrisi düzenlenmiş ve bu matrisin kesişim bölgesindeki çözüm önerileri (40 buluş prensibi kapsamlı) belirlenmiştir.
4. Kavramsal tasarım ile oluşturulan çözüm önerilerinden en iyi çözüm belirlenmiştir.
5. Son olarak Biyomimikri yöntemine göre, form ve işlevi, malzeme seçimi ve ürünün ömrü dolduktan sonraki süreci tekrar ele alınarak optimum çözüme ulaşılmıştır.

6.5. Yeni İşlem Modeli Uygulama Örneği, Drone Tasarımı

Bölüm 5’de karma tasarım işlem modelinin uygulanma şekli ve içeriği (dayandığı diğer teknikler ile birlikte) teorik olarak ifade edilmiştir. Bu bölümde ise bu yeni tasarım işlem modelinin kullanılması basit bir örnek üzerinde gösterilecektir. Önerilen yöntemin aşama aşama nasıl kullanıldığı örnek ile pekiştirilecektir. Amaç bu yöntemin bir tasarımda en etkili şekilde kullanılarak tasarım sürecine bariz katkısını göstermektir.

Uygulama örneği olarak drone seçilmiştir. Dronelar, insansız hava aracı olarak da bilinen uzaktan kumanda edilebilen uçaklardır. Özellikle son zamanlarda etrafta çokça görülen drone; taşımacılıktan reklamcılığa, savunma sanayiinden eğlence sektörüne pek çok alanda kullanılmaktadır. Günümüzde popülerliği artsa da droneların geçmişi 20. yüzyılda savunma sanayiinde gözlem aracı olarak kullanımına kadar uzanmaktadır. Zamanla askeri konular dışında bireysel ve ticari amaçlı kullanımları da artmıştır. Dronelar özel uçuş teknikleri sayesinde uzaktan kumanda ile kontrol edilen ve belirli bir amaç için özelleşen karmaşık ve çok donanımlı teknolojik ürünlerdir. Kullanım şekline göre farklı donanımlara sahip olsa da temelde gövde, kontrol birimi, motor, pervane, batarya, alıcı ve kumandadan oluşmaktadır. Dronelar, genel olarak frekans ve kanallar aracılığı ile kablosuz olarak yönetilmektedir.

Gelecekte birçok farklı amaç için dronelar kullanılacak olsa da bu örnek kapsamında arama-kurtarma için özelleşmiş bir drone tasarlanacaktır. Ulaşılması zor bölgelerde arama - kurtarma çalışmalarına destek olacak bu drone yüksek çözünürlüklü kamera kayıt özelliği, hareketi algılayan sistem ve form ile tekrar ele alınmıştır. Tasarım sürecinde kullanılacak karma tasarım işlem modeli ile önce QFD ile kullanıcı istekleri ve mevcut ürün analizleri yapılacak olup sonra TRIZ ile yaratıcı problemler belirlenecektir. Daha sonra biyolojiden esinlenen tasarım yaklaşımı ile yaratıcı çözümler geliştirilecek ve sürdürülebilirlik ilkeleri ile değerlendirilerek nihai konsept tasarıma karar verilecektir.

6.5.1. Yöntemin uygulanması



Şekil 6.43. Tasarım süreci

QFD yaklaşımının temeli olan müşteri (kullanıcı) istekleri, pazar araştırması ve mevcut ürünlerin analizi ile bir ihtiyaç listesi belirlenir. Böylelikle kullanıcı öncülüğünde kullanıcı merkezli bir ürün tasarlanması sağlanır.

İlk olarak pazar araştırması yapılarak piyasada mevcut drone konseptleri incelenmiş ve veriler toplanmıştır (Şekil 6.44). Konsept ürünlerin ortak özellikleri arama - kurtarma koşullarına uygun, menzilleri uzun, duruma göre özelleşen ve coğrafyayı analiz edebilen ürünler olduğu görülmüştür. Bu ürünler ve kullanıcılar referans alınarak yeni tasarlanacak konsept ürünün ihtiyaçları ve sınırları belirlenmiştir.



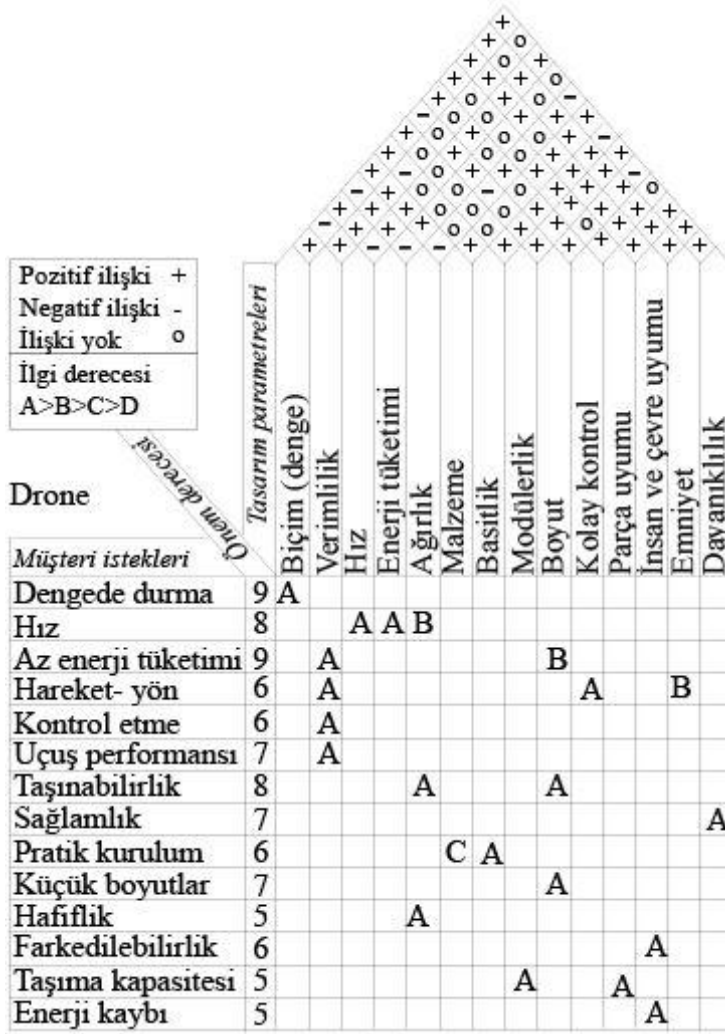
Şekil 6.44. Konsept uygulama örnekleri

Arama - kurtarma amacı ile özelleşmiş drone için belirlenen ihtiyaç listesi Çizelge 6. 8’de verilmiştir. Listede görülen ihtiyaçlar kesin olması gerekenler ihtiyaçlar ve arzulardan oluşmaktadır. Bu listeye göre; uzun uçuş süresi, hava koşullarına uyum sağlaması, fark edilebilir ve stabil olması gibi ihtiyaçlar belirlenmiştir.

