

KAVRAMSAL TASARIMDA FONKSİYONEL MODEL OLUŞTURMA

Serkan SİVRİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE EĞİTİMİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NİSAN 2013

ANKARA

Serkan SİVRİ tarafından hazırlanan “KAVRAMSAL TASARIMDA FONKSİYONEL MODEL OLUŞTURMA” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. H. Rıza BÖRKLÜ

.....

Tez Danışmanı, İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Murat Tolga ÖZKAN

.....

İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Prof. Dr. H. Rıza BÖRKLÜ

.....

İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Yrd. Doç. Dr. Melih OKUR

.....

Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Tez Savunma Tarihi: 19/04/2013

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

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

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

Serkan SİVRİ

KAVRAMSAL TASARIMDA FONKSİYONEL MODEL OLUŞTURMA
(Yüksek Lisans Tezi)

Serkan SİVRİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Nisan 2013

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, standart fonksiyonel dil yapısını kullanarak kavramsal tasarımın en kritik aşaması olan fonksiyonel modeli oluşturmaktır. Günümüz sanayisindeki uygulamalarda tasarımcılar tasarım süreci hakkındaki bilgi eksikliğinden dolayı doğrudan ayrıntılı tasarıma geçmektedirler. Bu durum tasarım verimliliği ve süresini olumsuz yönde etkileyebilir. Fonksiyonel dil yapısı, tasarımın sistematik aşamalardan geçmesini sağlayarak tasarımın tecrübe ve bireysel yeteneklere bağlı olmasını engeller. Bu çalışma, mekanik ya da makine tasarımı ile ilgilenen birimlerin ve kişilerin kavramsal tasarım sürecinde, fonksiyonel model oluşturmalarında yardımcı olmak amaçlı hazırlanmıştır. Fonksiyonel model oluşturmak için ihtiyaç duyulan standart fonksiyon sınıfları ve akış sınıfları detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Ayrıca soyut bir kavram olan fonksiyonel model yapısını gerçek örneklerle destekleyerek uygulanabilirliği gösterilmiştir.

Bilim Kodu : 708.1.090
Anahtar Kelimeler : Kavramsal tasarım, Fonksiyonel model oluşturma, Fonksiyonel dil yapısı
Sayfa Adedi : 94
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. H. Rıza BÖRKLÜ

CREATING A FUNCTIONAL MODEL FOR CONCEPTUAL DESIGN
(M.Sc. Thesis)

Serkan SİVRİ

GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
April 2013

ABSTRACT

The goal of this study is creating a functional model by using functional basis tool which is the most critical stage of the conceptual design. Nowadays designers are missing the design stages due to lack of information about the design processes in industrial applications. This case can affect the design efficiency and design time negatively. Since the functional basis lets the systematic design stages, it prevents the needed individual experiences and capabilities for design. This study is prepared for supporting a functional model for mechanical or machine designers and related departments in conceptual design processes. Function and flow classes are also discussed here to create a functional model. Furthermore a functional model structure, which is an intangible concept, is supported with verified examples. As a result, the applicability is proved of the functional model structure.

Science Code : 708.1.090

Key Words : Conceptual design, Functional modeling, Functional basis

Page Number : 94

Advisor : Prof. Dr. H. Rıza BÖRKLÜ

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresince benden değerli zamanını, katkılarını ve tecrübesini esirgemeyen Hocam Prof. Dr. H. Rıza BÖRKLÜ' ye, hem maddi hem manevi desteği ile çalışmam süresince beni yalnız bırakmayan çok kıymetli arkadaşım Tuncay BAYYİĞİT' e, MAN fabrikasında bulunan çalışma arkadaşlarımdan öncelikle çalışmalarımı sabırla gözden geçirdiğinden dolayı Makine Yüksek Mühendisi Emre ARSLAN' a ve uygulamalar bölümünde benden desteğini esirgemeyen Tasarım Sorumlusu Ahmet GÜNEŞ' e aynı zamanda çalışmam süresince benden maddi ve manevi desteğini hiç eksik tutmayan biricik annem Durdu SİVRİ' ye ve babam İbrahim SİVRİ' ye teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
3. MÜHENDİSLİK TASARIMINDA ÜRÜN TASARIM SÜRECİ	7
3.1. Mühendislik tasarımında fonksiyonel modelin önemi	7
3.2. Kavramsal Tasarım	12
3.2.1 Mühendislik tasarımında kavramsal tasarımın önemi	14
3.2.2 Kavramsal tasarım adımları	14
3.3. Ürün Tasarım Sürecine Kavramsal Tasarım Etkisinin Sonucu	18
4. AKIŞ VE FONKSİYON SINIFLARI TAKSONOMİSİ	19
4.1. Giriş.....	19
4.2. Akış Sınıfları Taksonomisi	20
4.2.1. Akışlar	20
4.2.2. Genel fonksiyonel dil akışının kullanımı	22
4.2.3. İnsan destekli akış	22

Sayfa

4.2.4. Sinyal akışı özellikleri	23
4.2.5 Enerji akışı özellikleri	23
4.3. Fonksiyon Sınıf Taksonomisi	24
4.3.1. Fonksiyonlar	24
4.3.2. Fiil-Nesne formatı kullanımı	26
4.4. Fonksiyonel Dillerin Karşılaştırılması	26
4.5. Akış Taksonomisinde Kullanılan Terimler	28
4.5.1 Malzeme	28
4.5.2. Enerji	31
4.5.3. Sinyal	38
4.6. Fonksiyon Taksonomisinde Kullanılan Terimler.....	39
5. FONKSİYONEL MODEL VE TASARIM KATALOĞU OLUŞTURMA	46
5.1. Fonksiyonel Model Türetme	46
5.1.1. Müşteri ihtiyaçlarının belirlenmesi	49
5.1.2. Tüm fonksiyon yapısının (Kara kutu modelinin) oluşturulması	50
5.1.3. Alt fonksiyonların geliştirilmesi	51
5.1.4. Alt fonksiyonların bir araya getirilmesi	54
5.1.5. Müşteri ihtiyaçlarının doğrulanması	56
5.2. Tasarım Kataloglarının Oluşturulması	57
6. UYGULAMA ÖRNEKLERİ.....	61
6.1. Fren Pedalı Aparatı İçin Fonksiyonel Model Oluşturma	62
6.2. Akü Montaj Aparatı İçin Fonksiyonel Model Oluşturma	65

Sayfa

6.3. Motor Kaldırma Aparatı İçin Fonksiyonel Model Oluşturma	68
6.4. Radyatör Toplama Aparatı İçin Fonksiyonel Model Oluşturma	70
6.5. Tavan Ters Kaynak Fikstürü İçin Fonksiyonel Model Oluşturma	73
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	77
KAYNAKLAR	78
EKLER.....	81
EK-1 Susturucu montaj aparatının kavramsal tasarımı.....	82
ÖZGEÇMİŞ	94

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Akış sınıfları, temel etken - alt etken akışları ve tamamlayıcılar	21
Çizelge 4.2. Fonksiyon sınıfları, temel fonksiyonlar ve eş anlamlıları.....	25
Çizelge 4.3. Fonksiyon taksonomileri ile fonksiyonel dil yapısını karşılaştırma	27
Çizelge 5.1. Presto® Poplite® Mısır patlatma makinesi için müşteri ihtiyaçları	50
Çizelge 5.2. Müşteri ihtiyaçlarından akışların tanımlanması	50
Çizelge 5.3. Mısır patlatma makinesinin tüm fonksiyon yapısı için girdi ve çıktı akışları	51
Çizelge 5.4. Rulmanlı yataklar için tasarım kataloğu	59
Çizelge 5.5. Dişli çarklar için tasarım kataloğu	60
Çizelge 5.6. Cıvatalar için tasarım kataloğu	60
Çizelge 6.1. Literatürden faydalanan teoremler	61

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Tez ana akış şeması.....	3
Şekil 3.1. Ürün geliştirme süreci.....	8
Şekil 3.2. Ürün geliştirme sürecinde fonksiyonun yeri	10
Şekil 3.3. Mühendislik tasarımının diğer disiplinler arasındaki yeri	11
Şekil 3.4. Planlama ve tasarım işlem adımları	13
Şekil 3.5. Kavramsal tasarım süreci.....	15
Şekil 3.6. Tüm fonksiyonu alt fonksiyonlara bölerek bir fonksiyon yapısı saptama (kara kutu modeli)	17
Şekil 4.1. Elektrikli tornavida için tüm fonksiyon modeli (kara kutu modeli)	23
Şekil 5.1. Fonksiyonel model türetme adımları	48
Şekil 5.2. The Presto® Poplite® Mısır patlatma makinesi ve parça detayları	49
Şekil 5.3. Mısır patlatma makinesi için tüm fonksiyon yapısı	51
Şekil 5.4. Elektrik ve hava akışları için fonksiyon zincirleri	52
Şekil 5.5. Çekirdek, yağ ve ağırlık akışları için fonksiyon zincirleri.....	54
Şekil 5.6. Fonksiyonel zincirlerin birleştirilmesi	55
Şekil 5.7. Müşteri ihtiyaçlarının doğrulanması	56
Şekil 5.8. Tasarım kataloğu temel yapısı	57
Şekil 6.1. Fren pedalı gövdesi teknik resmi	63
Şekil 6.2. Fren pedalı gövdesi kontrol aparatı tüm fonksiyon yapısı	64
Şekil 6.3. Fren pedalı gövdesi kontrol aparatının fonksiyonel modeli	64
Şekil 6.4 Fren pedalı gövdesi kontrol aparatı nihai tasarımı.....	65
Şekil 6.5. Akü montaj aparatı tüm fonksiyon yapısı.....	66
Şekil 6.6. Akü montaj aparatının fonksiyonel modeli.....	67

Şekil	Sayfa
Şekil 6.7 Akü montaj aparatının nihai tasarımı.....	67
Şekil 6.8. Motor kaldırma aparatının tüm fonksiyon yapısı	68
Şekil 6.9. Motor montaj aparatının fonksiyonel modeli	69
Şekil 6.10. Motor montaj aparatının nihai tasarımı.....	70
Şekil 6.11. Radyatör toplama aparatının tüm fonksiyon yapısı	71
Şekil 6.12. Radyatör toplama aparatının fonksiyonel modeli	72
Şekil 6.13. Radyatör toplama aparatının nihai tasarımı	73
Şekil 6.14. Tavan ters kaynak fikstürünün tüm fonksiyon yapısı	74
Şekil 6.15 Tavan ters kaynak fikstürünün fonksiyonel modeli.....	75
Şekil 6.16 Tavan ters kaynak fikstürünün nihai tasarımı	76

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Kısaltmalar	Açıklama
Ar-Ge	Araştırma ve Geliştirme
C	Sütun – Column
CAD	Bilgisayar Destekli Tasarım – Computer Aided Design
CAE	Bilgisayar Destekli Mühendislik – Computer Aided Engineering
CD	Kompakt Disk - Compact Disc
DC	Doğru Akım - Direct Current
E	Enerji
HVAC	Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme - Heating Ventilating and Air Conditioning
M	Malzeme
NASA	Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi - National Aeronautics and Space Administration
NTC	Negatif Sıcaklık Katsayısı - Negative Temperature Coefficient
PTC	Pozitif Sıcaklık Katsayısı - Positive Temperature Coefficient
R	Satır – Row
S	Sinyal
TCS	Yörünge Kontrol Algılayıcı - Trajectory Control Sensor
TIPS	Yaratıcı Problem Çözme Teorisi - Theory of Inventive Problem Solving
Ür-Ge	Ürün Geliştirme
V	Varyant

1. GİRİŞ

Günümüz sanayinde tasarım kalitesinden beklentiler her geçen gün artmaktadır. Bu beklentiler tasarımın planlı, verimli ve standart olması şeklinde yoğunlaşmaktadır. Bu ancak tasarımın belli evrelerde olgunlaşması ve belli sistematik kuralların olmasıyla mümkün olur. Mühendislik tasarımının içerisinde bulunan kavramsal tasarım, şekillendirme tasarımı ve ayrıntılı tasarım evreleri, tasarım sürecinin belli bir sistematiğe ve plan çerçevesinde gerçekleşmesini sağlar. Fakat günümüz sanayinde genellikle mühendislik tasarımı sürecinin sadece ayrıntılı tasarım basamağı uygulanmakta ya da diğer basamakları farkında olmadan yerine getirilmektedir. Kavramsal tasarımın bünyesinde soyut bir basamak olan fonksiyonel modeli barındırması, tasarımcıların kavramsal tasarım sürecinden kaçınmalarının en temel nedenidir. Bu çalışmanın temel amacı, fonksiyonel dil yapısı aracının fonksiyonel modele nasıl uygulandığını gerçek hayattan örneklerle destekleyerek fonksiyonel model yapısını somutlaştırmayı hedeflemektedir.

Kavramsal tasarım, belirli kısıtlayıcılara göre tespit edilen çözümler kümesinden optimum olan çözümün seçilmesi işlemidir. Fonksiyonel model oluşturma, kavramsal tasarım sürecinin anahtar basamağıdır. Fonksiyonel dil yapısı, prosedüre bağlı planlı yapısı ile tasarımcıyı keyfi ve yeteneklerine bağlı olarak fonksiyonel model oluşturmalarını engeller.

Fonksiyonel dil yapısı, fonksiyonel model oluşturmak için ihtiyaç duyulan standart bir kelime haznesi içermektedir. Fonksiyonel model oluşturmak isteyen veri/sistem/ürün geliştirme mühendisleri veya tasarımcılar geliştirecekleri sistemler için, Bölüm 4’de verilen standart fonksiyon veya akış tablolarından yararlanabilirler. Fonksiyonel dil yapısı standart bir kelime haznesi içerdiğinden, fonksiyon veya akış türünün seçimi kişilerin isteklerine bırakılmadan mevcut bir kelime haznesi içinde kullanıcıya sunulmuştur. Fonksiyonel modelin oluşturulmasında, standart bir kelime haznesinin kullanılabilir olması tasarımın standardize edilmesine umut verici bir katkı sağlayacaktır.

Fonksiyonel model, bir sistemi tasarım aşamasında şekline ya da geometrisine bakılmaksızın değerlendirebilmeyi sağlamaktadır. Fonksiyonel modeli oluşturulmuş bir sistem, herhangi bir parçasının ya da grubunun geometrisinden bağımsız olarak ele alınabilir. Fonksiyonel model sistem hakkında, geometrinin ya da şekillerin baskısı altında kalmadan kararlar alabilmeyi sağlamaktadır. Fonksiyonel modeli oluşturulmuş bir sistemden beklenen alt fonksiyonlar nettir. Tasarımcının şekillendirme ve ayrıntılı tasarım sürecinde nelere çözüm arayacağı bellidir. Sistem, soyut bir kavram aşamasından çıkıp nihai olarak üretildiğinde, hem müşterinin tüm ihtiyaçlarını net karşılamış olacak hem de üretici firma adına lüzumsuz maliyet oluşturabilecek gereksiz alt fonksiyonları da içermemiş olacaktır. Bu derece önemli bilgilerin, ürün daha fikir ya da kavram aşamasındayken elde edilebiliyor olması üretici firmaya çok büyük avantajlar sağlayacağı aşikardır.

Tezin bölümleri şu şekilde düzenlenmiştir:

2. Bölümde fonksiyonel dil yapısı üzerine bir kaynak araştırması yapılmış ve metotların kronolojik olarak gelişimi hakkında bilgi verilmiştir.

3. Bölümde mühendislik tasarımında ürün tasarım süreci hakkında bilgi verilmiştir. Fonksiyonel model oluşturma, kavramsal tasarımın bir parçası olduğundan kavramsal tasarım süreci bu bölümde detaylı olarak ele alınmıştır. Ayrıca ekler bölümünde bir kavramsal tasarım örneğine yer verilmiştir.

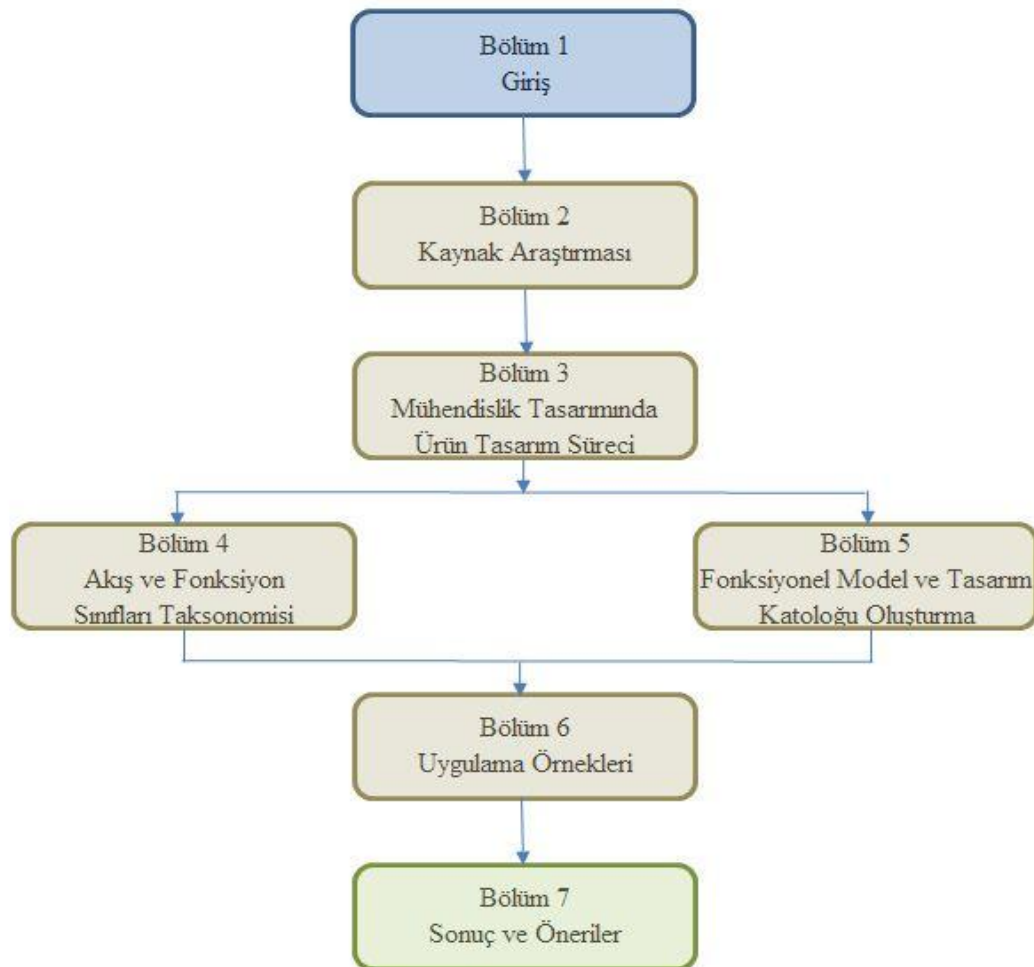
4. Bölümde fonksiyonel dil yapısını oluşturan akış ve fonksiyon sınıflarından bahsedilmiştir. Kullanıcıya bir araç olarak, standart bir fonksiyon ve akış tablosu sunulmuştur. Ayrıca standart tabloda sunulan fonksiyon ve akış türleri, oldukça soyut kavramlar ve anlaşılması güç olduğundan dolayı bölüm sonunda detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

5. Bölümde ağırlıklı olarak fonksiyonel model üzerine durulmuştur. Fonksiyonel model oluşturma basamakları, bir örnek ile zenginleştirilerek anlatılmıştır. Bu bölümde ayrıca kullanıcıya rehber olmak amaçlı tasarım kataloğu konusuna yer

verilmiştir. Bununla birlikte çok sık kullanılan makine elemanı olan rulmanlı yataklar için bir tasarım kataloğu hazırlanmıştır.

6. Bölümde tasarım sürecinde veya ürün geliştirme sürecinde standart fonksiyonel dil yapısını kullanarak sistemlerin fonksiyonel modellerinin nasıl oluşturulduğu, gerçek uygulamalarla desteklenmiştir. Bu bölümde verilen sistemler, MAN Türkiye Otobüs ve Kamyon Fabrikasında uygulanmış ve şu an hepsi otobüs üretim hattında kullanılmaktadır.

Son bölümde ise yapılan uygulama çalışmaları doğrultusunda elde edilen sonuç ve tartışmalara yer verilmiştir. Bununla birlikte gelecekte bu konu ile ilgili ne tür çalışmalar yapılabilir hakkında tavsiyeler yer almaktadır.



Şekil 1.1. Tez ana akış şeması

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölüm, 1980'lerden günümüze kadar geçen süreçte, kavramsal tasarımda, fonksiyonel dil yapısı ve fonksiyonel model oluşturma üzerine önde gelen araştırmacıların yapmış oldukları çalışmaları kronolojik olarak incelemektedir.

Fonksiyonel dil yapısı, veri mühendisliğinden 1940'lı yıllara kadar varan süreçte aldığı ilham ile geliştirilmiştir. Sistemin alt fonksiyonlara indirgenerek incelenmesi hakkındaki, en kayda değer çalışmalar Alman tasarım okulunda Paul ve Beitz (1988) tarafından yapılmıştır. Pahl ve Beitz, beş geçerli fonksiyonu içeren bir liste ile yüksek seviyede soyut üç tip akış geliştirmiştir [1].

Hundal (1990), fonksiyon metotlarının her birinde daha özel fonksiyonlar bulunan altı çeşit fonksiyon sınıfı geliştirmiştir. Ama bu liste mekanik tasarım için gerekli fonksiyonları tam içermemektedir [2].

Koch (1994), mevcut sistemlere ait mekanik tasarım için kullanılabilir 20 alt sistem tanımlamıştır [3].

Kirschman ve Fadel, (1998), fonksiyonel model oluşturmak için dört temel fonksiyon grubu önermiş, ancak önerdikleri fonksiyon grupları yaygın kullanılan standart fiil-nesne metodolojik ilişkisinden farklı bir yaklaşımdı. Bununla birlikte Sovyetler Birliği araştırma merkezi TIPS (Teory of Inventive Problem Solving) tarafından, güvenilir kaynaklara dayanır bir çalışma yapılmıştır. TIPS, mekanik tasarımda kullanılabilir 30 çeşit fonksiyon seti tanımlamıştır. TIPS' in metodolojisi, Pahl ve Beitz' in çalışmasından daha detaylı bir kelime haznesi içerdiği için daha yararlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır [4].

Stone ve Wood (1999), fonksiyonel dil yapısı için ilk defa kelime haznesi kullanarak fonksiyonel model oluşturmaya standardize etmişlerdir [5].

Szykman, Racz ve Sriram (1999), Bilgisayar destekli tasarım ile fonksiyonel model yapısının, tümleşik çalışmasını destekleyen bir model oluşturmuşlardır [6].

Stone, Wood ve Otto (2000), standart fonksiyonel dil yapısını kullanarak fonksiyon yapılarını oluşturmayı hedefleyen bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu deneysel çalışmayı, üç çeşit somut örnekten yararlanarak lisans ve yüksek lisans öğrencilerinin katılımı ile desteklemişlerdir. Çalışmanın sonunda standart fonksiyonel dil yapısının kullanışlı olduğu deneysel sonuçlarla ispatlanmıştır [7].

Halloran, Stone, Tumer (2000), Tasarımın maliyete olan etkilerini, tasarımın ilk aşamasında iken fonksiyonel model vasıtası ile maliyet risk analizinin yapılabilirliğini göstermişlerdir [8].

Wang ve Nnaji (2001), yüksek ölçekli mekanik sistemlerin kısa sürede, hızlı bir şekilde temsilini sağlayabilecek fonksiyon tabanlı bir akış geliştirmişlerdir [9].

Kurfman (2001), Fonksiyonel model yapısının içinde barındırdığı alt fonksiyonların, alt basamaklara indirgenmesini inceleyen deneysel bir çalışma gerçekleştirmiştir [10].

Deng (2001), Kavramsal tasarım aşamasında bulunan fonksiyonları, amaç ve eylem fonksiyonu olarak iki sınıfa ayırmıştır [11].

Szykman ve çalışma arkadaşları (2002), NIST (National Institute of Standards and Technology)' in proje havuzunda bulunan çalışmada; fonksiyonel tasarım için, fonksiyonları kayıt altına alarak fonksiyonel bilgileri dört temel sınıf altında temsil etmişlerdir [12].

Kitamura ve Mizoguchi (2003), Fonksiyonel tasarım alanında, ontoloji tabanlı alternatif bir yapı önermiştir [13].

Ahmed ve Wallace (2003), İngilterede havacılık alanında hizmet veren iki farklı şirketteki toplam onsekiz tasarım mühendisi ile birlikte, fonksiyonel dil yapısının kullanılabilirliğini araştıran bir çalışma gerçekleştirmişlerdir [14].

Bryant, Stone, McAdams, Kurtoglu ve Campbell (2005), Fonksiyonel dil yapısı ile fonksiyonel modeli oluşturulmuş yapıdan, konseptlerin nasıl oluşturulacağını içeren bir çalışma yapmışlardır [15].

Linsey, Green, Wie, Wood ve Stone (2005), Fonksiyonel modelin tasarıma olan olumlu etkilerini deneysel çalışmalarla göstermişlerdir [16].

Kurtoğlu (2007), Kavramsal tasarım süreci için içerisinde fonksiyonel modelinde bulunduğu bir grafik-dil yapısı geliştirmiştir [17].

Camelo, Mulet ve Vidal (2007), Tasarım sürecini desteklemek adına; kavramsal tasarım sürecinde fonksiyonel modelin uygulanabilirliğini somut bir örnekle göstermişlerdir [18].

Nagel, Bohm, Stone ve McAdams (2007), Fonksiyonel tasarımda, akışların fonksiyonel dil yapısı ile kullanımını içeren bir çalışma yapmışlardır [19].

Mizoguchi (2008), Biyolojik fonksiyonları barındıran fonksiyonel ontolojiyi oluşturmuştur [20].

Caldwell (2009), Fonksiyonel dil yapısı ile oluşturulan fonksiyonel modellerin, istatistiksel olarak değerlendirilmesini sağlayan bir çalışma yapmıştır [21].

Eck (2010), Literatürde bulunan fonksiyonel taksonomi modelinin iki adet hata barındırdığını tespit etmiştir. Bu hataların çözümü için, alternatif bir strateji önermiştir [22].

Arlitt, Balinski, Dagli ve Grantham (2011), Fonksiyonel dil yapısını kullanarak, fonksiyonel model oluşturmayı sağlayan bir model geliştirmişlerdir [23].

3. MÜHENDİSLİK TASARIMINDA ÜRÜN TASARIM SÜRECİ

Mühendislik tasarımında ürün tasarım işlemi şu üç temel aşamadan oluşmaktadır:

- Kavramsal tasarım
- Şekillendirme tasarımı
- Ayrıntılı tasarım

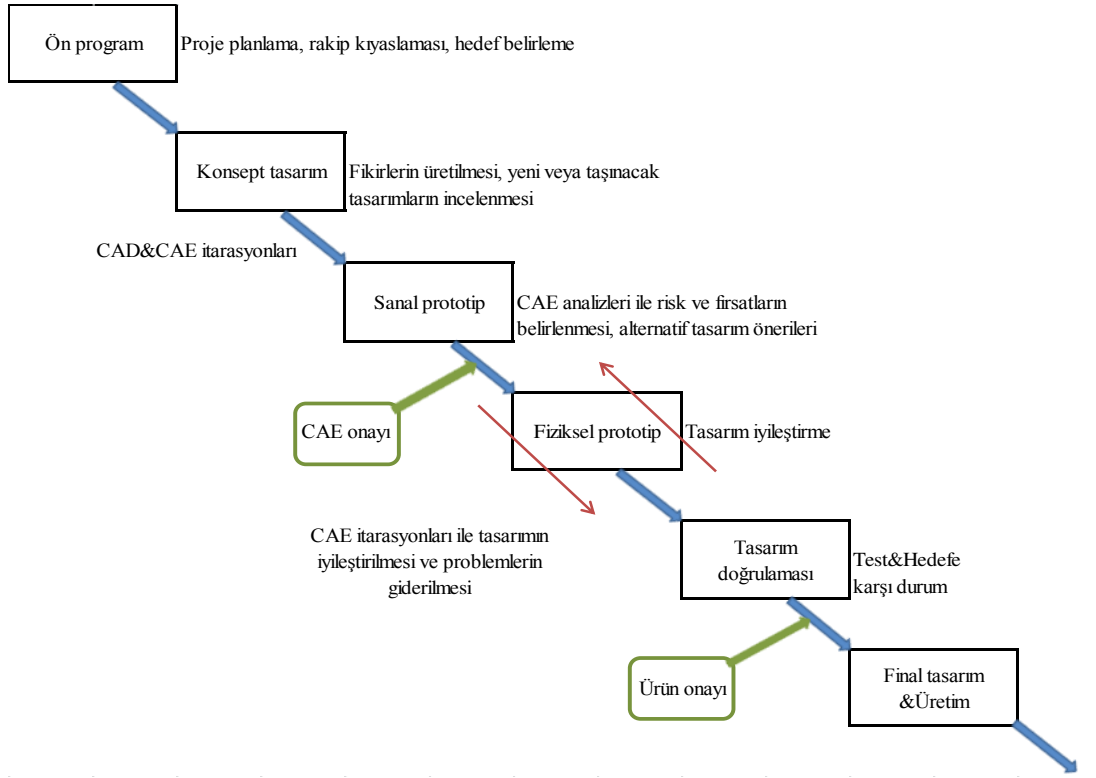
Fonksiyonel dil yapısı, kavramsal tasarım aşamasında fonksiyonel model oluşturmak için önemli bir temel oluşturduğundan bu bölümde *kavramsal tasarım süreci* detaylı bir şekilde ele alınacaktır. Şekillendirme ve ayrıntılı tasarım, başlı başına ayrı bir uzmanlık alanı olduğundan ve fonksiyonel dil yapısının bu aşamalar üzerine direkt bir etkisi olmayıp dolaylı bir etkisi olduğundan ötürü bu konulara değinilmemiştir.

3.1. Mühendislik tasarımında fonksiyonel modelin önemi

İşletmeler, global pazarda, rekabetçi bir ortamda yaşayabilmeleri ve rakiplerine karşı güçlü olabilmeleri için pazarın gerekli ihtiyaçlarına yönelik cevap verebilecek ürünlerini, kısa sürede pazara sunmak zorundadırlar. Örneğin; yapı sektöründe son yıllarda müşterinin talebi, hem ekonomik hem de kullanışlı olmasından dolayı susuz pisuarları tercih edilmektedir. Yapı sektörünün önde gelen üreticilerden birisi, susuz pisuarı pazarın ihtiyaçları doğrultusunda ve gereken sürede geliştirip pazara sunamazsa yakın gelecekte rakipleriyle rekabet etmesi söz konusu olamayacaktır.

Ürün geliştirme departmanları, pazarlama bölümlerinden aldıkları geri bildirimler doğrultusunda, ya daha önce hiç geliştirmedikleri ya da önceden geliştirmiş oldukları ürünü revize etmek yoluyla, ürün geliştirme sürecinin içine girerler. Ürün geliştirme süreci, yeni ürün geliştirme süreci veya mevcut ürünü pazarın ihtiyaçlarına yönelik geliştirme olarak iki ayrı başlık altında değerlendirilebilir. Her iki şekilde de ürün geliştirme işlemi, benzerlik göstermekle beraber yeni ürün geliştirme sürecinde konsept safhası bulunurken, mevcut ürünü geliştirme süreci doğal olarak hali hazırda

bulunan bir üründen başlar veya tasarım geliştirilir. Şekil 3.1’de ürün geliştirme sürecinin aşamaları görülmektedir.



Şekil 3.1. Ürün geliştirme süreci [24]

Ürün geliştirme sürecinde bazı parametre etkilerini önceden öngörebilmek ürünün mutlak maliyetinin azaltılmasını oldukça etkileyecektir. Geliştirilen ürünün maliyetinin hedef maliyetinin üstünde çıkması, firmanın brüt karlılığının düşmesine sebep olacaktır. Tüm firmaların temel oluş sebebi, kar eden kuruluşlar olmasından ötürü bu durum kabul edilebilir olmayacaktır.

Yeni geliştirilen ürünlerin pazarda başarılı olma yüzdeleri aşağıdaki gibidir:

- Çok azı (< %10) pazarda “şampiyon” oluyor,
- %50 si hedefi tutturuyor ya da aşıyor,
- %40 civarı ise başarısız olmaktadır [24].

Verilen yüzde değerlere göre kavramsal tasarım ürün geliştirme sürecine dahil edilerek, reelde çok az olan ürünlerin pazardaki başarı oranlarının artabileceğini ilerleyen aşamalarda göreceğiz.

Şirketlerin pazarda başarı oranları doğrudan ürün geliştirme bölümlerinin başarılarıyla doğru orantılı olduğundan, ürün geliştirme bölümleri işletmelerin lokomotif rolündedirler. Bir işletmenin ürün geliştirme bölümü hem personel hem de fiziksel imkan olarak ne kadar güçlü olursa pazar ihtiyaçlarına yönelik o kadar uygun ürünler geliştirebilir.