Çizelge 6.8. Drone tasarımına ait ihtiyaç listesi şartnamesi

İHTİYAÇ LİSTESİ	
Sıra	İstekler/ Arzular
1	Dikine kalkış yapmalı.
2	Uzun uçuş süresi.
3	İHA-1 standardına uygun olmalı.
4	Küçük boyutlarda olmalı.
5	Kolay taşınabilir olmalı.
6	Portatif olmalı (A).
7	Montaj gerektirmemeli (A).
8	Uzaktan kolay kontrol edilmeli.
9	Pratik kullanılmalı.
10	Dayanıklı olmalı.
11	Hava koşullarına uygun olmalı.
12	Fark edilebilir olmalı.
13	İşaretleyicileri bulunmalı.
14	Kullanıcı ile iletişime geçmeli, yönlendirilmeli.
15	Özelleştirilebilir olmalı.
16	Stabil olmalı.

Drone için belirlenen müşteri istekleri düzenlendikten sonra ihtiyaçlar ve bunlara ait tasarım (mühendislik) parametreleri ile QFD kalite evi oluşturulmuştur. Şekil 6.45’de verilen kalite evinde; ihtiyaçlar, ihtiyaçların önem dereceleri, tasarım parametreleri, ihtiyaçlar ve parametreler arasındaki ilgi dereceleri ve parametreler arasındaki ilişkilere yer verilmiştir.



Şekil 6.45. Drone kalite evi

Drone kalite evine göre:

- 1) İhtiyaçlara 0 - 1 arasında değer verilerek (1 önemli) ihtiyaçların önem dereceleri belirlenmiştir. Denge, hız, performans ve enerji önemli parametreler olarak belirlenmiştir.
- 2) İhtiyaçlar; biçim, verimlilik, uyum, basitlik, malzeme seçimi, enerji tüketimi, hız, boyut, ağırlık, modülerlik gibi mümkün olduğu kadar fazla ve önemli tasarım parametrelerine dönüştürülmüştür.

3) İhtiyaçlar ve tasarım parametreleri arasındaki ilişki derecesi A fazla - D az olacak şekilde derecelendirilmiş ve hız- enerji, boyut-ağırlık, hız- verimlilik çözümü daha fazla etkileyecek tasarım parametreleri belirlenmiştir.

4) Tasarım parametreleri aralarında değerlendirilerek pozitif - negatif ilişki var veya ilişki yok olarak belirlenmiştir.

Kalite evinde belirlenen tasarım parametreleri arasındaki ilişki; yaratıcı problemlerin oluşturulması için TRIZ yaklaşımının girdileri olarak düzenlenir. TRIZ'in temelini oluşturan çelişkileri belirlemek için korelasyon matrisinde negatif ilişki oluşturan tasarım parametreleri kullanılır. Böylelikle çözümü direk etkileyecek problemler belirlenerek tasarım süreci kısaltılır. Şekil 6.45'deki kalite evine göre oluşturulan tasarım parametreleri arasındaki TRIZ çelişkileri ve çelişki matrisi ile belirlenen TRIZ çözümleri Çizelge 6.9'da verilmiştir.

Çizelge 6.9. Drone için belirlenen çelişki parametreleri ve çözümleri

Tasarım parametreleri	İlişki	TRIZ çelişkisi	TRIZ çözümü
1 Hız - Enerji	↑ - ↓	9 - 19	8, 15, 35, 38
2 Denge - Hız	↑ - ↓	13 - 9	33, 15, 28, 18
3 Dayanıklılık - Hız	↑ - ↓	14 - 1	1, 8, 40, 15
4 Enerji - Ağırlık	↑ - ↓	19 - 1	12, 18, 2, 8, 31
5 Denge - Boyut	↑ - ↓	13 - 12	22, 1, 18, 4
6 Basitlik - Dayanıklılık	↑ - ↓	33 - 14	32, 40, 3, 28

Tasarım parametreleri ile oluşturulan altı çelişkiden yirmi beş çözüm elde edilmiştir. Bu çözümler tasarım problemini karşılama durumuna göre elenerek on iki parametre ile şu yaratıcı problemler oluşturulmuştur: (8) Ağırlık azaltma, dengeleme, (15) Dinamiklik, (35) Parametre değişikliği, (28) Mekanik sistemin yerine koyma, (18) Mekanik titreşim, (1) Bölümlenme, (40) Kompozit malzeme, (2) Çıkarma, (31) Gözenekli materyal, (22) Zararı faydaya çevirme, (4) Simetri ve (3) Lokal kalite.

TRIZ çelişki matrisi ile belirlenen tasarım prensiplerinden çözümü etkileyen prensipler seçilerek alt fonksiyonları belirlemek üzere taksonomi aracılığı ile biyolojik fonksiyonlarla eşleştirilir. Bunun için; prensiplerin fonksiyon tanımı yapıldıktan sonra bu tanımı karşılayan grup belirlenir. Arkasından fonksiyonu nasıl yaptığını belirleyen alt grup tesbit edilerek özelleşmiş fonksiyon belirlenir. Böylece doğadan (ve doğa ile uyumlu) çözümler elde

edilmesi amaçlanmıştır. Drone için oluşturulan biyomimikri taksonomisi eşleştirme çizelgesi aşağıda verilmiştir (Çizelge 6.10).

Çizelge 6.10. Drone fonksiyon- biyomimikri taksonomi eşleştirme

Prencip	Fonksiyon tanımı	Grup	Alt Grup	Fonksiyon
8- Ağırlık dengeleme	Aerodinamiklik	Make	Physically assemble	Structure
15- Dinamiklik	Birbirine bağlı hareket	Maintain community	Coordinate	Activities
35- Parametre değişikliği	Esneklik	Move or stay	Move	In gases
28- Mekanik sistemin yerine koyma	Uyarıcıları titreşim, ses, ışık ile sağlama	Process information	Send signals	Light Sound Vibratory
1- Bölümleme	Form ile oynama	Modify	Modify physical state	Size, shape, volume,
40- Kompozit malzeme	Hafifletme, dayanıklı hale getirme	Modify	Adapt/ optimize	Optimize space/materials
2- Çıkarma	Form iyileştirme, ağırlık azaltma	Modify	Adapt/ optimize	Optimize space/materials
31- Gözenekli materyal	Hafifletme	Modify	Adapt/ optimize	Optimize space/materials
22- Zararı faydaya çevirme	Enerji kaybını azaltma	Get, store resources	Store	Energy
4- Simetri	Dengede tutma	Make	Physically assemble	Structure
3- Lokal kalite	İşlevsel parçalar	Maintain community	Coordinate	Systems

Çizelge 6.10'a göre biyomimikri taksonomisi ile belirlenen fonksiyon tanımları; yapı, sistem, malzeme azaltma, enerji korunumu, şekil - biçim, sinyal ve koordine etmektir. Bu fonksiyonlar AskNature veri tabanına girilerek uygun çözümler belirlenmiştir. Belirlenen sekiz fonksiyon için veri tabanının önerdiği elliye aşkın strateji - çözüm seçeneği incelenmiş ve konsept drone tasarımında kullanılacak çözümler seçilmiştir. Bu çözümler ve drone tasarımına uyarlanması aşağıdaki gibidir.