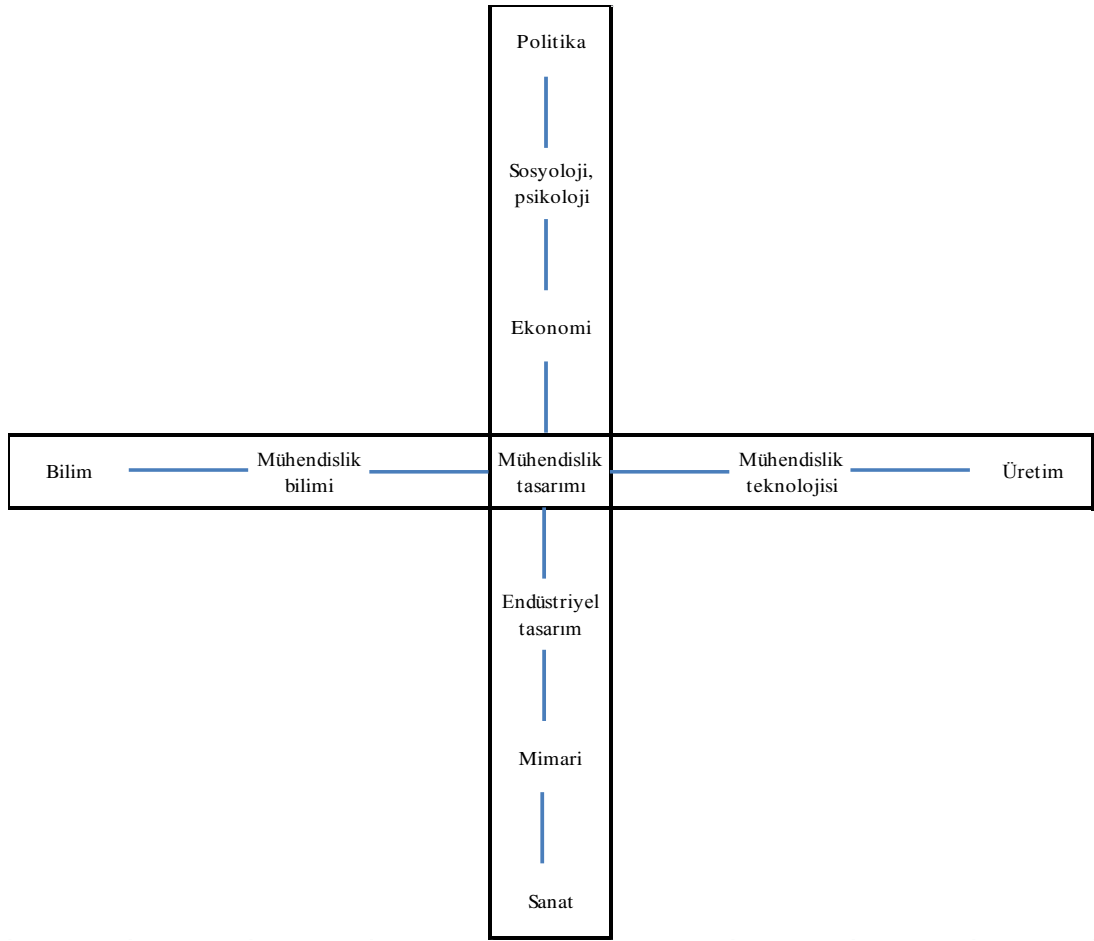
Bir ürün, seri üretime geçmeden henüz geliştirme sürecinde iken, birçok parametrenin ürüne olan etkisinin görülebiliyor olması, üretici firmaya birçok avantaj sağlayacaktır. Fonksiyonel modeli oluşturulmuş bir ürünün, pazarlanabilirlik, şekil/form, malzeme seçimi, üretilebilirlik, montaj edilebilirlik, güvenilirlik, optimizasyon, maliyet gibi birçok parametrenin ürüne olası etkisi tahmin edilebilir / öngörülebilir [25]. Alt fonksiyonlarına ayrılmış, fonksiyon yapıları ve görevleri net olarak önceden belirlenmiş bir ürünün birçok parametresi daha kavramsal tasarım aşamasındayken görülebiliyor olacaktır. Bir ürün için hayati önem taşıyan bu tür parametrelerin, seri üretim aşamasından önce fonksiyonel model vasıtası ile daha şeffaf bir şekilde tahmin edilebilir hale gelmesi, ürün geliştirme bölümleri için birçok avantaj sağlayacaktır. Şekil 3.2’de fonksiyonun, ürün geliştirme sürecindeki yeri görülmektedir.



Şekil 3.2. Ürün geliştirme sürecinde fonksiyonun yeri [25]

Mühendislik faaliyeti olarak tasarım, yukarıdaki kriterler altında değerlendirilebilir [26].

Şekil 3.3’de kesişen iki kültürel ve teknik akımın ortasına mühendislik tasarımı yerleştirmiştir.



Şekil 3.3. Mühendislik tasarımının diğer disiplinler arasındaki yeri [26]

Ancak diğer modeller de olasıdır. Psikolojik açıdan tasarlama; ilgilenilen alana ait bilgi ve tecrübenin yanı sıra matematik, fizik, kimya, mekanik, termodinamik, hidrodinamik, elektrik mühendisliği, üretim mühendisliği, malzeme teknolojisi, makine elemanları ve tasarım teorisine de dayanması gereken yaratıcı bir faaliyettir. Girişim, kararlılık, ekonomik anlayış, iyimserlik ve ekip çalışması, gibi yeteneklerin bir tasarımcıda olması yararlı olur ve sorumlu konumlarda bulunanlar için kaçınılmazdır.

Sistematik açıdan tasarım, kısmen çelişen sınırlayıcılarla verilen amaçları optimize etmektir. İhtiyaçların zamanla değişmesinden ötürü özel bir çözüm sadece özel koşullar kümesi altında optimize edilebilir.

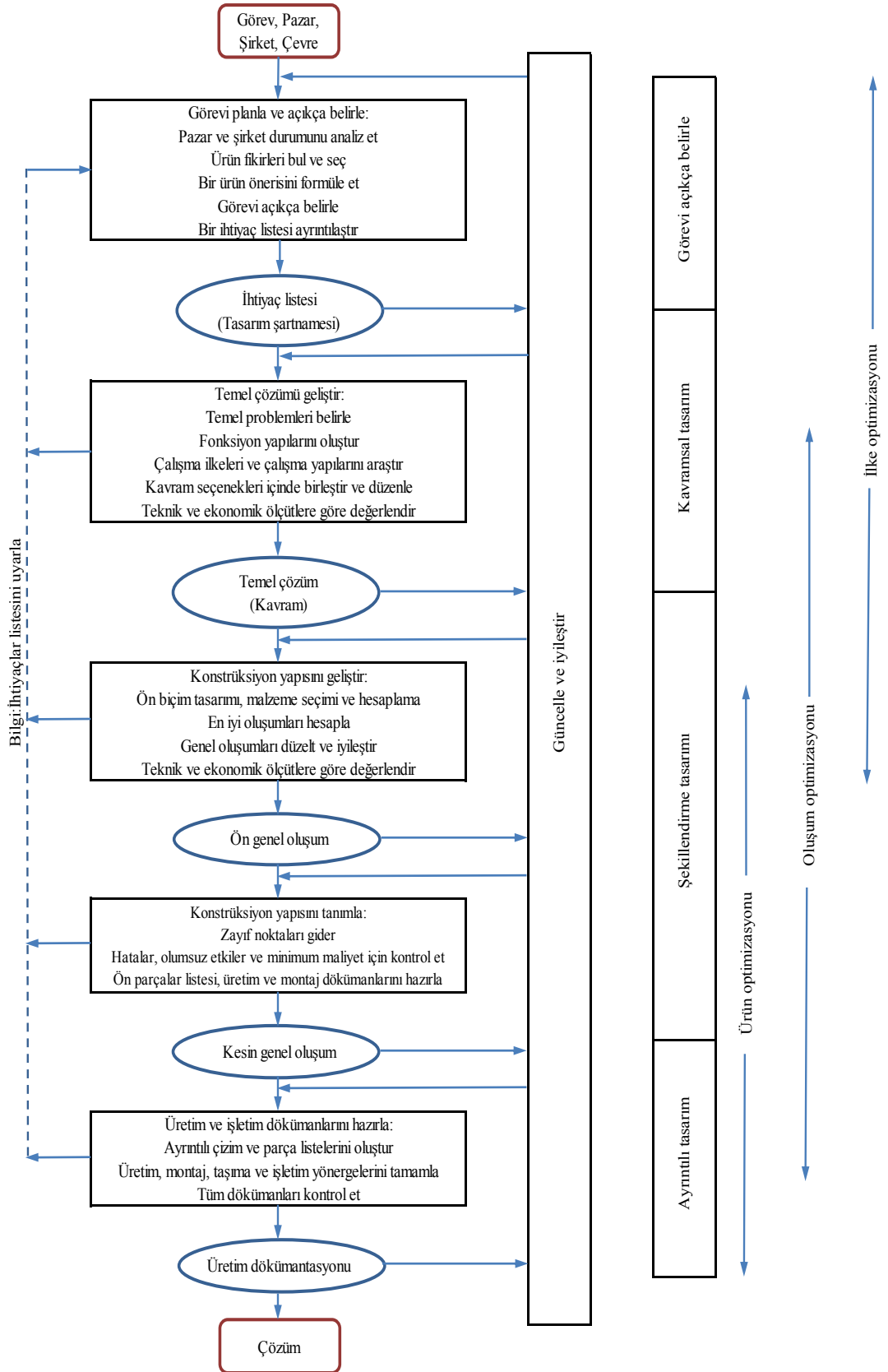
3.2. Kavramsal Tasarım

Tasarım sürecinin ilk evresi olan kavramsal tasarım aşamasında, fonksiyon yapılarının saptanması kavramsal tasarımın en önemli ve kritik evrelerinden birini oluşturmaktadır. Tasarımcıların, kavramsal tasarım aşamasında en çok zorluk çektiği ve yetersiz kaldığı kısım fonksiyon yapılarını doğru ve standart bir dille tanımlayamamalarıdır. Bölüm 4’de, tasarımcıların fonksiyon yapılarını doğru ve standart bir dille tanımlayabilmeleri için fonksiyonel dil yapısına detaylı bir şekilde değinilmiştir.

Kavramsal tasarım, tasarım işleminin belirli bir kısmını içerir. Burada genel ve temel ifadeler indirme yoluyla önemli sorunları belirlemek, fonksiyon yapıları (şemaları) saptamak, uygun çalışma ilkeleri araştırmak ve bunları bir çalışma yapısında birleştiren bir çözüm ilkesi oluşturmak suretiyle temel bir çözüm ortaya konur. Kavramsal tasarım temel bir çözümü (konsepti) ayrıntılı olarak tanımlar.

Kavramsal aşamadan önce bir karar gerektiği Şekil 3.4’te görülmektedir. Bu kararın amacı, görevi açıkça belirleme esnasında üzerinde kabul edilen ihtiyaç listesine dayalı bir şekilde aşağıdaki sorulara cevap vermektedir [26]:

- Bir tasarım şeklinde bir çözüm geliştirmeye müsaade etmede görev yeterince açık belirlenmiş midir?
- Tasarım sürecinde kavramsal tasarım aşamasına gerçekten ihtiyaç var mıdır veya tecrübe edilmiş çözümler, şekillendirme ve ayrıntılı tasarım aşamalarına doğrudan geçişe izin veriyor mudur?
- Eğer kavramsal tasarım aşaması kaçınılmazsa, nasıl ve hangi kapsamda bu sistematik olarak geliştirilebilir?



Şekil 3.4. Planlama ve tasarım işlem adımları [26]

3.2.1. Mühendislik tasarımında kavramsal tasarımın önemi

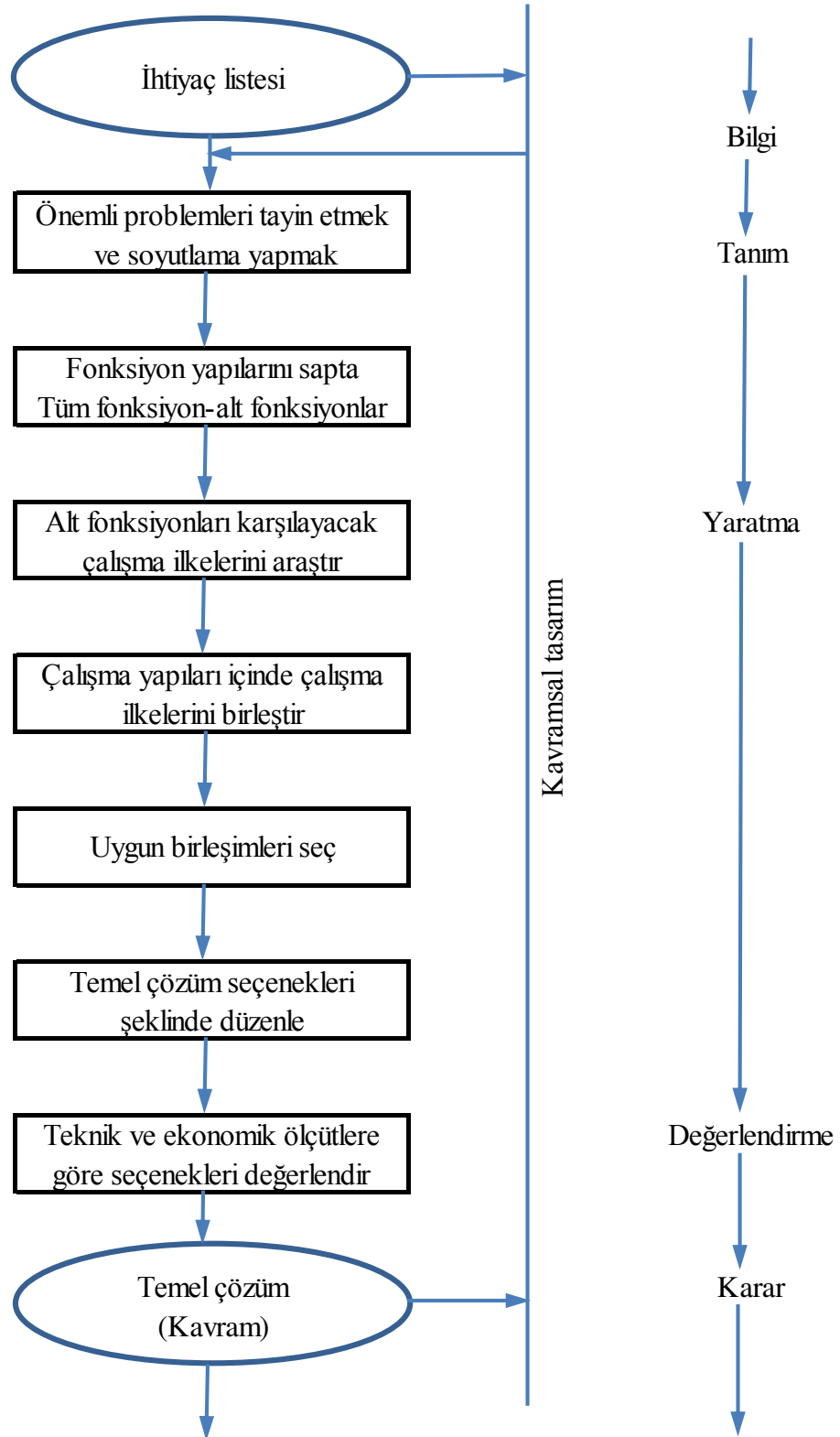
Kavramsal tasarım aşaması, ülkemizde ne yazık ki çoğu profesyonel olmayan şirketler ve hatta bir kısım profesyonel olan işletmelerce ürün geliştirme sürecinde gereksiz ve önemsiz bir işlemmiş gibi görülmektedir. Kavramsal tasarım aşaması gereken bir ürüne kavramsal tasarım süreci uygulanmadan geliştirilen ürünler, belli bir süre pazarda kaldıktan sonra diğer profesyonel pazar lideri firmalara göre ürünlerinin pahalı ve gereksiz alt fonksiyonları içerdiği ya da gerekli olan bazı kritik alt fonksiyonları içermediğini uzun süren pazar ve maliyet analizleri sonucu mühendislik ya da Ar-Ge bölümlerince ortaya çıkarılmaktadır.

İlk başta, fazla zaman ve mühendislik maliyeti ya da gereksiz olarak gördükleri kavramsal tasarım sürecinin içerdiği zamandan ve mühendislik maliyetinden çok daha fazlasını ileride harcamak zorunda kalırlar ve çabalarını pazarın güncel ihtiyaçlarına yönelik yeni ürünler geliştirmek yerine pazardaki mevcut ürünlerini hem maliyet hem de fonksiyonel olarak iyileştirmek için harcarlar.

Bu süreci sağlayacak kavramsal tasarım işleminin eğitimini almış profesyonel bir mühendislik kadrosu bulunan şirketler ve bu süreci gereksiz bir aşamaymış gibi görmeyen üst yönetimi olan şirketler bulundukları pazarda hem karlılık olarak hem de müşterinin ihtiyaçlarını net ve eksiksiz bir şekilde karşılayan ürünleriyle pazarın güçlü liderleri olmaya devam edeceklerdir.

3.2.2. Kavramsal tasarım adımları

Kavramsal tasarım işlemi, müşteri isteklerine uygun bir ihtiyaç listesi oluşturma ile başlayıp optimum bir çözüm bulunmasıyla sona erer (Şekil 3.5.). Şekil 3.5'te verilen sıradaki basamakları içeren bir kavramsal tasarım uygulaması ekler kısmında verilmiştir.



Şekil 3.5. Kavramsal tasarım süreci [26]

Fonksiyon Yapıları Saptama

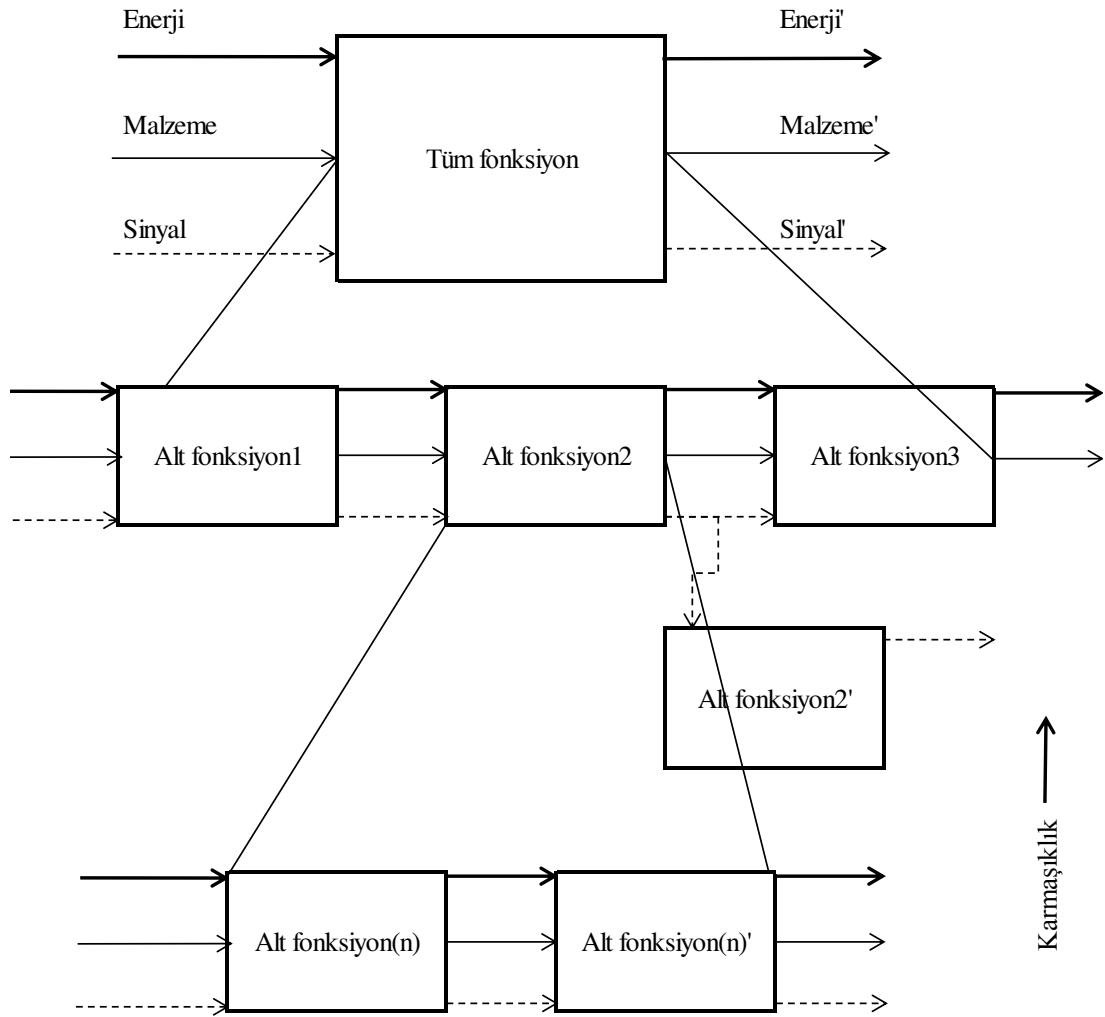
İhtiyaçlar, bir fabrika, makine veya montajın girdi ve çıktıları arasındaki amaçlanan tüm ilişkiyi temsil eden fonksiyonu belirlemedir. Genellemenin elde edilen problem formülasyonu hemen hemen aynı şeyi yapmaktadır. Böylece, tasarım problemine ait en önemli nokta formüle edildiği zaman, bir tüm (genel) fonksiyonu belirlemek mümkün olur. Bu; *enerji*, *malzeme* ve *sinyaller* akışına dayalı olarak, blok diyagramı kullanımı ile, girdi ve çıktılar arasındaki çözüm-bağımsız ilişkiyi ifade edebilir [1].

Problemin karışıklık derecesine bağlı olarak ortaya çıkan tüm fonksiyon, buna paralel az çok karmaşık olacaktır. Karmaşıklık ile girdi ve çıktılar arası ilişkilerin oldukça az belirgin olduğu kastedilir.

Nasıl bir teknik sistem alt sistem ve elemanlarına ayrılabilirse, benzer şekilde bir karmaşık veya *tüm fonksiyon* da daha az karmaşık *alt fonksiyonlara* bölünebilir. Bireysel alt fonksiyonlar birleşimi, tüm fonksiyonu temsil eden bir fonksiyon yapısı (şeması) oluşturur. Şekil 3.6'da tüm fonksiyonu alt fonksiyonlara bölünerek elde edilen bir fonksiyon yapısı (şeması) görülmektedir. Bu model, aynı zamanda kara kutu modeli olarak da isimlendirilir.

Karmaşık fonksiyonları bölme amaçları şunlardır [26]:

- Sonraki çözüm aramayı kolaylaştıran alt fonksiyonları belirlemek
- Basit ve muğlak olmayan bir fonksiyon yapısında bu fonksiyonları birleştirmek



Şekil 3.6. Tüm fonksiyonu alt fonksiyonlara bölerek bir fonksiyon yapısı saptama (kara kutu modeli) [26]

Bireysel alt fonksiyonlar tüm fonksiyondan daha az karmaşıktır ve ayrıca bu durum, çözümler aramaya en uygun başlama noktasını hangi alt fonksiyonun sağlayacağına açıklık kazandıracaktır. Bir fonksiyon yapısı, mevcut ürün analiz edilerek elde edilebilir. İhtiyaç listesi özel isteklerine bağlı olarak bu fonksiyon yapısı, özel alt fonksiyonları değiştirme, ekleme veya ihmal etme veya bunları birleştirme yolunu değiştirmek suretiyle farklı yapılabilir. Fonksiyon yapısı hazırlamanın diğer bir avantajı da bunun mevcut veya yeni geliştirilen sistemleri açık tanımlamaya izin vermesidir.

3.3. Ürün Tasarım Sürecine Kavramsal Tasarım Etkisinin Sonucu

Kavramsal tasarıma dayalı başlanan bir ürün geliştirme sürecinde; zayıf parametrelerin şekillendirme ve ayrıntılı tasarım öncesi net bir şekilde tespit edilip gereken önlemlerin seri üretim / prototip üretim öncesi alınabileceği aşık bir şekilde görölmektedir.

Özet olarak işletmeler kavramsal tasarım sürecini ürün geliştirme süreçlerine dahil etmeleriyle birlikte, geliştirecekleri ürüne ait birçok zayıf ve pozitif parametreleri sistematik bir yolla kavramsal tasarım süzgecinden geçirerek öngörebilir veya tahmin edebilirler [8].

Geliştirilecek ürüne ait zayıf parametreler, kavramsal tasarım aşamasında iken tahmin edilebiliyor olup zayıf parametreler üzerine ürün henüz tasarım aşamasında iken gerekli aksiyonlar alınıp ürün tasarımı iyileştirilebilir. Bu süreci kullanan şirketi, zamanında fizibil ürün geliştirebilmede, kendi pazarındaki diğer rakiplerine göre bir adım daha önde tutacaktır. Bu da ilgili şirketin bölümün başında belirtilen %10'luk dilime girmesinde önemli bir etken teşkil edecektir.

Kavramsal tasarım sürecinin ürün tasarım prosesine sağladığı diğer bir avantaj ise; geliştirilecek ürünün pozitif yönlerinin tasarım sürecinde iken tahmin edilebiliyor olmasıdır. Geliştirilecek ürünün, pazarda hangi pozitif yönleriyle ön plana çıkacağı hakkında satış ve sipariş bölümlerine henüz ürün kavramsal tasarım aşamasında iken ipucu verecektir.

4. AKIŞ VE FONKSİYON SINIFLARI TAKSONOMİSİ

Fonksiyonel dil yapısı, akış ve fonksiyon sınıfları olmak üzere iki temel grup altında incelenmektedir. Akış ve fonksiyon sınıfları altında barındırdığı başlıklarla birlikte bu bölümde detaylı bir şekilde ele alınacaktır. Akış ve fonksiyon sınıfları taksonomisinde bulunan alt başlıklar örneklerle desteklenerek açıklanacaktır.

4.1. Giriş

Modern çağdaki fonksiyonel dil tasarım metodolojisindeki değişiklikler, fonksiyon kelime haznesini ihtiyaçlara uygun gelişmesini zorunlu kılmıştır. Geliştirilecek sistemlere ait temel fonksiyon ve önemli uygulamalar, standart hale getirilmiş ve fonksiyonel model oluşturmak isteyen veri/sistem/ürün geliştirme mühendisleri veya tasarımcıların hizmetine sunulmuştur.

Bir sistemin fonksiyonel model mimarisinde standart fonksiyonlar kullanılması, kişiye net olarak durması gerekli noktayı belirtir. Fonksiyonel modelde standart dışı elemanlar kullanmak karmaşaya yol açar. Her disiplinin ortak veya eşit bilgiye ulaşabilmesi için bölümler arası standart bir fonksiyon türü kullanımı tasarımcı yararına olacaktır.

Akış ve fonksiyon sınıfları için hazırlanmış olan tablolar, tüm ve alt fonksiyonların küçük ve kolay çözülebilir parçalara ayrılması durumunda kullanılabilir. Böylece ürün fonksiyonunu genel bir dilde ifade etme ve kavram karmaşasını önleme hedeflenir. Genel bir dilde ifade edilen fonksiyon yapısını herkes aynı şekilde anlamalıdır. Bu durumda oluşturulan fonksiyonel dil yapısı uluslararası ortak bir dile dönüşmüş olur. Geliştirilen tablonun kullanılabilir olması için tüm fonksiyon ve alt fonksiyonlar *fiil-nesne* çifti şeklinde tanımlanmalıdır. Fonksiyonel dil yapısı *fiil* için gereken boşluğu doldurmada kullanılır ve nesneye fonksiyonel yapı içerisinde bir akış sağlar [5].

Bölüm sonundaki akış sınıfı ve fonksiyon sınıfı taksonomilerinde kullanılan terimler, kullanıcıya fikir vermek amacıyla, örneklerle detaylı bir şekilde açıklanacaktır.

4.2. Akış Sınıfları Taksonomisi

Bu bölümde; fonksiyonel model oluşturmak için ihtiyaç duyulan akış sınıflarından bahsedilecektir.

4.2.1. Akışlar

Akışlar, bir fonksiyonel model yaklaşımı gereken parçalarda fonksiyonlar vasıtası ile girdi ve çıktı miktarlarını gösterir. Akış sınıfı taksonomisi; tersine mühendislik, ürün geliştirme, endüstriyel ve ürün uygulamalarında araç olarak kullanılabilir [1].

Enerji, madde ve bilginin hepsi tasarım probleminde temel kavram olarak düşünülür. Bu üç kavram akışı da tasarımcıları ilgilendirir. Burada madde özellikleri daha belirgin ise bu malzeme olarak tanımlanır. Bilgi, sinyal olarak daha açık bir şekilde ifade edilmektedir. Sinyaller gerçekte malzeme veya enerji akışları olmakla birlikte özel olarak ayrı sınıflandırılır (sinyalin görevi bilgi taşımaktır).

Tüm tasarım problemleri, üç temel (malzeme, enerji, sinyal) akışı içermekle birlikte nadiren de olsa tasarım çözümü en üst seviye akışlarda gizli olabilir. Bu akışlar daha açık bir şekilde Çizelge 4.1’de sunulmuştur. Çizelge 4.1’de; akış sınıfları, temel etken akışları, alt etken akışları ve tamamlayıcılar yer alır. Tamamlayıcılar alanında bulunan gri renkli kısımlar, fiil-nesne çifti ilişkisinden bağımsız olarak ele alınabilir. Bu çalışmada, fizikten doğa bilimlerine kadar birçok alana ait akışlar incelenmiştir.

Çizelge 4.1. Akış sınıfları, temel etken - alt etken akışları ve tamamlayıcılar [5]

Sınıf	Temel Etken	Alt Etken	Tamamlayıcı	
Malzeme	İnsan		El, ayak, kafa, vb.	
	Gaz			
	Sıvı			
	Katı			
Sinyal	Durum	İşitsel	Ses, sözlü	
		Koklama		
		Hissel	Sıcaklık, basınç, pürüz	
		Tat		
		Görsel	Konum, yer değiştirme	
	Kontrol			
Sınıf			Karşılaştırmalı ilişki tablosu	
	Temel Etken	Alt Etken	Efor Örneksemesi	Akış Örneksemesi
Enerji	İnsan		Kuvvet	Hareket
	Akustik		Basınç	Parçacık hızı
	Biyolojik		Basınç	Hacimsel akış
	Kimyasal		Çekim (bağ)	Reaksiyon hızı
	Elektriksel		Elektriksel kuvvet	Akım
	Elektromanyetik	Optik	Şiddet	Hız
		Solar	Şiddet	Hız
	Hidrolik		Basınç	Hacimsel akış
	Manyetik		Manyetiksel kuvvet	Manyetik akım oranı
	Mekanik	Döner	Tork	Açısal hız
		Öteleme	Kuvvet	Doğrusal hız
		Titreşimsel	Genlik	Sıklık
	Pnomatik		Basınç	Kütle akışı
	Radyoaktif		Şiddet	Bozulma oranı
	Isı		Sıcaklık	Isı akışı
Kullanım&Tanımlama derecesi				
En az spesifik ▼				
Temel etken yada alt etken + sınıf Daha çok spesifik ▼				
	Temel etken yada alt etken + tamamlayıcı En çok spesifik ▼			
Genel tanımlama derecesinin artışı →				

4.2.2. Genel fonksiyonel dil akışının kullanımı

Akışlar, teknik bir ürün veya sisteme ait kritik fiziksel bilgileri taşımaktadır. Akışlar, temel ve alt akışlar olmak üzere ikiye ayrılırlar. Pratikte temel akış, temel bir açıklayıcı ve sınıf şeklinde tanımlanır. Alt akışlar ise alt açıklayıcı ve sınıf şeklinde tanımlanır. Fonksiyon sınıflarında verilen akışlardan küçük bir anlam türeterek bir akış belirlemek mümkündür.

Örneğin; *insan enerjisi* bir temel akıştır. Bu örnekte, açıklayıcı = insan, sınıf = enerji olur. Alt akışlar, temel akışların bir bileşeni olduğundan daha özeldir. Örneğin; *işitsel sinyal*. Bu örnekte, açıklayıcı = işitsel, sınıf = sinyal olur.

Temel ve alt akışlara bütünleyici bir tümleç eklenerek daha özel hale getirilebilir. *İnsan enerjisi* tanımı bir üründen faydalanarak daha özel hale getirilebilir. Örneğin; elektrikli tornavida sisteminin temel akışı, *insan kuvveti* olarak tanımlanabilir.

Tanım derecesi, tasarım ve müşteri isteklerine (müşteri ihtiyaçları doğrultusunda belirlenen işlemlere de) bağlıdır. Daha genel bir akış tanımı kullanımı genel bir fonksiyon yapısı ve böylece de daha geniş bir kavram değişkeni oluşturur. Ancak, müşteri ihtiyaçları daha somut olacaksa artan bir özel tamamlayıcı kullanmak faydalı olur. Diğer bir akış kümesi kullanımı da farklı aygıtları fonksiyonel düzeyde karşılaştırmaktır. İki aygıtı ait benzerlikleri saptamada akışların (ve fonksiyonların) hangi kategoride karşılaştırılacağı ifade edilmelidir [5].