Tripod (uçayak) mantığı ile hareket anında ve sonrasında denge durumu kolaylıkla sağlanabilmektedir [127]. Ekstra ayakları böceklerin hareketine yardımcı olmaz. Böcekler gerektiğinde sadece uçayak ile hızlı ve dengeli hareket edebilmektedir [128]. Bu nedenle, tasarımın boyutlarını küçültmek için minimum denge koşulunu sağlayan üç destek noktası ve üç pervane kullanılması öngörülmüştür.

Yine enerjiyi korumak, hız kazandırmak ve drone hacmini küçültmek için katlanabilen pervane kolları tasarlanmıştır. Bunun için güvercinlerin morfolojik yapıları kullanılmıştır.



Şekil 6.46. Güvercinlerin boşluklardan geçişi [129]

Şekil 6.46'da güvercinler ve ebabil kuşlarının, farklı boyutlardaki boşluklardan geçmek için kanatlarının farklı morfolojilerini seçtikleri gösterilmiştir: Nispeten büyük boşluklarda kanatlarını yukarı doğru katlarken, daha dar boşluklar için kanatlarını vücutlarına yakın ve daha sıkı katlarlar [129-131]. Benzer şekilde, bir drone da dar alanlarda katlanabilir olabilmektedir [132]. Bu biyolojik olay, yeni tasarlanan konsept drone tasarımında pervanelerin sensörler yardımı ile pozisyonunu değiştirmesi olarak uyarlanmıştır. Yani, drone arama kurtarma süresince daha dar boşluklara girmesi gerektiğinde pervanelerin bulunduğu kollar toplanarak hem rahat bir geçiş sağlanır hem de bu küçülmeden dolayı kazanılan hız sayesinde ekstra enerji harcanması engellenir.

Dronenin depolama anında hacmini küçültmek için whirlygig böceğinin yapısı ve morfolojisi tasarımı geliştirmek için kullanılmıştır.



Şekil. 6. 47. Whirligig böceği [133]

Whirligig böceği ön ayaklarını vücudunun altına katlayarak su direncini en aza indiren elipsoid vücut şeklini alır [133]. Böylece hızını da korumaktadır. Bu yapı drone tasarımına pervane kollarının katlanması olarak uyarlanmış ve böylece hem uçuş anında hız kazanarak enerji korunmuş hem de depolama anında pervaneleri katlayarak hacminin küçültülmesi ve saklanması sağlanmıştır.

AskNature veri tabanında bulunan çözümlerden yola çıkılarak konsept drone tasarım temel özellikleri, hacmi küçültmek ve denge sağlamak için üç pervaneli yapı seçilmesi, bu pervanelerin az enerji harcaması ve dar boşluklardan geçmesi için hareketli bir yapı olması ve ayrıca da depolama anında katlanarak az hacim kaplaması olarak belirlenmiştir.

Daha sonra bu çözümlerin sürdürülebilir tasarım kriterlerini karşılaması için ek olarak koruyucu kısmında gözekli bir yapı tercih edilerek hem az malzeme kullanılması hem de ağırlık azaltılması ile sağlanmıştır.

6.5.2. Değerlendirme

Arama - kurtarma için belirlenen konsept drone tasarımı; kullanıcı istekleri doğrultusunda şekillendirilmeye başlanmıştır. Daha sonra bu istekler TRIZ yaklaşımı ile mühendislik parametrelerine çevrilerek prensipler ile yaratıcı problemler oluşturulmuştur. Bu problemler biyomimikri taksonomisi ile eşleştirilerek AskNature veritabanından stratejiler taranmıştır. Bu stratejiler arasından uygun çözümler değerlendirme ölçütleri ve beklenen kriterlere göre seçilerek uygun çözümler belirlenmiştir. Bütün bu aşamaların sonucunda; dar boşluklardan bile rahatça geçebilen, formu sayesinde havada kalma süresi artan ve depolama anında küçük boyutları ile kolaylık sağlayan bir konsept arama kurtarma drone tasarımı yapılmıştır.

6.6. Sonuç ve Değerlendirme

Altıncı bölümde altı örnek uygulama ile mevcut yaklaşımların ve yeni önerilen tasarım işlem modelinin uygulanabilirliği gösterilmiştir.

Çizelge 6.11. Örnek uygulama - yaklaşım - aşama çizelgesi

<i>Örnek Uygulama</i>	<i>Yaklaşım</i>	<i>Aşama</i>
Bebek İzleme Cihazı	KT	KT - konsept çözüm
Tırnak Makası	KT- TRIZ	KT - Yönlendirme/ Değerlendirme, TRIZ- Yaratıcı çözüm
Bisiklet Kaskı	KT- BIP	KT - Yönlendirme, TRIZ - Yaratıcı çözüm
Motosiklet Dizliği	KT- QFD - TRIZ- BIP	KT - Yönlendirme, QFD - müşteri istekleri, TRIZ - yaratıcı çözüm, BIP - sürdürülebilirlik
Drone	KT- QFD - TRIZ - BIP	KT - Yönlendirme / Değerlendirme, QFD - müşteri istekleri, TRIZ - yaratıcı problem, BIP- yaratıcı çözüm, sürdürülebilirlik

Çizelge 6.11’de örnek uygulamalar ve kullanılan tasarım yaklaşımları verilmiştir. Örnek uygulamalar ile yeni bir ürün tasarım süreci aşamalarının farklılık gösterdiği görülmektedir. Bu yaklaşımların birlikte kullanıldığında bir süreci iyileştirdiği literatür çalışmaları sonucunda desteklendiği üçüncü ve dördüncü bölümde ifade edilmişti. Bu bölümde ise örnek çalışmalar ile kavramsal tasarım yaklaşımı kapsamında süreci kontrollü ve geri beslemeli olarak yürüttüğü, TRIZ’in yaratıcı çözümler sunduğu, QFD yaklaşımının müşteri istekleri ve üretici sınırlarını iyi analiz ederek ürünü şekillendirdiği, BIP ile doğa temelli çözümler üretildiği ve bu yaklaşımların birlikte kullanıldığında iyi bir konsept tasarım çözümü elde edilebileceği uygulamalı olarak da görülmüştür.

7. SONUÇ

Tasarım ve tasarım yöntemi kavramlarının irdelenmesi ve literatürle desteklenmesi, mevcut yaklaşımların incelenmesi, güncel hibrit çalışmaların analizi sonucu doğa-kullanıcı-üretici içerikli yaratıcı çözümler sunacak yeni bir karma tasarım işlem modeli oluşturulmuştur. Bu model örnekler üzerinde uygulanarak hem iyi tasarım kriterlerini destekleyen çözümler sunduğu hem de sürecin işleyişi somut olarak gösterilmiştir. Yeni geliştirilen tasarım işlem modeli sekiz basamaktan oluşmaktadır ve şu yöntemlerin verileri ile desteklenmiştir;

1. QFD-Problem belirleme ve ihtiyaç listesi oluşturmada çok önemlidir. Müşteriden alınan veriler tasarım sürecinde baştan sona kadar kullanılır. Kalite evi aracılığı ile veriler oluşturulur.
2. TRIZ-Yaratıcı problem belirleme ve inovatif çözüm bulma sürecini destekler. Bu süreçte çelişki matrisi ve 40 buluş prensibi kullanılmaktadır.
3. BID-Biyolojiden esinlenen tasarım, biyomimikri taksonomisi ve Ask Nature aracılığı ile yaratıcı problem belirleme ve doğa temelli çözümler bulmada kullanılır.
4. KT- Kavramsal tasarım, süreçte yol gösterici olup çözümlerin değerlendirilmesi ve seçilmesinde sistematik bir yol çizer.

Bu tez kapsamında önerilen karma tasarım işlem modeli şu amaçları yerine getirmektedir;

1. Müşteri ve pazarın sesi olarak kullanıcı odaklı tasarımın ve kalitenin önemini vurgular.
2. Patent çıktısı parametreler ile inovatif çözüm önerilerinin kısa zamanda problemi çözmesi tasarım sürecini hızlandırır.
3. Biyoloji ve doğadan esinlenen sistemler kullanılarak yaratıcı çözümler oluşturulur ve doğaya uygun sürdürülebilir nitelikte ürün ya da sistem tasarlanır.
4. Sistematik yaklaşımlar süreci kontrollü tutarak geri beslemeyi kolaylaştırır.

Yeni tasarım işlem modelinin bu amaçları desteklediği ve örnek çalışmalarda başarı ile uygulandığı gözlenmiştir. Ancak bu modeli yaygınlaştırmak ve sürece etki eden yaklaşım verilerini zenginleştirmek yeni ve izleyen çalışmalarla desteklenirse ürün/sistem tasarımının doğa-kullanıcı-üretici-kalite nezdinde daha etkili olabileceği düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

1. Cussler, E. L. and Moggridge, G. D. (2001). *Chemical product design*. Cambridge: Cambridge University Press.
2. Tomiyama T., Gu, P., Jin, Y., Lutters, D., Kind, C. and Kimura F. (2009). Design methodologies: Industrial and educational applications. *CIRP Annals Manufacturing Technology*, 58(2), 543–565.
3. Yıldırım, U. M., Yılmaz, N. ve Aksoy, D. (2015). *Yaratıcı problem çözme teorisi (TRIZ) rapor*. İstanbul Teknik üniversitesi- Sabancı Üniversitesi, İstanbul.
4. İnternet: Industrial Designers Society of Amerika (IDSA). URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.idsa.org%2F&date=2019-04-15>, Son Erişim Tarihi: 15.04.2019.
5. İnternet: National Association of Schools of Design. Tasarım el kitabı. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fnasad.arts-accredit.org%2Faccréditation%2Fstandards-guidelines%2Fhandbook%2F&date=2019-04-15>, Son Erişim Tarihi: 15.04.2019.
6. Rams, D. (1983). Industrial design in a time of change. *Materials and Design*, 4(5), 706-710.
7. Asatekin, M. (1997). *Endüstri tasarımında ürün-kullanıcı ilişkileri*. Ankara: ODTÜ Mimarlık Fakültesi Yayınları.
8. Tütüncü, D. (2011). *Mobilya tasarımında kullanıcı algısı açısından temel kriterlerin önceliklerinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
9. Ulrich, K. T. (2011). Design is everything?. *Journal of Product Innovation Management*, 28(3), 394–398.
10. İnternet: URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.vitsoe.com%2Fus%2Fabout%2Fgood-design&date=2019-04-14>, Son Erişim Tarihi: 14.04.2019.
11. Unger, D. and Eppinger, S. D. (2010). Improving product development process design: a method for managing information flows, risks, and iterations. *Journal of Engineering Design*, 22(10), 689-699.
12. Ulrich, K. T. and Eppinger, S. D. (2008). *Product design and development*. (4th Edt.). Boston: McGraw-Hill.
13. Korhonen, J. M. (2009). *A practical decision framework for outsourcing product development*. Master Thesis, Helsinki University Of Technology, Helsinki.
14. Leenders, R. Th. A. J., van Engelen, J. M. L. and Kratzer, J. (2007). Systematic design methods and the creative performance of new product teams: do they contradict or complement each other?. *Journal of Product Innovation Management*, 24(2), 166–179.

15. Hernández, R. J., Cooper, R., Tether, B. and Murphy, E. (2018). Design, the language of innovation: a review of the design studies literature. *The Journal of Design, Economics, and Innovation*, 4(3), 249-274.
16. He, B., Xiao, J. and Deng, Z. (2018). Product design evaluation for product environmental footprint. *Journal of Cleaner Production*, 172, 3066-3080.
17. Boddy, C. R. (2012). The nominal group technique: an aid to brainstorming ideas in research. *Qualitative Market Research*, 15(1), 6-18.
18. Pakdil, F., Kurtulmusoglu, B. and Genç, H. (2012). A quality function deployment application using qualitative and quantitative analysis in after sales services. *Total Quality Management and Business Excellence*, 23(11), 1-15.
19. Chung, C.C. (2013). Effect of using TRIZ creative learning to build a pneumatic propeller ship while applying STEM knowledge. *International Journal of Engineering Education*, 29(1), 365-379.
20. Özmehmet, E. (2008). Dünyada ve Türkiye’de sürdürülebilir kalkınma yaklaşımları. *Journal of Yaşar Üniversitesi*, 3(12), 1853-1876.
21. İnternet: URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Ftr.wikipedia.org%2Fwiki%2FS%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilirlik&date=2019-04-14>, Son Erişim Tarihi: 14.04.2019.
22. İnternet: Gilman, R. (1992). Sustainability by Robert Gilman from the 1992 UIA/AIA call for sustainable community solutions. 16 Mart 2003, URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.context.org.+&date=2019-04-14>, Son Erişim Tarihi: 14.04.2019.
23. Ruckelshaus, W. D. (1989). Toward a sustainable world. *Scientific American*, 261(3), 66-175.
24. İnternet: Ortak Geleceğimiz- Brunthland Raporu, Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu.
<http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fsustainabledevelopment.un.org%2Fmilestones%2Fwced&date=2019-04-15>, Son Erişim Tarihi: 15.04.2019.
25. İnternet: United Nations (1992). Rio Declaration, URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.wbcsd.org%2F&date=2019-04-14>, Son Erişim Tarihi: 14.04.2019.
26. İnternet: European Commission, 2013, URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fec.europa.eu%2F+&date=2019-04-14>, Son Erişim Tarihi: 14.04.2019.
27. Hassan, M. F., Saman, M. Z. M., Sharif, S. and Omar, B. (2011). *Methodology for sustainable product design: a review and direction of research*. Conference Paper. Malezya.