4.2.3. İnsan destekli akış

Malzeme ve enerji sınıflarını ele alırsak, her ikisi de temel bir insan destekli akıştır. İnsan destekli akışın önemi, sistem sınırlarına insanın, uzuvları, beş duyu organı veya vücudunun herhangi bir parçasıyla dahil olmasıdır. Örneğin; bir kişi elektrikli kahve makinesini çalıştırmak için başlatma düğmesine basarak sisteme dahil olması gerekir.

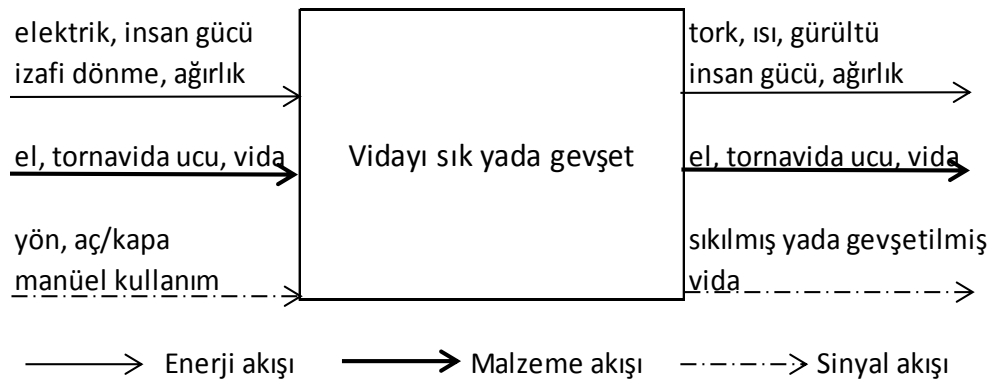
4.2.4. Sinyal akışı özellikleri

Görevleri bilgi taşımak olduğu için sinyaller, malzeme veya enerjiye kendi sınıf bilgilerini aktarırlar. Sinyaller iki temel akışta kullanılırlar. Bunlardan ilki taşıma durumu, ikinci ise kontrol bilgisi içindir. Bir bilgiyi bir yerden başka yere taşır veya sisteme ait bir parçanın (aksam, grup, montaj vb.) gerekli kontrolünü sağlarlar.

4.2.5. Enerji akışı özellikleri

Enerji akışı tamamlayıcısı, enerjiye ya da güce dayanarak etki ve akış örneği olarak ikiye ayrılır. Tamamlayıcılar, temel veya alt-enerji akışını daha ayrıntılı belirtmede kullanılır ve bir akış sadece bir tamamlayıcı için kullanılmalıdır [5].

Örneğin; Şekil 4.1’de tüm fonksiyon yapısı verilen elektrikli bir tornavidayı ele alırsak, motorun enerji akışı için kullanılacak tamamlayıcı *açısal hız* veya *tork* mu olduğu belirlenmelidir. Bu ikisi de olabilir, fakat *tork* bu örnekteki durumu tanımlamada doğru seçim olacaktır. Çünkü elektrikli tornavida çıktısında etki daha önemli rol oynadığından *tork* doğru seçim olacaktır.



4.3. Fonksiyon Sınıf Taksonomisi

Bu bölümde; fonksiyonel model oluşturmak için ihtiyaç duyulan fonksiyon sınıflarından bahsedilecektir.

4.3.1. Fonksiyonlar

Akışlarda olduğu gibi fonksiyonlar da formüle edilmiştir. Bu çalışmada belirtilen fonksiyonlar hem tekrar geliştirilen tasarımlar hem de orijinal tasarımlar üzerinde yüzlerce defa kullanılmıştır.

Çizelge 4.2. Fonksiyon sınıfları, temel fonksiyonlar ve eş anlamlıları
(tekrarlanan eş anlamlılar italik olarak belirtilmiştir) [5]

Sınıf	Temel Etken	Akış Sınırlayıcı	Eş Anlamlı Anahtar Uygulamalar
Sınıflandırma	Ayır		Değiştir, Böl, Serbest Bırak, Çöz, Bağlantıyı Kes, Demonte Et, Çıkar
		Kaldır	Kes, Zımparala, Kumla, Del, Tornala
	Arit		Temizle, Süz, Filtrele, Sızdır, Temizle
	Dağıt		Arasını aç, Dağıt, Yay, Dök, Boşalt, İçine Çek, Islat, Uzaklaştır, Karşı Koy, Yok Et
Kanalize	Girdi		Giriş Yap, Al, <i>İzin Ver</i> , Şekil Girişi, <i>Tut</i>
	Çıktı		Boşalt, Çıkar, Yok Et, Uzaklaştır
	Aktarma	Naklet	Kaldır, Taşı
		İlet	İlet, Getir
	Sevk Kanalı		Yönlendir, Düzelt, Sür
		Ötele	
		Döndür	Çevir, Döndür
		Serbestlik Derecesine İzin Ver	Sınırla, Serbest Bırak
Birleştirme	Birleştir		Birleştir, Monte Et, İliştir
	Karıştır		Topla, Karıştır, Ekle, Paketle, Kaynaştır
Kontrol Önemi	Çalıştır		Başlat
	Düzenle		Kontrol Et, <i>İzin Ver</i> , <i>Önle</i> , Aç/Kapa Sınırla, Ertele, Valfi Aç/Kapa
	Değiştir		Artır, Azalt, Yükselt, İndir, Büyüt, Normalleştir, Çoğalt, Ölçeklendir, Doğrult, Ayarla
		Şekil	Sıkıştır, Ez, Şekillendir, Bastır, Nüfuz Et
		Koşul	
Dönüştürme	Dönüştür		Dönüştür, Sıvılaştır, Katılaştır, Buharlaştır, Yoğunlaştır, Birleştir, Farklılaştır, Yönlendir
Sağlama	Depola		Kapsa, Topla, Ayır, <i>Tut</i>
	Tedarik Et		Doldur, Temin Et, İkmal Yap, Ortaya Çıkar
	Çıkart		
Sinyal	Hisset		Algıla, Tanı, Farket, Yerini Sapta
	Belirt		İşaretle
	Görüntüle		
	Ölç		Hesapla
Destekleme	Durdur		Yalıtım, Muhafaza Et, <i>Önle</i> , Ört, Engelle
	Dengele		Sabitle
	Güvenceye Al		<i>İliştir</i> , Monte Et, Kilitle, Sabitle, Tut
	Yerleştir		Yönlendir, Hizala, Konumlandır

Fonksiyon sınıfları, Çizelge 4.2’de sunulmuştur. İlk sütun, sekiz fonksiyon sınıfı içerir ve bunlar genişletilerek 2. sütunda yer alan temel fonksiyonlar oluşturulmuştur. 3. sütundaki liste ise sadece geçerli bir uygun akışla kullanılan fonksiyonlardır. Örneğin, *ilet* fonksiyonunu akış sınıfında sınırlı kullanılır. Çünkü enerji, sinyal ve fonksiyon olarak akış sınıfı malzemeleriyle birlikte kullanılır. Son sütunda verilen terimler (anahtar uygulamalar) ise genelde sık kullanılan uygulamalardır. Bu anahtar uygulamalar, kullanıcının fonksiyon sınıfını doğru tesbitinde yardımcı olur.

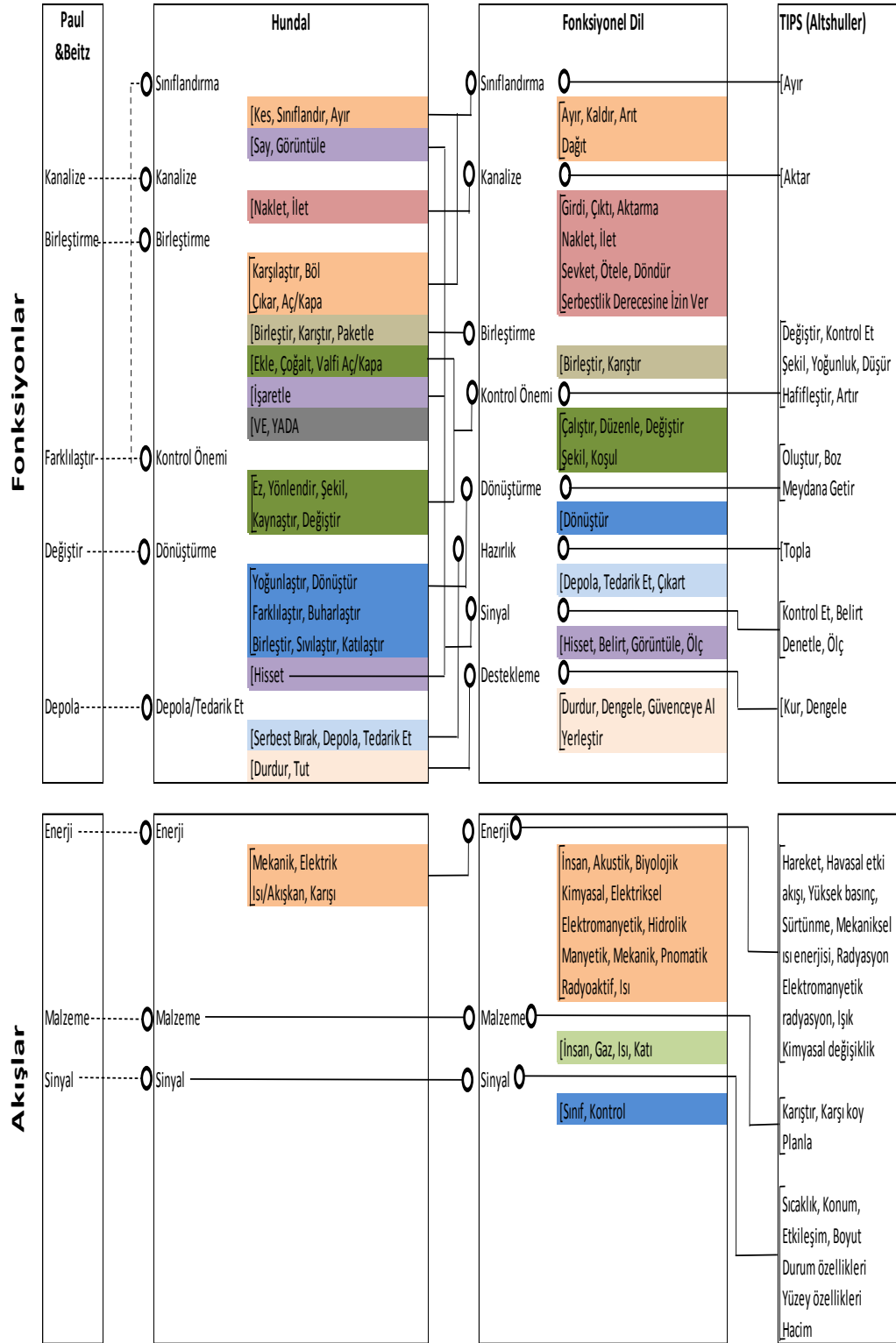
4.3.2. Fiil-Nesne formatı kullanımı

Bir fonksiyon yapısındaki fonksiyon; genelde alt fonksiyonlarda kullanılan standart fiil-nesne çiftinin fiil kısmını belirtir. Ancak, fiil-nesne formatı bazı alt fonksiyonlar için daha kolay uygulanır. Mesela, *serbestlik derecesine izin ver*, *birleştir*, *karıştır* ve *dönüştür* fonksiyonları fiil-nesne çiftinin fiil kısmını oluşturur [5]. Örneğin; bir müşteri 100 m/dk hızla iki farklı renkte boyayı karıştıracak bir ürün istiyor. Bu örnekte fiil-nesne çifti boyayı-karıştır olacaktır (karıştır fonksiyonu standart bir fonksiyon olması adına Tablo 4.2’den seçilmelidir).

4.4. Fonksiyonel Dillerin Karşılaştırması

Pahl ve Beitz’in üç farklı fonksiyon ve akış taksonomisi, yüksek seviyeli fonksiyon ve akışlardan bahsetmektedir. Hundal tarafından hazırlanan taksonomide ise fonksiyon ve akışlar tekrar düzenlenerek ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Pahl ve Beitz’in taksonomisinde beş olan fonksiyon sınıf sayısı Hundal tarafından altıya çıkarılmıştır ve 38 temel fonksiyon sınıfı (anahtar uygulama) geliştirilmiştir. Fonksiyonel dil yapısı ise geliştirilerek sekiz başlık altında toplanmış ve ayrıca fonksiyon sınıfında bulunan anahtar uygulama sayısı 32’ye düşürülmüştür [5]. Öte yandan önceden geliştirilen fonksiyon taksonomisi, fonksiyonel dil ile karşılaştırılarak bu dilin önceki çalışmaları kapsadığı Çizelge 4.3’de görülmektedir.

Çizelge 4.3. Fonksiyon taksonomileri ile fonksiyonel dil yapısını karşılaştırma [5]



Hundal’ın taksonomisine göre mutfak karıştırıcıyı ele alırsak, bunun alt fonksiyonu için listeden seçeceğimiz fonksiyon sınıfı (anahtar uygulaması), *ürünü sıvılaştırmak* olabilir. Başka bir örnek olarak derin dondurucunun buz yapma ünitesini ele alacak olursak, bu ürünün fonksiyon sınıfı (anahtar uygulaması) ürünü *katılaştır* olmalıdır. Fonksiyonel dil yapısında fonksiyon sınıfı belirlemede kullanılan anahtar uygulama sıvıyı katıya *dönüştür* şeklinde tersinden de kullanılabilir [5].

Çizelge 4.3’de, aynı zamanda fonksiyonel dil yapısı, TIPS (Theory of Inventive Problem Solving) tarafından tanımlanan fonksiyon ve akışları da kapsamaktadır. Hundal’ın taksonomisi, fonksiyon tabanlı tasarım metodolojisi ile (TIPS, Sovyetler Birliği’ de bağımsız bir araştırma merkezi iken) geliştirildi [5].

4.5. Akış Taksonomisinde Kullanılan Terimler

Akış taksonomisi temelde üç başlık altında incelenmektedir:

1. Malzeme
2. Enerji
3. Sinyal

Bu üç temel başlık altında bulunan akış sınıfları detaylı bir şekilde ele alınacaktır.

4.5.1 Malzeme

Akış taksonomisinde malzeme altı gruba ayrılır [5]:

1. İnsan destekli akış
2. Gaz destekli akış
3. Sıvı destekli akış
4. Katı destekli akış
5. Plazama
6. Karıştır

İnsan destekli akış: Bir kişinin, bütün vücudu veya vücudunun bir parçası ile sistem sınırlarına dahil olmasıdır. Örneğin; kahve yapma makinesi çalışmaya başlayabilmesi için *insanın* düğmeye basması gerekir ve böylece sistem suyu ısıtmaya başlayabilir.

Gaz destekli akış: Gelişi güzel hareket halinde olan ve birbirleriyle bir bağı olmayan moleküllerin karakterize olmuş şekilde bir araya gelmeleridir. Örneğin; bir fanın dönen bıçakları sayesinde havayı hareket ettirmesi. Burada hava *gaz destekli akışa* dönüşür.

Sıvı destekli akış: Kendi enerjisi ile akabilen bir sıvı molekülleri birbirine göre hareket etme kabiliyetine sahiptir. Sıvının sahip olduğu bu kabiliyet, sistemlerde sıvı destekli bir akışı sağlamaktadır. Fakat sıvı ile zemin arasında sürtünme kuvveti olduğundan bu akış sürekli olmaz. Örneğin; kahve makinesi içine su akıtmak bir *sıvı destekli akış* olur.

Katı destekli akış: Sistem içinde akış sağlayacak kadar rijit ve sağlam bir yapıda olan her nesnenin sebep olduğu akış türüdür. Örneğin; kağıt zımpara bir tutamağa monte edilerek el zımparasına dönüştürme esnasında oluşan yeni zımparaya bir *katı* geçişi olmuştur. Yeni oluşan zımpara aletinde bulunan kağıt zımpara, bir cisim üzerinden talaş kaldırabilecek sağlamlıkta ve rijitliktedir.

i) Nesne: Bir boşlukta yer işgal eden, tutulabilen ve görülebilen malzemedir. Örneğin; geri dönüşüm için kağıt parçalama kutusu, *nesne* akışı olarak temsil edilir.

ii) Partikül: Bir maddenin küçük parçacıklara ayrılması ile oluşur. Örneğin; tanecikli şeker veya toz boya *partiküle* bir örnektir.

iii) Kompozit: Katı bir malzemeye ait iki veya daha fazla fiziki karakteristikleri kapsayan ve bu tür malzemenin tüm bir üniteye ait beğenilen özelliklerine katkı sağlayan yapıdır. Her çeşit yüksek-dayanımlı ve hafif mühendislik malzemeleri, çeşitli alaşım, plastik ve seramik bileşimlerinden oluşur. Örneğin; ağaç türü bir malzemedir, fiberglasın metal, plastik ve seramik veya polimerlerin bir araya gelmesi

ile faydalı bir *bileşik* oluşturmuşlardır. Kevlar malzemeden geliştirilmiş bir kumaş, reçine vasıtası ile kağıt petekler şeklinde birleştirilmesiyle oluşur ve bir *bileşiktir*.

Plazma: Bir gaz bazı özellikler sergileyerek elektriksel olarak nötr yüklü parçacıklar toplar, ama bir gazdan farklı olarak, elektrik özelliği manyetik alanla etkilenir ve iyi bir iletkenlik sağlar. Örneğin; plazma ile kesim iyonize olmuş havanın yoğun ışınlarına odaklanır. Bu işlem, *plazma* olarak bilinir, elektrik arkı ile oluşturulur ve böylelikle oluşan elektrik arkı malzemeyi kesebilmek için eritmektedir.

Karıştır: İki veya daha fazla öğenin, karışım oranına bakılmadan, kendi özelliklerini kaybetmeden ve bariz fiziksel özellikleri ile bir araya gelmesidir. Örneğin; akşam beklenen yağışın, yağmur, karla karışık yağmur ve kar *karışımı* şeklinde olması.

i) *Sıvı-Sıvı:* İyi bir akış yeteneğine sahip iki veya daha fazla akışkanın bir araya gelmesidir. Örneğin; makine yağı ve benzinin bir araya gelerek makine bakımında kullanılması *sıvı-sıvı* karışımına bir örnektir.

ii) *Gaz-Gaz:* Gelişi güzel hareket halinde olan ve aralarında bir bağ olmayan iki veya daha fazla molekülün bileşimidir. Örneğin; kaynakta kullanılan argon gazı ile karbondioksit gazının karışımı *gaz-gaz* karışımına bir örnektir.

iii) *Katı-Katı:* Belli bir ağırlık ve akışı sağlayacak yapıda iki veya daha fazla nesne birleşimidir. Örneğin; çakıl, kum ve çimentoyu birleştirip beton oluşturmak ve sıva veya harç olarak kullanmak. Bu bileşim sonrası harç *katı-katı* karışıma bir örnektir.

iv) *Katı-Sıvı:* Bileşimi oluşturan nesnelerden en az biri katı veya sıvı olan bir karışımdır. Örneğin; soğuk çaya buz karışımı *katı-sıvı* karışımına bir örnektir. Buzlar (katı), su (sıvı) ve çay tanecikleri (katı).

v) *Katı-Gaz:* Bileşimi oluşturan nesnelerden en az biri katı veya gaz olan karışımdır. Örneğin; sis *katı-gaz* karışım örneğidir. Donmuş buz parçacıkları (katı), hava (gaz).

vi) *Sıvı-Gaz*: Bileşimi oluşturan nesnelerden en az biri sıvı veya gazdan olan bir karışımdır. Örneğin; karbonatlı içecekler *sıvı-gaz* karışımına bir örnektir. Karbonatlı içeceğin içinde bulunan aromalı şurup (sıvı), saf su (sıvı) ve karbondioksit (gaz).

vii) *Katı-Sıvı-Gaz*: Bileşimi oluşturan üç veya daha fazla nesneden en az birinin katı, sıvı veya gaz olmasıdır. Örneğin; bir kupa içindeki buzlu soda gibi. Kupa *katı-sıvı-gaz* üçlüsünü içermektedir.

viii) *Koloidal*: Katı, sıvı ya da çok küçük parçalardan oluşan gazları kapsayan, çözünmez, homojen görünümlü bir heterojen karışımdır. Örneğin; hava, duman ve sisin tümü *koloid* olarak tanımlanır. Sis, su damlacıklarının havada kalmasıyla oluşan bir karışımdır.

4.5.2. Enerji

Akış taksonomisi içinde enerji 12 gruba ayrılır [5]:

1. Genel tamamlayıcılar
2. İnsan destekli enerji
3. Akustik
4. Biyolojik
5. Kimyasal
6. Elektriksel
7. Elektromanyetik
8. Hidrolik
9. Manyetik
10. Mekanik
11. Pnömatik
12. Isı

Genel Tamamlayıcılar: Akış sınıfı içerisinde yer alan genel tamamlayıcılar; etki ve akış olmak üzere iki başlık altında incelenir.

i) *Etki*: Her bir parçanın istenen amacı yerine getirebilmesi için enerji kullanması.

ii) *Akış*: Her bir parçanın sahip olduğu enerjiyi herhangi bir nesneyi rahatça hareket ettirebilmek veya çalıştırabilmek ve istenen amacı yapması için kullanması.

İnsan destekli enerji: Bir aygıt üzerindeki işin bir insan tarafından yapılmasıdır. Örneğin; bir otomobilin kullanımı ve hızlanabilmesi için araç, *insan destekli enerji* akışına gereksinim duyar.

i) *Kuvvet*: Gerekli olan harekete bakılmadan bir insan etkisi ile sisteme giriş yapılması. Örneğin; oyuncak tabancayı tetikleyebilmek için *insan kuvvetine* ihtiyaç duyulmaktadır.

ii) *Hız*: Bir sisteme ait tüm parçaların öngörülen yol boyunca gerekli hareketlere ihtiyaç duyması. Örneğin; laptoplar üzerinde bulunan parmak hareketi izleme alanı, parmak hareketlerine göre imleci hareket ettirir. Bilgisayarın bu akışı yanıtlaması *insan kaynaklı hız akışı* olur.

Akustik: Ses iletimi ile sistemde görevin gerçekleştirilmesi. Örneğin; delik matkabı torkla birlikte akışı gerçekleştirmek için *akustik enerji* üretmektedir.

i) *Basınç*: Ses dalgalarının oluşturduğu basınç alanıdır. Örneğin; mikrofona bir diyaframa sahiptir, diyafram titreşerek *akustik basınç* etkisiyle yanıt vermektedir. Bu titreşim, diyafram direncini değiştirmektedir ve böylece alternatif akım devre dışı bırakılarak sistem üzerine doğru akım uygulanmaktadır.

ii) *Parçacık hızı*: Ses dalgalarının orta iletken malzeme üzerinde hız kazanması demektir. Örneğin; deniz altlarında bulunan sonar sisteminin nesne ile aralığını tanımlaması *akustik parçacık hızına* dayanmaktadır.

Biyolojik: Bitkilere ya da hayvanlara bağlı olarak üretilen bir iştir. Örneğin; kümes hayvanı barınaklarında oluşan gübreler, *biyolojik enerjiye* dönüşmektedir.

i) Basınç: Biyolojik akışkanın sıkıştırılarak kullanılmasıyla oluşan basınç alanıdır. Örneğin; yüksek konsantreli şeker ve tuz hücrelerinde bulunan vakuol içine ozmoz yolu ile su girmesiyle vakuol'ün genişleyerek hidrostatik bir *biyolojik basınç* oluşturmaktadır (bu süreç turgor olarak da adlandırılır). Hücre zarı hücre duvarına baskı uygular. Turgor, bitki dokusunun sabit ve rijit kalmasını sağlamaktadır.

ii) Hacimsel akış: Biyolojik sıvı akışlı moleküllerin sahip olduğu kinetik enerjidir. Örneğin; kas gibi veya bağırsak gibi organ dokularındaki metabolik faaliyet artışları, kanın damarlarda genişlemesiyle otomatik olarak uyarılır. Kanın damarlarda genişlemesi *hacimsel akışa* bir örnektir.

Kimyasal: Bir maddenin reaksiyon sonucu farklı bir maddeye dönüşmesiyle gerçekleşen iştir. Örneğin; bir pilin *kimyasal enerjiyi* elektrik enerjisine dönüştürmesidir.

i) Bağ: Kimyasal bağ ile atomları bir arada tutan kuvvettir. Bağ, bileşik oluşturmaya kimyasal potansiyeli olan türlerin orantılı olarak birleşmesidir. Örneğin; içten yanmalı bir motorda yakıtın ısı vasıtası ile kimyasal bir reaksiyon oluşturmaları sonucunda kimyasal *bağda* bulunan enerjinin mekanik enerji oluşturmaktadır.

ii) Reaksiyon hızı: Kimyasal reaksiyonlarda ürün oluşum hızıdır. Reaksiyon hızı, türü oluşturan molekül hızıyla orantılıdır. Örneğin, otomobil panellerinin özel bir maddeyle kaplanması çevredeki kimyasalın *reaksiyon hızını* durdurmasını sağlar.

Elektriksel: Elektronların negatiften pozitif kaynağa doğru akışı sonucu oluşan iştir. Örneğin; elektrikli zımpara *elektrik enerjisini* alır ve döner harekete dönüştürür.

i) Elektriksel kuvvet: Pozitif ve negatif kaynaklar arasındaki potansiyel farktır. Örneğin; evlerde kullanılan prizler yaklaşık 220 volt *elektriksel kuvvet akışı* sağlamaktadır.

ii) *Akım*: Kondüktördeki elektrik şarjı ya da potansiyel farklılığı olan iki nokta arasındaki yolda akışın oluşması. Örneğin; fren devresinin, sürüş esnasında belirtilen hız limit *akımı* aşıldığında devreye girmesi.

Elektromanyetik: Enerjinin serbest bir alan veya elektromanyetik dalgalar formunda üretilmesidir. Üretilmiş olan enerji hem dalgalara hem de parçacıklara ait özellikleri içermektedir. Örneğin; güneş panelleri *elektromanyetik enerji* akışını elektriğe dönüştürmektedir.

i) Genel tamamlayıcılar: Elektromanyetik akışın, etki ve akış olmak üzere iki çeşit tamamlayıcı akışı bulunur.

(1) *Etki*: İstenen amacı gerçekleştirmek için elektromanyetik enerjiyi kullanan her sistem.

(2) *Akış*: Harekete geçmesi veya çalışması istenen bir sistemin çalışabilmesi için elektromanyetik enerjiyi kullanması.

ii) *Optik*: Tabiat ile birlikte ışık ve görüş özellikleri ile ilgili olan görevdir. Ayrıca, güneş enerjisinin özel bir durumudur (solara bakınız). Örneğin; araçta bulunan güneşlik, *optik enerjiyi* zayıflatmaktadır.

(1) *Şiddet*: Birim alana gelen optik enerji miktarıdır. Örneğin; filmli camlar, içeri giren ışığın *optiksel şiddetini* azaltmaktadır.

(2) *Hız*: Işık iletkenlik hızıdır. Örneğin; NASA uzay mekiği için yük bölmesi ile uydu arasındaki mesafeyi hesaplayan bir yörünge kontrol algılayıcısı (TCS) üretilip geliştirmiştir. Bu sistem *optikal hız* akışı sabitliğine dayanmaktadır. Sistem zaman aralığını lazerden yansıyan veriye göre uçuş mesafesi ölçümünü hesaplamaktadır.

iii) *Solar*: Görev, güneş vasıtasıyla icra edilir. Örneğin; güneş panelleri *güneş enerjisini* toplar ve elektrik enerjisine dönüştürür.

(1) *Şiddet*: Birim alana gelen güneş enerjisi miktarıdır. Örneğin; bulutlu bir günde güneş panelinin elektriğe dönüştürmede ihtiyacı olan *güneş şiddeti* azalır.

(2) *Hız*: Boşluktaki ışığın hızıdır. Örneğin; birçok enerji akışı aksine, güneş *hızı* iyi bir etken olarak bilinir.

Hidrolik: Sıvı hareketine dayalı iştir ve hidrostatik kuvvetler içermektedir. Örneğin; hidroelektrik barajları *hidrolik enerjiyi* kullanarak suyun tribünlerden geçmesi ile elektrik enerjisi üretmektedir.

i) *Basınç*: Sıkıştırılmış sıvı tarafından belli bir alana uygulanan basınçtır. Örneğin; hidrolik krik o ağır nesneleri kaldırabilmek için *hidrolik basınç* akışı kullanmaktadır.

ii) *Hacimsel Akış (Debi)*: Akışkan haldeki moleküllerin hareketidir. Örneğin; su sayacı, boru hattı üzerindeki su damlacık basıncını önemsemeden, sayaçtan geçen suyun birim kesitteki *hacimsel akışını (debisini)* ölçmektedir.

Manyetik: Manyetik akış, ya doğal olarak meydana gelir ya da elektriksel bir olayın sonucu oluşur. Malzemelerin diğer malzemelere göre olan çarpıcı özelliğinin üstlendiği görevdir. Örneğin; manyetik bir kilit, *manyetik enerji* sayesinde demir bazlı bir yapı üzerinde güvenli bir şekilde durabilir.

i) *Manyetiksel kuvvet*: Manyetik bir malzeme çekirdeğ i içindeki manyetik akış, itici gücü meydana getirir. Manyetiksel kuvvet, direk olarak çekirdek etrafına sarılı bobin akımı ile orantılıdır. Örneğin; bir manyetik kapı kilidinde manyetiksel bir kuvvet değişimi söz konusudur (elektriksel akım değişimi meydana getirerek). *Manyetiksel kuvvet* kapının kilitlenip tekrar açılmasını sağlamaktadır.

ii) *Manyetik akım oranı*: Manyetik akım oranı, bir bobinde bulunan akımın vasıtası ile indüklenmiş olan çekirdekdeki manyetik yer değıştirmedir. Manyetik akış değışkeni, akım değışiminin zamana oranıdır. Manyetik bobin üzerindeki voltaj, direk olarak manyetik akım değışiminin zaman miktarına oranlanır. Örneğin;

manyetik röle bir güç çeviricidir. Sistem, rölenin kolu hareket ettiği zaman *manyetik akım* değişim zamanını algılar.

Mekanik: Bir makine parçalarının hareketiyle ilgili akıştır. Enerjisi olan ya da yüklü durumdaki bir nesnenin sahip olduğu germe enerjisidir. Örneğin; bir asansör, elektrik ya da hidrolik enerjisini *mekanik* enerjiye dönüştürmektedir.

i) Genel tamamlayıcılar: Mekanik bir akışın genel tamamlayıcıları etki ve akış olmak üzere iki gruba ayrılır.

1) Etki: İstenen amacı yerine getirmede mekanik enerjiyi kullanan tüm parçalardır.

2) Akış: Tüm parçalar, mekanik enerjiyi kullanarak bir nesnenin istenen yere hareket etmesine veya çalışabilmesine sebep olurlar.

ii) Dönel enerji: Dönme sonucu veya asıl dönme sonucu oluşan enerjidir. Örneğin; müşteriler elektrikli bir tornavida satın alırken önce *dönme enerjisiyle* ilgilenirler.

1) Tork: Moment üretimiyle ilgili veya dönmeye eğilimdir. Örneğin; elektrikli tornavida da elektrik enerjisi dönel enerjiye dönüşür (*tork* meydana gelir). Müşteri, tornavidada öncelikle vidayı hızlı sıkmadan ziyade bunu yerine takma yeteneği arar.

2) Açısal hız: İlgili yere yönelme veya belirli bir eksen etrafında açısal pozisyon değişiminin zamana oranıdır. Örneğin; santrifüj, karışım içindeki farklı yoğunluklu sıvıları ayırmak için kullanılır. Burada santrifüj *açısal hızı* meydana getirir. Çünkü bir eksen etrafında dönme hızı sonucu oluşan iş sistemden beklenen temel görevdir.

iii) Öteleme enerjisi: Enerji akışı oluşumu ya da gerçek bir öteleme tarafından veya ötelemede ihtiyaç duyulan enerjidir. Örneğin; bir tabanca, *öteleme enerjisini* mermiyi gitmesi gereken uzaklığa iletebilmede kullanmaktadır.

1) *Kuvvet*: Öteleme hareketini oluşturmaya zorlamak ya da sistemden beklenen öteleme aksiyonunu gerçekleştirebilmektir. Örneğin; çekme deneyi test düzeneğinde ana akış, numune parça üzerindeki gerilim *kuvveti* büyüklüğüdür.

2) *Doğrusal hız*: Parçanın üç eksen doğrultusunda tanımlanan harekettir. Örneğin; asansör kabini katlar arasındaki hareketi esnasında *doğrusal hızı* kullanmaktadır.