28. Levsen, N. (2014). Lead markets in age-based innovations. Technische Universität, Harburg.
29. Akao, Y. (Ed.), (1990). *Quality Function Deployment, Integrating Customer Requirements into Product Design*. Cambridge, MA.: Productivity Press.
30. Sullivan, L. P. (1986). Quality function deployment, *Quality Progress*, 39-50.
31. Eureka, W. E. and Ryan, N. (1988). *The customer driven company: manager in all Perspectives on QFD*. Michigan: ASI Press.
32. Hauser, J. R. and Clausing, D. (1988). The house of quality. *Harvard Business Review*, (5-6), 63-73.
33. Ullman, D. G. (1992). *The mechanical design process*. New York: McGraw-Hill.
34. Slack, N. (2001). *Operation management*. (3rd Edt). Essex: Pearson Education Limited.
35. Compton, W. D. (1999). *Mühendislik ve teknoloji yönetimi*. (1.Baskı). (Çev: Okudan, G. E.). İstanbul: Beta Yayınları.
36. Cohen, L. (1995). *Quality function deployment: how to make QFD work for you*. Boston: Addison Wesley.
37. Yıldız, M. S. ve Baran, Z. (2011). Kalite fonksiyon göçerimi ve homojenize yoğurt üretiminde uygulaması. *Ege Akademik Bakış*, 11(1), 59 -72.
38. Kathiravana, N., Devadasanb, S. R., Bijumon, M. T. and Goyald, S. K. (2008). Total quality function deployment in a rubber processing company: A sample application study. *Production Planning and Control*, 19(1), 53-66.
39. Chan, L.K. and Wu, M.L. (2002). Quality function deployment: a literature review. *European Journal of Operational Research*, (143), 463-497.
40. Altshuller, G. (2000). *The innovation algorithm: TRIZ, systematic innovation and technical creativity*. Worcester: Technical Innovation Center.
41. Chechurin, L. (2015). TRIZ in science. *Reviewing Indexed Publications*, TRIZ FUTURE 2015.
42. Mann, D. (2001). An introduction to TRIZ: the theory of inventive problem solving. *Creativity and Innovation Management*, 10(2), 123-125.
43. İnternet: Souchkov, V. (2011). Annotated list of key TRIZ components and techniques. *ICG Training and Consulting*, URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.xtriz.com&date=2019-04-14>, Son Erişim Tarihi: 14.04.2019.
44. Ekmekci, I. and Koksall, M. (2015). Triz methodology and an application example for product development. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195, 2689-2698.

45. İnternet: URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fmedium.com%2F%40metinokaya%2Ftriz-40-bulu%25C5%259F-prensibi-48ed2f254218&date=2019-04-14>,
 Son Erişim Tarihi: 14.04.2019.
46. İnternet: URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fhttps%3A%2F%2Fmedium.com%2F%40metinokaya%2Ftriz-39x39-%25C3%25A7eli%25C5%259Fki-matrasi-t%25C3%25BCrk%25C3%25A7e-c1a6e944b945&date=2019-04-14>,
 Son Erişim Tarihi: 14.04.2019.
47. Ilevbare, I. M., Probert, D. and Phaal, R. (2013). A review of TRIZ, and its benefits and challenges in practice. *Technovation*, 33(2-3), 30-37.
48. Changqing, G., Kezheng, H. and Fei, M. (2005). Comparison of innovation methodologies and TRIZ. *The TRIZ Journal*, 9), September Issue.
49. Rantanen, K. and Domb, E. (2002). *Simplified TRIZ: new problem-solving applications for engineers and manufacturing professionals*. Florida: St Lucie Press.
50. Pahl, G. and Beitz, W. (1996). *Engineering design*. (2nd Edt). London: Springer.
51. Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J. and Grote, K. H. (2007). *Engineering design – a systematic approach*. (3rd Edt). London: Springer Verlag.
52. Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, G. and Grote, K. H. (2010). *Mühendislik tasarımı: sistematik yaklaşım*. (Çev: Börklü, H. R.). Ankara: Hatiboğlu Yayınları.
53. Azeloğlu, C. O. (2017). Sistematik konstrüksiyon ders notları.
54. Kurtoglu, T., Tumer, I. and Jensen, D. (2010). A functional failure reasoning methodology for evaluation of conceptual system architectures. *Research in Engineering Design*, 21(4), 209–234.
55. Pugh, S. (1991). *Total design: integrated methods for successful product engineering*. USA: Addison-Wesley Pub. Co.
56. Tan, R., Ma, J., Liu, F. and Wei, Z. (2009). UXDs-driven conceptual design process model for contradiction solving using CAIs. *Computers and Industrial Engineering*, 60(8), 584-591.
57. Chong, Y., Chen, C. H. and Leong, K. (2009). A heuristic-based approach to conceptual design. *Research in Engineering Design*, 20(2), 97-116.
58. Li, W., Li, Y., Wang, J. and Liu, X. (2010). The process model to aid innovation of products conceptual design. *Expert Systems with Applications*, 37(5), 3574-3587.
59. He, B. and Feng, P. (2012). Research on collaborative conceptual design based on distributed knowledge resource. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 66(5–8), 645–662.

60. Mayda, M. and Börklü, H. R. (2014). An integration of TRIZ and the systematic approach of Pahl and Beitz for innovative conceptual design process. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, (36), 859-870.
61. Weissa, M. and Harib, A. (2015). Extension of the Pahl & Beitz systematic method for conceptual design of a new product. *Procedia CIRP*, (36), 254-260.
62. Kutay, G. (2009). Konstrüksiyon sistematigi. <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.guven-kutay.ch&date=2019-04-14>, Son Erişim Tarihi: 14.04.2019.
63. Börklü, H. R., Helvacılar, E. ve Özdemir, V. (2017). Conceptual design of a new buoy. *Journal of Science Part A: Engineering and Innovation*. 4(4), 125-143.
64. Ehrenfeld, J. (2008). *Sustainability by design: a subversive strategy for transforming our consumer culture*. New Haven: Yale University Press.
65. Manzini, E. (2009). New design knowledge. *Design Studies*, (30), 4-12.
66. Margolin, V. (1998). Design for a sustainable world. *Design Issues*, (14), 83-92.
67. Papanek, V. (1971). *Design for the real world: human ecology and social change*. New York: Pantheon Books.
68. Rahimifard, S. and Clegg, A. J. (2008). The role of the engineering community in sustainable development. *International Journal of Sustainable Engineering*.
69. Gebeshuber, I. C., Gruber, P. and Drack, M. (2009). A gaze into the crystal ball: Biomimetics in the year 2059. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers – Part C. *Journal of Mechanical Engineering Science*, 223(12), 2899-2918.
70. Helms, M., Vattam, S., Goel, A., Yen, J. and Weissburg, M. (2008). Problem-driven and solution-based design: Twin processes of biologically inspired design. In ACADIA 2008, Silicon + Skin: Biological Processes and Computation.
71. Helms, M., Vattam, S. S. and Goel, A. K. (2009). Biologically inspired design: process and products. *Design Studies*, (30), 606-622.
72. İnternet: URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.otto-schmitt.org%2FOttoPagesFinalForm%2FBiomimeticsDefinition.html+&date=2019-04-14>, Son Erişim Tarihi: 14.04.2019.
73. Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry, innovation inspired by nature*. USA: William Morrow.
74. Shu, L.H., Ueda, K., Chiu, I. and Cheong, H. (2011). Biologically inspired design. *CIRP Annals Manufacturing Technology*, (60), 673-693.
75. İnternet: URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2FBiomimicryinstitute&date=2019-05-13>, Son Erişim Tarihi: 13.05.2019.

76. Fu, K., Moreno, D., Yang, M. and Wood, K. L. (2014). Bio-inspired design: an Overview investigating open questions from the broader field of design-by-analogy, *Journal of Mechanical Design*, 136(11),111102.
77. Deldin, J. M. and Schuknecht, M. (2014). *The ask nature database: enabling solutions in biomimetic design, in biologically inspired design*. London: Springer.
78. İnternet: Ask Nature, the Biomimicry Design Portal, available from URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Ffrom+http%3A%2F%2Fwww.asknature.org&date=2019-04-14>, Son Erişitm Tarihi: 14.04.2019.
79. Vincent, J. F. V., Bogatyreva, O. A., Bogatyrev, N. R., Bowyer, A. and Pahl, A. K. (2006). Biomimetics: its practice and theory. *Journal of the Royal Society*, 3(9), 471–482.
80. İnternet: BioTRIZ matrisi, URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fbiotriz.com%2F&date=2019-04-14>, Son Erişitm Tarihi: 14.04.2019.
81. Chiu, I. and Shu, L. H. (2005). *Bridging cross-domain terminology for biomimetic design. Proc. ASME 2005 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*, Paper No. DETC2005/DTM-84908, California, 24–28.
82. Shu, L. H. (2010). A natural-language approach to biomimetic design. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 24(4), 507-519.
83. Nagel, J. K. S., Nagel, B. I., Stone, R. B. and McAdams, D. A. (2010). Function-based, biologically inspired concept generation. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 24(4), 521-535.
84. Vattam, S., Wiltgen, B., Helms, M., Goel, A. and Yen, J. (2010). *DANE: Fostering creativity in and through biologically inspired design*. First International Conference on Design Creativity, Kobe, Japan.
85. Chakrabarti, A., Sarkar, P., Leelavathamma, B. and Nataraju, B. S. (2005). A functional representation for aiding biomimetic and artificial inspiration of new ideas. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 19(2), 113-132.
86. Baumeister, D. (2014). *Biomimicry resource handbook - a seedbank of best practice*. USA: Createspace Independent Publishing Platform.
87. Tempelman, E., van der Grinten, B., Mul, E.J. and de Pauw, I. (2015). *Nature inspired design – a practical guide to positive impact products*. (1st Edt.). Netherlands: TU Delft.
88. McLoughlin, I. (1999). *Creative technological change, the shaping of technology and organizations, the management of technology and innovation*. New York: Routledge.
89. Chesbrough, H. (2003). *Open innovation, the new imperative for creating and profiting from technology*. USA: Harvard Business School Publishing Corporation.

90. Wehrspann, P., Hallgrimsson, B., Dawson, J. and Cross, N. (2006). *Designerly ways of knowing*. London: Springer.
91. [2] Ulrich, K. T. (2011). Design is everything?. *Journal of Product Innovation Management*, 28(3), 394–398.
92. Kamps, T., Gralowa, M., Schlicka, G. and Reinhart, G. (2017). Systematic biomimetic part design for additive manufacturing. *3rd CIRP Conference on BioManufacturing, Procedia CIRP*, (65), 259-266.
93. Vandevennea, D., Verhaegena, P. A., Dewulfb, S. and Dufloua, J. R. (2015). Product and organism aspects for scalable systematic biologically-inspired design. *Procedia Engineering*, (131), 784-791.
94. Bucherta, T., Kaluza, A., Halstenberg, F. A., Lindow, K., Hayka, H. and Stark, R. (2014). Enabling product development engineers to select and combine methods for sustainable design. *21st CIRP Conference on Life Cycle Engineering, Procedia*, (15), 413-418.
95. Shu, L. H., Stone, R. B., McAdams, D. A. and Greer, J. L. (t.y.). *Integrating function-based and biomimetic design for automatic concept generation*. International Conference on Engineering Design, ICED'07/ 675, Fransa.
96. Tinsley, A., Midha, P. A., Nagel, R. L., McAdams, D. A., Stone, R. B. and Shu, L.H. (2007). *Exploring the use of functional models as a foundation for biomimetic conceptual design*. ASME 2007 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference IDETC/CIE, USA.
97. de Carvalho, M. A. and Back, N. (t.y.). TRIZ Methodology and its use in systematic engineering design.
98. Azammi, A. M. N., Sapuan, S. M., Ishak, M. R. and Sultan, M. T. H. (2018). Conceptual design of automobile engine rubber mounting composite using TRIZ-Morphological chart-analytic network process technique. *Defence Technology*, (14), 267-268.
99. Mayda, M. ve Börklü, H. R. (2014). An integration of TRIZ and the systematic approach of Pahl and Beitz for innovative conceptual design process. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, (36), 859-870.
100. Kamarudin, K. M., Ridgwaya, K. and Hassan, M. R. (2014). *Modelling the conceptual design process with hybridization of TRIZ methodology and systematic design approach*. TRIZ Future Conference 2014 - Global Innovation Convention, Procedia CIRP.
101. Fiorineschi, L., Frillici, F. S. and Rotini, F. (2018). *Supporting systematic conceptual design with TRIZ*. International Design Conference – Design 20018, Design Method, 1091- 1102.