Pnömatik: Sistemde bulunan basınç veya sıkıştırılmış gaz akışından faydalanılarak yapılan iş sonucudur. Örneğin; otobüs kapılarındaki pistonlarda bulunan sıkıştırılmış havanın *pnömatik enerjisi* vasıtası ile kapıyı sıkı bir şekilde kapalı tutması.

i) *Basınç*: Sıkıştırılmış gaz tarafından belli bir alana basınç uygulanmasıdır. Örneğin; silindirin *pnömatik basınç* akışı ile pistonu ötelemesidir.

ii) *Kütle Akışı*: Bir gaz akışı içindeki moleküllerin kinetik enerjisidir. Örneğin; saç kurutma makinasından nemli saç ısı enerjisi aktarılmasıyla havanın *kütle akışı* gerçekleştirilmiş olması.

l) *Radyoaktif (Nükleer)*: Tanecikler veya alfa, beta, gama gibi ışınların kendiliğinden dağılması sonucu oluşan işin sonucudur. Örneğin; nükleer reaktörler *radyoaktif enerji* üreterek, su buharını ısıtıp sonrasında elektrik tribünlerini döndürmektedir.

i) *Yoğunluk*: Birim alanda bulunan radyoaktif partikül miktarıdır. Örneğin; beton, radyoaktif etkiden koruyucu bir malzemedir ve beton kalınlığıyla orantılı olarak *radyoaktif yoğunluğu* azaltır.

ii) *Bozulma oranı*: Radyoaktif parçacıkların bir madde tarafından emilme oranıdır. Örneğin; karbon *bozulma oranı* sayesinde tarihi kalıntı yaşlarının tespit edilmesi.

Isı: Cisimler arası sıcaklık farkı iletimiyle oluşan enerjidir. Örneğin; kahve yapma makinesi, elektrik enerjisini *ısı enerjisi* akışına dönüştürerek bu ısıyı suya iletir. Not: Bu kısımda sözde-ilişki yaklaşımı kullanılmıştır. Gerçek etki ve akış değişkenleri,

sıcaklık ve entropi değişiminin zamana oranıdır. Ancak, bu kısımda ısı akışı seçildiğinden dolayı daha pratik olması açısından sözde-akış kullanılacaktır.

i) Sıcaklık: Bir cismin ısınma derecesidir. Örneğin; kahve yapma makinesinde üretilen ısı, suyun *sıcaklık* artışına sebep olmaktadır.

ii) Isı akışı: (Not: Bu akış bir çeşit sözde-akıştır) Bir cismin ısı enerjisi değişiminin zamana oranıdır. Örneğin; motor muhafazası üzerindeki kanatlar, temas halindeyken ve geleneksel yol ile motora dahil olan *ısı akışını* artırmaktadır.

4.5.3. Sinyal

Akış taksonomisinde sinyal durum ve kontrol olmak üzere iki gruba ayrılır [5]:

1. Durum
2. Kontrol

Durum: Herhangi bir sistemin durumu hakkındaki bilgidir. Örneğin; otomobiller sürekli motor suyu sıcaklığını ölçüp sürücüye *durum sinyali* göndermektedir.

i) İşitsel: Bazı sistemler durum hakkındaki bilgiyi ses olarak iletirler. Örneğin; pilotlar, bilgiyi *işitsel* olarak alırlar; mesela uçakları tehlikeli alçak irtifaya düştüğünde “çekin” şeklinde *işitsel* bir mesaj sistem tarafından pilota iletilir.

ii) Koklama: Bazı sistemlerin durumu koku duyusu veya partikül sayısı ile ilişkilidir. Örneğin; karbon monoksit detektörleri çevreden *koku sinyalleri* olarak çalışır. Koku seviyesi fazlalığı ortamdaki karbon monoksit partikül sayısına göre tespit edilir.

iii) Hissel: Bazı sistemler durum hakkındaki bilgiyi dokunarak veya direk temasla algılar. Örneğin; cep telefonu titreşim yoluyla kullanıcıya *hissel bir sinyal* iletir.

iv) Tat: Tat alma duyusu tarafından algılanan bir durumdur. Örneğin; elektrikli kızartma tenceresini kapatması gerektiğini kullanıcı, üründen aldığı *tat sinyali*ne göre karar verir.

v) Görsel: Bazı sistemler, bazı görselleri görüntüleyerek durum hakkında kullanıcıya bilgi verirler. Örneğin; elektrikli tornavida da, kullanıcının doğru sıkma yönünü tayin edebilmesi için *görsel bir sinyal* olarak aygıt üzerine ok sembolünün konması.

Kontrol: Bir mekanizma, enstrümana veya aparata gönderilen komuttur. Örneğin; bir uçak pilotu asansör körüğü (yolcuları uçağa alan sistem) hareketine bağlı olarak sisteme *kontrol sinyali* gönderir. Körük hareketi elektriksel sinyale dönüştürülerek kablolar vasıtasıyla asansöre gönderilir daha sonra asansörün fiziksel bir sapma yapması olarak dönüştürülüp sisteme gönderilir.

i) Analog: Kontrol sinyali; direk, sürekli, ölçülebilir veya fiziksel değişken sayısı olarak gönderilir. Örneğin; radyo ses düğmesi çevrilerek sisteme *analog* bir sinyal gönderilir. Sisteme ulaşan sinyale göre ses seviyesi azaltılır veya çoğaltılır.

ii) Ayır: Kontrol sinyali, bölünerek, farklılaştırılarak, ilgisiz ya da süresiz sayıda gönderilir. Örneğin; bir bilgisayar hard disk kontrol ünitesine, oku ya da yaz şeklinde *ayrı sinyaller* gönderebilir.

4.6. Fonksiyon Taksonomisinde Kullanılan Terimler

Burada belirtilen fonksiyonlar, yine bu bölümde verilen akışları yönetmekle sınırlıdır. Bu kısıtlama çeşitli tüm, alt veya elementer düzeyli fonksiyonların hepsinde geçerli olacaktır.

Fonksiyon taksonomisi sekiz temel fonksiyon çeşidinden oluşur [5]:

1. Sınıflandırma
2. Kanalize

3. Birleştirme
4. Kontrol
5. Dönüştürme
6. Sağlama
7. Sinyal
8. Destekleme

Sınıflandırma: Sistemin gereğinden daha uzun süre birleşik ya da karışmış şekilde kalmaması için, malzeme, enerji ve sinyal üçlüsü ile bir akış gerçekleşmesine izin veren fonksiyon türüdür.

Ayır: Farklı parçalarla akışı ayırmada kullanılır (malzeme, enerji, sinyal). Sistemden ayrılan parçalar bu ayrılma öncesi akışa göre farklıdırlar. Bu farklılığın oluşmasını sağlayan fonksiyon türüdür. Örneğin; cam bir prizma gelen ışığı farklı dalga boyutlarına *ayırarak* renk demeti oluşturmaktadır. Burada ışık tek bir renk halinde cam prizmaya giriş yapmış ve prizmadan çıkarken tamamen farklılaşmıştır.

i) Böl: Sisteme giren akışı bölmek için kullanılır. Örneğin; bilet makinesi, parayı çeşidine göre *bölmektedir*.

ii) Çıkar: Sistemde bulunan bir etkeni değiştirmek ya da sistem içinden akışı zorla çekmek için kullanılır. Örneğin; vakumlu bir temizleyici, yıkıntı içinden önemli karışımları *çıkartır* ve sonrasında havaya temizlenmiş olarak bırakır.

iii) Kaldır: Bir parçanın, sistem içindeki akışını önceki yerinden uzaklaştırmak için kullanılır. Örneğin; zımpara, temiz bir yüzey elde etmek için ağaç üzerinden küçük parçacıklar *kaldırmaktadır*.

Dağıt: Akışı ayırmak için kullanılır (malzeme, enerji, sinyal). Örneğin; bir sprey saçlar arzu edilen şekli alana kadar kafa üzerine sıvı *dağıtır*.

Kanalize: Sistemde bulunan bir unsuru bir yerden başka yere taşımak için kullanılan fonksiyon türüdür.

Girdi: Sistem sınırları dışından akışa, malzeme, enerji ya da sinyal getirilmek için kullanılan fonksiyondur. Örneğin; kahve makinesi karıştırma haznesi üstünde fiziksel bir açıklık olması sisteme dışarıdan katı yiyecek *girdisine* sebep olacaktır. Ayrıca, karıştırıcı hazne üzerindeki kolun hareketi için sistem dışından insan eli *girdisine* ihtiyaç vardır.

Çıktı: Sistem sınırları dışına malzeme, enerji ya da sinyal akışı göndermek için kullanılan fonksiyon türüdür. Örneğin; karıştırılan yiyeceklerin standart bir hazneye boşaltılması sistemden sıvı *çıkışı* şeklinde gerçekleşir.

Aktarma: Bir akışı (malzeme, enerji, sinyal), bir yerden başka yere taşımak ya da değiştirmek için kullanılan fonksiyon türüdür.

i) Naklet: Bir malzemeyi, bir yerden başka bir yere taşımak için kullanılır. Örneğin; kahve yapma makinesi suyu ısıtma bölmesi ve daha sonra filtre haznesinden geçirmek suretiyle suyu bir yerden diğer bir yere *nakletmiş* olur.

ii) İlet: Enerjiyi bir yerden başka bir yere iletmek için kullanılır. Örneğin; el zımpara gövdesi zımparalanacak olan nesne üzerine insan kuvvetini *iletir*.

Sevk et: Bir akışı (malzeme, enerji, sinyal), belirli bir yol boyunca yönlendirmek için kullanılır. Örneğin; ev içinde kullanılan HVAC (Heating Ventilating and Air Conditioning) doğru konumlanmış sistem kanalları vasıtası ile havayı arzu edilen doğrultuda *sevk etmesi*.

i) Ötele: Bir akış hareketini bir cihazın belli yönlü lineer hareketiyle sabitlemesi için kullanılır. Örneğin; bir montaj hattında, konveyörün kısmen bitmiş olan ürünleri, bir montaj hattından diğer montaj hattına *ötelemesi*.

ii) Döndür: Bir akış hareketini bir eksen etrafında dönen aygıt hareketiyle sabitlemede kullanılır. Örneğin; bir bilgisayarın CD sürücüsünde, okuyucu kafa CD'yi okuyabilmek için CD'yi bir eksen etrafında *döndürür*.

iii) Serbestlik derecesine müsaade: Akışın hareketini kontrol edebilmek için ağıta bir veya daha fazla yönde dışarıdan kuvvet uygulamaktır. Örneğin; Bir bagajı kolay kullanabilmek ve kapatmak için bagaj kapağı özel bir serbestlik derecesine sahip olmalıdır. Dört çubuk mekanizması, döner bir *serbestlik derecesine müsaade* eder.

Birleştirme: İki veya daha çok akışı (malzeme, enerji, sinyal) birleştirmede kullanılır.

Birleştir: Birbirinden ayırt edilebilir akış (malzeme, enerji, sinyal) elemanlarını bir araya getirmek ya da birleştirilmede kullanılır. Örneğin; bir silgi ve yazma kısmı olan bir kalemi ele alırsak; metal düzenek üstüne silgi bağlanmasıyla *birleştirme* fonksiyonu gerçekleşmiş olur.

i) Birleştir: Akışı, önceden belirlenmiş bir tarzda birleştirmede kullanılır. Örneğin; bir dişli çark mandalı mil üzerinde bulunan oyukla *birleşir*.

ii) Bağla: Bir akış vasıtası ile başka bir akışın bağlanmasıdır. Örneğin; bir gerdirme sistemi kablonun iki ucunu birbirine *bağlar*.

Karıştır: İki akışın (malzeme, enerji, sinyal), tek bir yerde toplanması için kullanılır. Bir boya karıştırma haznesi boyayı homojen bir sıvı olana dek *karıştırır*.

Kontrol: Bir akış (malzeme, enerji, sinyal) genişliği ya da boyutunu değiştirmek için kullanılır.

Çalıştır: Enerji, sinyal ya da bir kontrol sinyal yanıtı alınan malzemeyi başlatmak için kullanılır. Örneğin; bir elektrik devresindeki anahtarın elektrik enerjisiyle bir lambayı *çalıştırması*.

Düzenle: Enerji, sinyal ya da akış karakteristiğine bağlı olarak bir kontrol sinyali yanıtı alan malzemeyi ayarlamak için kullanılır. Örneğin; musluğu akış oranını *düzenlemek* için çevirmek.

i) Artır: Bir akış sinyaline göre kontrol sinyalini büyütmede kullanılır. Örneğin; su akış debisini *artırmak* için musluğu daha çok açmak.

ii) Azalt: Bir akış sinyaline göre kontrol sinyalini küçültmede kullanılır. Örneğin; su akış debisini *azaltmak* için musluğun kapatılması.

Değiştir: Enerji, sinyal veya ön tanımlı ve sabit olan malzeme akışını ayarlama kullanılır. Örneğin; bir el matkabında değişken bir direnç, elektrik enerji akımını motora iletir ve böylece matkap ucu hızı *değişmiş* olur.

i) Artırma: Bir akışı, belirli bir duruma göre büyütmede kullanılır. Örneğin; bir büyüteç camı kağıttan aldığı görsel sinyale göre yazı boyutunu *artırır*.

ii) Azaltma: Bir akışı belirli bir duruma göre azaltmada kullanılır. Örneğin; elektrikli bir tornavidanın dişli takımı, sistemde bulunan döner enerji akışını *azaltır*.

iii) Şekillendir: Bir malzemeyi kalıplamakta ya da bir akışa şekil vermede kullanılır. Örneğin; otomotiv endüstrisinde saclara büyük preslerle istenen *şekillerin* verilmesi.

iv) Koşul: Bir akışı, arzu edilen kullanıma müsait hale getirmede kullanılır. Örneğin; dalgalanma önleyici, elektrik enerjisi iletildiği yolda ani voltaj yükselmesi ve gürültü (genelde kondansatör ile) harici tutmak *koşuluyla* elektrikli bir cihaz hasarını önler.

Durdur: Bir akış (malzeme, enerji, sinyal) naklini kesme veya önlemede kullanılır. Örneğin; araba camı film kaplaması, camdan giren UV radyasyonunu *durdurur*.

i) Önle: Akışı bir olaydan uzak tutmak için kullanılır. Baraj duvarı altındaki kapak, suyun diğer tarafa geçmesini *önler*.

ii) Kısıtla: Nakli süren akışın bir kısmını önemli ölçüde kısıtlamada kullanılır. Örneğin; uzay mekik yapısı, radyasyon akışını ekibi ve kargoyu korumak için *kısıtlar*.

Dönüştür: Bir akış (malzeme, enerji, sinyal) şeklini bir başka şekle değiştirir. Pratikte, “elektrik enerjisini torka dönüştür”, “katıyı optik enerjiye dönüştür” şeklindedir. Örneğin; bir elektrik motoru elektrik enerjisini döner enerjiye *dönüştürür*.

Sağlama: Sisteme, malzeme veya enerji akışı sağlamak ya da toplamada kullanılan fonksiyon türüdür.

Depola: Bir akışı toplamada kullanılır. Örneğin; bir el fenerinde bulunan DC elektrik bataryası enerjiyi *depolar*.

i) Kapsa: Bir akışı sistem sınırları içinde tutmada kullanılır. Örneğin; bir elektrik süpürgesi poşeti evden topladığı atıkları *kapsar*.

ii) Topla: Bir akışı, bir yerde bir araya getirmek için kullanılır. Örneğin; güneş panelleri ultraviyole güneş ışınlarını küçük bir güç mekanizmasında *toplar*.

Tedarik et: Bir akışa depolama yeteneği sağlamaktır. Örneğin; bir el fenerinde ampule bataryadan enerji *tedarik etme*.

Sinyal: Malzeme, enerji veya çıktı sinyaline, sinyal akış bilgisi sağlamada kullanılan fonksiyon türüdür. Sağlanan bilgi akışı değişmemiş fonksiyonu geçerek gerçekleşir.

Hisset: Algılamak veya bir akışın farkında olduğunu algılamak için kullanılır. Örneğin; bir teyp, kasetin sonuna geldiğini *algılar*.

i) Fark et: Bir akışa ait bilgiyi keşfetmedir. Örneğin; bir ölçü cihazı gaz silindirin doğru basınç aralığı üstünde olduğunu *fark etmesi*.

ii) Ölç: Bir akış önemini belirlenmede kullanılır. Örneğin; analog bir termostat, sıcaklığı bimetal şerit vasıtasıyla *ölçer*.

Belirt: Akış hakkında bilinen bir şeyi yapmada kullanılır. Örneğin; kahve yapma makinesinin su haznesindeki küçük pencere, makine içindeki su seviyesini *belirtir*.

i) İzle: Akıştan gelen bir veriyi gözlemek ya da kaydetmek için kullanılır. Örneğin; batarya performansı *izlenerek* düşük verim noktası tespit edilebilir.

ii) Görüntüle: Bir akışa ait bilgileri düşünce veya göz yoluyla algılamada kullanılır. Örneğin; bir dik işleme tezgah takımının yeri, xyz koordinat sisteminde sistem tarafından monitörde *görüntülenir*.