102. Tseng, F.M. and Weng, J.Y. (2017). *Integrating service QFD and TRIZ for a lucky draw system design: the case study*. 2017 IEEE 7th International Symposium on Cloud and Service Computing.
103. Yamashina, H., Ito, T. and Kawad, H. (2002). Innovative product development process by integrating QFD and TRIZ. *International Journal of Production Research*, 40(5), 1031-1050.
104. Jones, E. and Harrison, D. (2000). *Investigating the use of TRIZ in Eco- innovation*. TRIZCON2000 Conference Proceedings, the Altshuller Institute.
105. Sheng, I. L. S. and Kok-Soo, T. (2010). Eco-efficient product design using theory of inventive problem solving (TRIZ) principles. *American Journal of Applied Sciences*, 7(6), 852-858.
106. Kobayashi, T., Isono, Y., Arai, K., Yamauchi, T. and Kobayashi, H. (2017). *Bio-TRIZ database for sustainable lifestyle technology transfer from nature to engineering*. 2017 International Electronics Symposium on Knowledge Creation and Intelligent Computing (IES-KCIC).
107. Cohen, Y. H., Reich, Y. and Greenberg, S. (2014). Biomimetics: structure–function patterns approach. *Journal of Mechanical Design*, 136(11), 111108/1-11.
108. Chen, J. L. and Hung, S.C. (2017). *Eco-innovation by TRIZ and biomimetics design*. 2017 IEEE International Conference on Applied System Innovation IEEE-ICASI.
109. Feniser, C., Burz, G., Mocan, M., Ivascu, L., Gherhes, V. and Otel, C. C. (2017). The evaluation and application of the TRIZ method for increasing eco-innovative levels in SMEs. *Sustainability*, 9(7), 1125.
110. Bogatyrev, N. and Bogatyreva, O. (2012). *TRIZ-based algorithm for Biomimetic design*. European TRIZ Association- ETRIA, TRIZ Future 2012, Lisbon.
111. Chang, H.-T. and Chen, J. L. (2004). The conflict-problem-solving CAD software integrating TRIZ into EcoInnovation. *Advances in Engineering Software*, 35(8-9), 553-566.
112. Bogatyrev, N. and Bogatyrev, O. (2014). BioTRIZ: a win-win methodology for ecoinnovation, In “Eco-innovation and the Development of Business Models: Lessons from Experience and New Frontiers in Theory and Practice”.
113. Chowdary, B. V. and Gittens, A. (2008). Design development through an integrated approach: a case study of battery-operated passenger cart. *International Journal of Product Development*, 5(1/2), 188-198.
114. Vinodh, S. and Rathod, G. (2010). Integration of ECQFD and LCA for sustainable product design. *Journal of Cleaner Production*, 18(8), 833-842.
115. Caligiana, G., Liverani, A., Francia, D., Frizziero, L. and Donnici, G. (2017). Integrating QFD and TRIZ for innovative design. *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, 11(2), 170019/15.

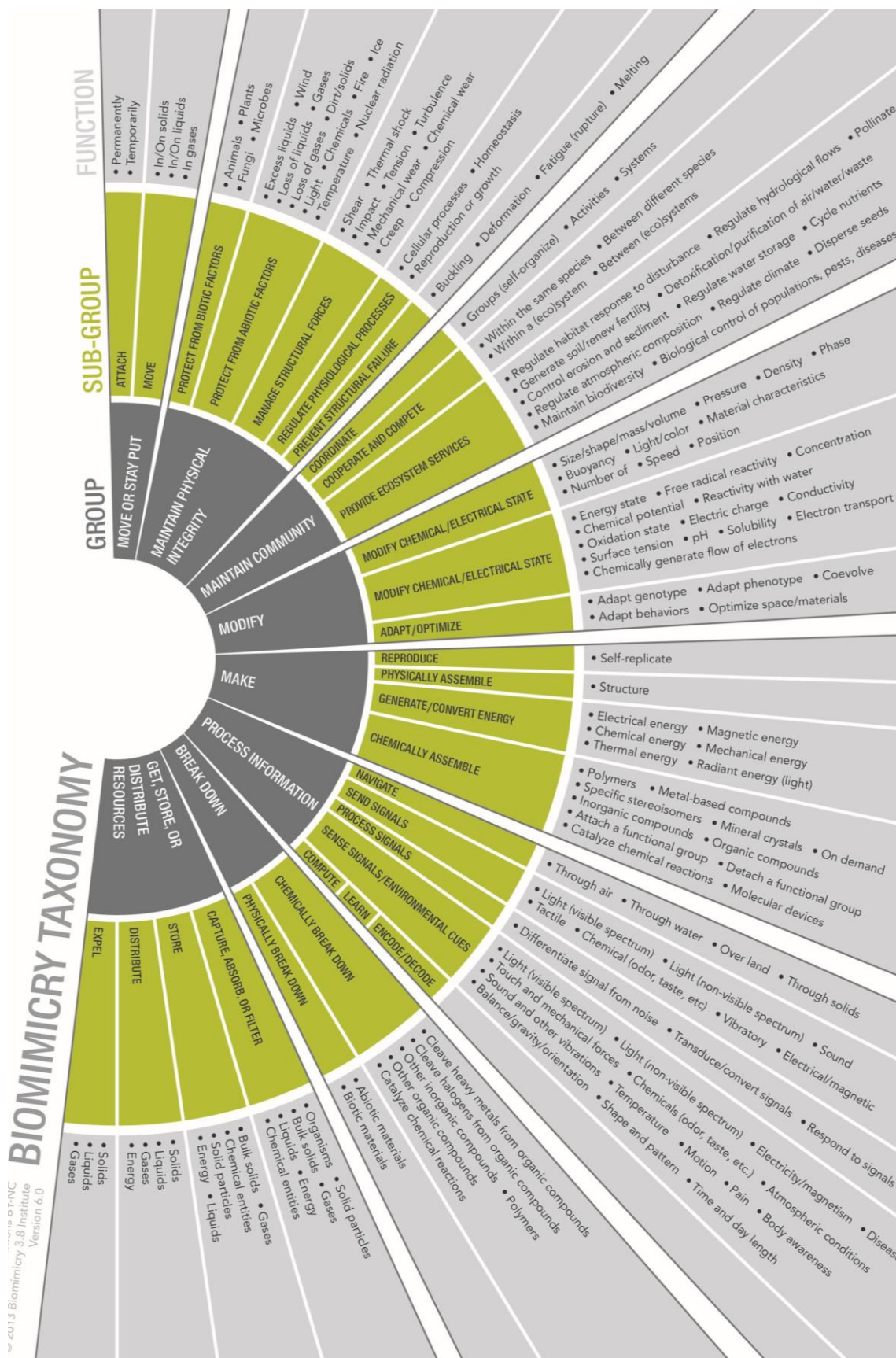
116. Chang, H.-T. and Chen, J. L. (2003). *An eco-innovative design method based on design-around approach*. Proceedings of EcoDesign2003: Third International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, Japonya.
117. İnternet: URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.uykusuzanneler.com%2Fbebek-telsizleri-hakkında%2F&date=2019-04-14>, Son Erişitm Tarihi: 14.04.2019.
118. İnternet: URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fpsikologirmakkerimoglu.blogspot.com.tr%2F2013%2F05%2Foday-ayrma-zaman.html&date=2019-04-14>, Son Erişitm Tarihi: 14.04.2019.
119. İnternet: URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.babysense.com.tr&date=2019-04-14>, Son Erişitm Tarihi: 14.04.2019.
120. İnternet: URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fsafbaby.com%2Fbaby-monitors-do-risks-outweigh-benefits%2F&date=2019-04-14>, Son Erişitm Tarihi: 14.04.2019.
121. İnternet: URL:
http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fen.0wikipedia.org%2Fwiki%2FNail_clipper&date=2019-04-14, Son Erişitm Tarihi: 14.04.2019.
122. İnternet: URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Faccellbisiklet.com.tr%2Fkaskli-mi-kasksiz-mi%2F&date=2019-04-14>, Son Erişitm Tarihi: 14.04.2019.
123. İnternet: URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.ozeforbisiklet.com%2Fkron-bisiklet-kaski&date=2019-04-14>, Son Erişitm Tarihi: 14.04.2019.
124. İnternet: URL:
http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.mtbtr.com%2Fgezi_ayin%2Fyayin.asp%3Fkayitno%3D1117&date=2019-04-14, Son Erişitm Tarihi: 14.04.2019.
125. İnternet: URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.motosikletdersleri.com%2Findex.php%2Fmotosiklet-kullanirken-neden-koruyucu-aksesuarlar-kullanmaliz&date=2019-04-14>, Son Erişitm Tarihi: 14.04.2019.
126. İnternet: URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.biyolojisesi.net%2Funiteler%2Fdestek-ve-hareket%2Fbacak-kemikleri.html&date=2019-04-14>, Son Erişim Tarihi: 14.04.2019.

127. Ren, P. And Hong, D. W.. Instantaneous kinematics and singularity analysis of a novel three-legged mobile robot with active s-r-r-r legs. *32nd ASME Mechanisms and Robotics Conference*, Ağustos 2008, USA.
128. İnternet: URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fasknature.org%2Fstrategy%2Fmultiple-legs-allow-sudden-stops%2F&date=2019-05-09>, Son Erişim Tarihi: 09.05.2019
129. İnternet: URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fasknature.org%2Fstrategy%2Fchange-increases-aerodynamic-performance%2F&date=2019-05-09>, Son Erişim Tarihi: 09.05.2019
130. Lentink, D., Mueller, U. K., Stamhuis, E. J., Kat, R. D., Gestel, W. V., Veldhuis, L. L. M., Henningsson, P., Hedenstroem, A., Videler, J. J., and Leeuwen, J. L. V.(2007). How swifts control their glide performance with morphing wings. *Nature*, 446(7139), 1082–1085.
131. Falanga, D., Kleber, K., Mintchev, S., Floreano D. and Scaramuzza, D. (2018). The foldable drone: a morphing quadrotor that can squeeze and fly. *Ieee Robotics And Automation Letters*, 4(2), 209-216.
132. Riviere, V., Manecy, A. And Viollet, S. (2018). Agile robotic fliers: a morphing based approach. *Soft Robotics*, 5(5), 541-553.
133. İnternet: URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fasknature.org%2Fstrategy%2Forelegs-fold-to-prevent-speed-loss%2F&date=2019-05-09>, Son Erişim Tarihi: 09.05.2019



EKLER

EK-1. Biyomimikri Taksonomisi



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ŞANLIER, Cemile
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 15.07.1989 Eskişehir
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0-543-769 82 06
 e-mail : cemilesanlier@gazi.edu.tr



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi/Teknoloji Fakültesi/ Endüstriyel Tasarım Mühendisliği	Devam Ediyor
Lisans	Anadolu Üniversitesi/ Endüstriyel Tasarım	2016
Lise	SEV Muzaffer Demir Anadolu Lisesi	2007

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2017-Halen	Gazi Üniversitesi Endüstriyel Tasarım Mühendisliği	Araştırma Görevlisi
2013-2016	Anadolu Üniversitesi Endüstriyel Tasarım Merkezi	Tasarımcı

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Şanlıer, C., Börklü HR. (2018). *Motosiklet Dizlik Tasarımı Sürecinde Çeşitli Tasarım Yaklaşımlarının Birlikte Kullanılması*. ISIDE International Symposium on Industrial Design Engineering, 22-24 November, Kapadokya, 603-609.
2. Börklü, HR., Şanlıer, C., Bozbuğa, F. ve Eryıldırım S. (2018). *Yeni Bir Motorlu Tırpanın Kavramsal Tasarımı*. The 2nd International Symposium On 3D Printing Technologies, Antalya, 139-140.
3. Börklü, HR., Şanlıer, C., Bozbuğa, F. ve Eryıldırım S. (2018). *Barkod Okuyuculu Bir Market Arabasının Kavramsal Tasarımı*. The 2nd International Symposium On 3D Printing Technologies, Antalya, 308-316.
4. Şahin, İ., Eldem, C., Karakaş, İ., Kiraz, C., Şahin, T., Şanlıer, C. (2018). *Engelli Ve Yaşlı Bireyler İçin Araç Biniş Aparatı Tasarımı Ve Dijital İnsan Modelleme İle Ergonomik Analizi*. The 2nd International Symposium On 3D Printing Technologies, Antalya, 117-125.
5. Şanlıer, C., Börklü HR. (2017). *İnovatif Bir Bebek İzleme Cihazının Kavramsal Tasarımı*. ISIDE International Symposium on Industrial Design Engineering, 13-15 September, Kapadokya, 14-19.

Hobiler

Motosiklet, Bisiklet, Trekking, Kampçılık



GAZİ GELECEKTİR..