Yönlendir: Gerekli operasyon veya adımların sayı ya da belli bir işlem bilgisi ile sunulmasıdır. Örneğin; Bir bilgisayar, kullanıcıya işlemle ilgili erişim izni öncesi “giriş yapınız” şeklinde kullanıcıyı *yönlendirir*.

Destekleme: Bir malzemeyi belirli yerde tutmak veya bir enerji güvenliği ya da özel bir yöndeki sinyal için kullanılır.

Dengele: Bir akışın yön veya konum değiştirmesini önlemede kullanılır. Örneğin; bir elektrik süpürgesi hortumuyla pislikleri emdiğinde *dengede* kalabilmesi için düşük bir yükseklik ve ağırlık merkezi üzerine konumlu olmalıdır.

Güvenceye al: Bir akış yolunun kesin değişmemesi için kullanılır. Örneğin; bisiklet eldiveni üzerindeki kemer kullanıcı elinin doğru yerde *güvenle* durmasını sağlar.

Yerleştir: Bir akışı (malzeme, enerji, sinyal), özel olarak doğru bir yer veya yönde yerleştirmede kullanılır. Örneğin; taşıma ve bozuk para değerlendirme işleminin başlaması için bozuk para soda makinesi üzerindeki bozuk para oluğuna *yerleştirilir*.

5. FONKSİYONEL MODEL VE TASARIM KATALOĞU OLUŞTURMA

Bu bölümde; tasarımcılara yol göstermek amaçlı fonksiyonel modelin nasıl oluşturulduğu detaylı bir şekilde bir örnekle desteklenerek adım adım ele alınacaktır. Aynı zamanda alt fonksiyonlar için çözümler aramada tasarımcıya kılavuz olan tasarım kataloğunun nasıl oluşturulduğu da incelenecektir. Ayrıca mekanik tasarımcıların veya mekanik tasarım mühendislerinin; aktarma organları, dişli kutuları, dönel cisimlerin yataklanmasında oldukça sık kullandıkları standart bir makine elemanı olan yuvarlanmalı (rulmanlı) yataklar için bir tasarım kataloğu da kılavuz olarak verilmiştir.

5.1. Fonksiyonel Model Türetme

Fonksiyonel model oluşturma, üçüncü bölümde bahsedilen kavramsal tasarım sürecinin en kritik ve en önemli basamaklarından birini oluşturmaktadır.

Tasarımcıların kavramsal tasarım işleminden kaçınmaları ve bunu zor bir süreç olarak görmelerinin en temel sebeplerinden birisi buradaki fonksiyonel model oluşturma ve uygulamanın zor bir adım olarak görülmesinden kaynaklanmaktadır. Fonksiyonel model yapısının tasarımcılara zor bir süreç olarak görülmesinin en temel nedenlerinden biri, fonksiyonel modelin asli olarak veri mühendislerinin görevi olduğundan ve tasarımcıların almış oldukları eğitim formatının bu yapıya aykırı olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca bu işlem çok soyut bir düzeydedir, oldukça fazla hayal gücü ve yaratıcılık gerektirir ve yüksek bilgi / tecrübe birikimine dayanır.

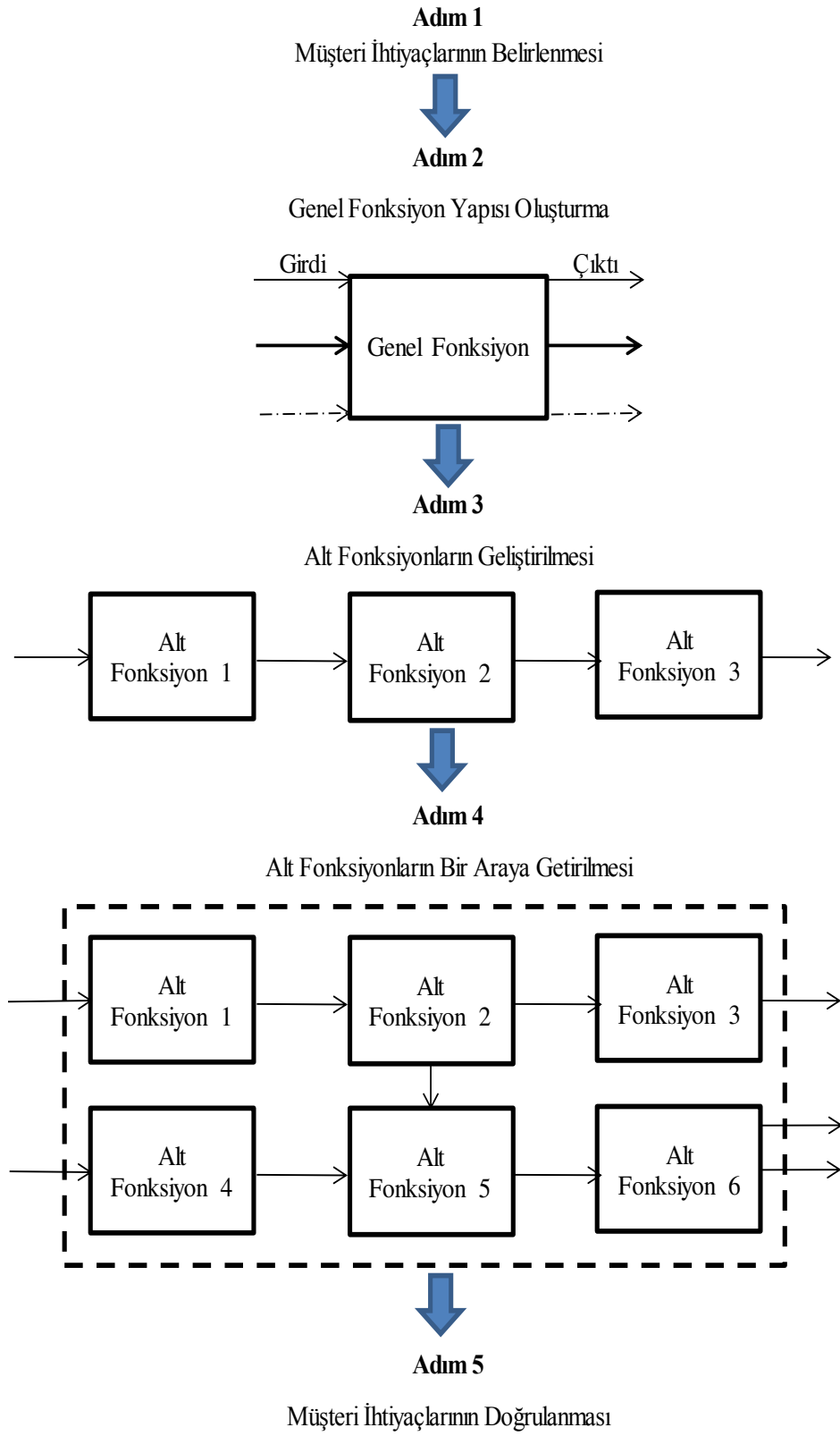
Fonksiyonel modeli, standart bir dil yapısı ile herkes tarafından anlaşılır ortak fonksiyonel diller kullanılarak oluşturulabilmek için, dördüncü bölümde fonksiyonel dil yapısı detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Tezin bu bölümünde, dördüncü bölümde verilen standart fonksiyonel dil yapılarından faydalanılarak fonksiyonel model yapıları oluşturmak hedeflenmektedir.

Fonksiyonel model türetme süreci, birbirinden farklı beş temel adımdan oluşmaktadır [27]:

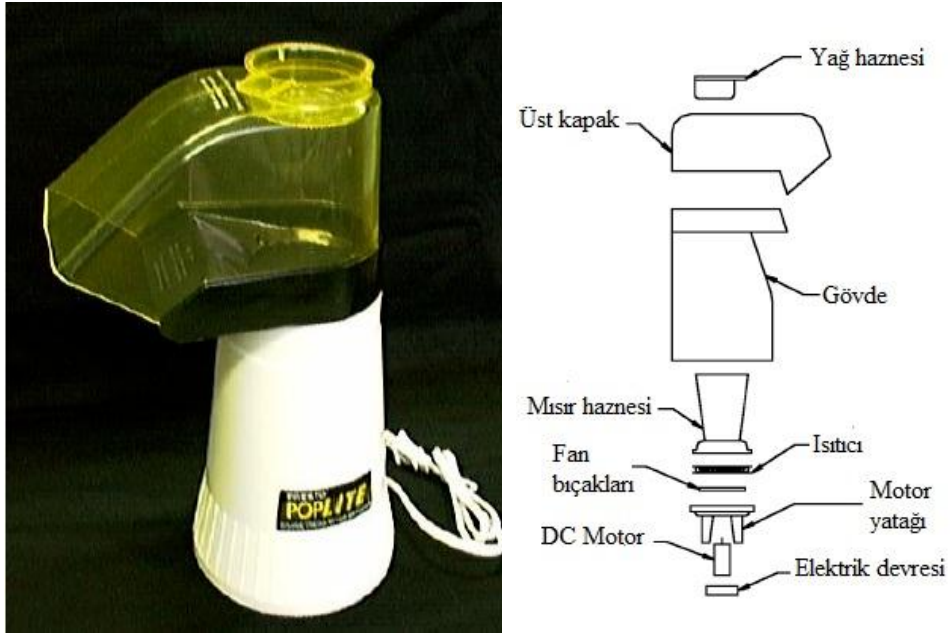
- Müşteri ihtiyaçlarının belirlenmesi
- Genel fonksiyon yapısını oluşturma
- Alt fonksiyonların geliştirilmesi
- Alt fonksiyonların bir araya getirilmesi
- Müşteri ihtiyaçlarının doğrulanması

Bu yapı şekil 5.1’de görülmektedir.

Fonksiyonel model kavramı oldukça soyut bir kavramdır. Kavramın daha iyi anlaşılır olması için şekil 5.2’de gösterilen Presto® Poplite® firmasının fonksiyonel model yapısı kullanarak geliştirdiği “Mısır patlatma makinesi” rneği üzerinden fonksiyonel model kavramının basamakları anlatılmıştır.



Şekil 5.1. Fonksiyonel model türetme adımları [28]



Şekil 5.2. The Presto® Poplite® Mısır patlatma makinesi (soldaki) ve parça detayları (sağdaki) [27]

5.1.1. Müşteri ihtiyaçlarının belirlenmesi

Müşteri ihtiyaçlarının belirlenmesi, fonksiyonel model türetme yönteminin ilk basamağıdır. Yeni geliştirilecek ya da revize edilecek ürünle ilgili müşterinin talepleri teknik özellikleri ile birlikte eksiksiz not edilmelidir. Bu aşamada müşterinin nihai üründen beklentileri, sade, anlaşılabilir ve tartışmaya yer vermeyecek şekilde ifade edilmelidir.

Örneğin; Presto® Poplite® firmasının, ihtiyacı olan mısır patlatma makinesine ait üründen beklentileri ve ürünle ilgili beklentilerinin önem dereceleri 1'den 5'e kadar numaralandırılmıştır (Çizelge 5.1.). Presto® Poplite® firmasının bu ürünle ilgili hedef maliyet belirtmesi durumunda maliyetin, sistemin enerji, malzeme ve sinyal akışına herhangi bir etkisi olmayacağından ve fonksiyonel model yapısında da maliyet, önem teşkil etmeyeceğinden müşteri ihtiyaç listesinde maliyet bilgisi yer almamış olacaktı [27].

Çizelge 5.1. Presto® Poplite® Mısır patlatma makinesi için müşteri ihtiyaçları [27].

Müşteri İhtiyaçları	Önem Derecesi (1' den 5' e kadar)
Hızlı ürün verme	5
Kolay kullanım	4
Yağı mısır üstüne karıştırması	4
Yağı hızlı eritmesi	3
Büyük mısır patlakları	3
Patlamayan çekirdekleri ayırması	2
Kolay taşınabilir	2
Sıcak mısır patlakları	2
Kolay saklanabilir	1
Kolay tutulabilir	1

5.1.2. Tüm fonksiyon yapısının (kara kutu modelinin) oluşturulması

Müşteri ihtiyaçları belirlendikten sonra tüm fonksiyon yapısı oluşturulmalıdır. Bu sürece müşteri ihtiyaçlarına ait akış ya da akış sınıflarının tanımlanmasıyla başlanılır. Ürünün tüm fonksiyon yapısı, fiil-nesne çifti şeklinde ifade edilmelidir. Sonra enerji, malzeme ya da sinyal akışlarının sistem içerisinde neleri faaliyete geçirebileceği tespit edilir. Çizelge 5.2’de müşteri ihtiyaçları ile akışlar arasındaki ilişki gösterilmiştir. Mısır patlatma makinesinin, girdi ve çıktı akışları Çizelge 5.3’de gösterilmiştir.

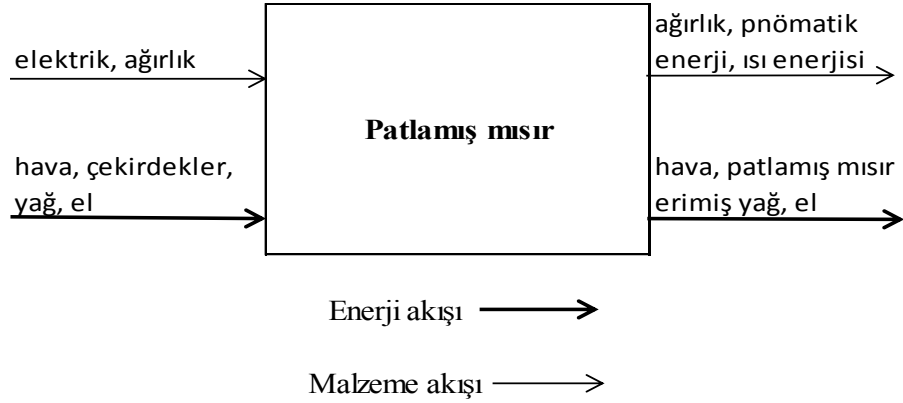
Çizelge 5.2. Müşteri ihtiyaçlarından akışların tanımlanması [27]

Müşteri İhtiyaçları	Önem Derecesi (1' den 5' e kadar)	İlgili Akış/Akışlar
Hızlı ürün verme	5	Elektrik, Isı enerjisi
Kolay kullanım	4	Elektrik, El hareketi
Yağı mısır üstüne karıştırması	4	Yağ, Çekirdekler
Yağı hızlı eritmesi	3	Yağ, Çekirdekler, Isı enerjisi
Büyük mısır patlakları	3	Çekirdekler, Hava
Patlamayan çekirdekleri ayırması	2	Çekirdekler, Hava, Pnömatik enerji
Kolay taşınabilir	2	Ağırlık
Sıcak mısır patlakları	2	Isı enerjisi
Kolay saklanabilir	1	Ağırlık
Kolay tutulabilir	1	Ağırlık

Çizelge 5.3. Mısır patlatma makinesinin tüm fonksiyon yapısı için girdi ve çıktı akışları [27]

Giriş Akışları	Enerji	Elektrik: Mısır patlatma makinesi elektrik enerjisini, makine içinde bulunan hazneden alır
		Ağırlık: Mısır patlatma makinesinin ağırlığını etkileyen akış
	Malzeme	Hava: Mısır patlama makinesi mısırları patlatabilmek için havayı kullanmaktadır
		Çekirdekler: Patlamış mısır için mısır çekirdeklerine ihtiyaç vardır
		Yağ: Patlamış mısıra lezzet katmak için yağa ihtiyaç vardır
		El: Mısır taneciklerinin cihaza yerleştirilebilmesi için insan eline ihtiyaç vardır
Çıkış Akışları	Enerji	Pnömatik enerji: Cihaz çalışabilmesi için pnömatik enerjiye ihtiyaç duyar
		Isı enerjisi: Mısır çekirdeklerinin patlayabilmesi için ısı enerjisine ihtiyaç vardır
		Ağırlık: Mısır patlatma makinesinin ağırlığını etkileyen akış
	Malzeme	Hava: Hava tümüyle sistem tarafından kullanılmaktadır
		Patlamış mısır: Patlamış mısır atıkları, mısırlardan ortaya çıkmaktadır
		Erimiş yağ: Erimiş yağ, mısır atıklarıyla ortaya çıkmaktadır
		El: Sistem içinde insan eli bulunur

Müşteri ihtiyaçlarının genelleştirilmesi sonucu oluşturulmuş tüm fonksiyon yapısı, Şekil 5.3’de görülmektedir.



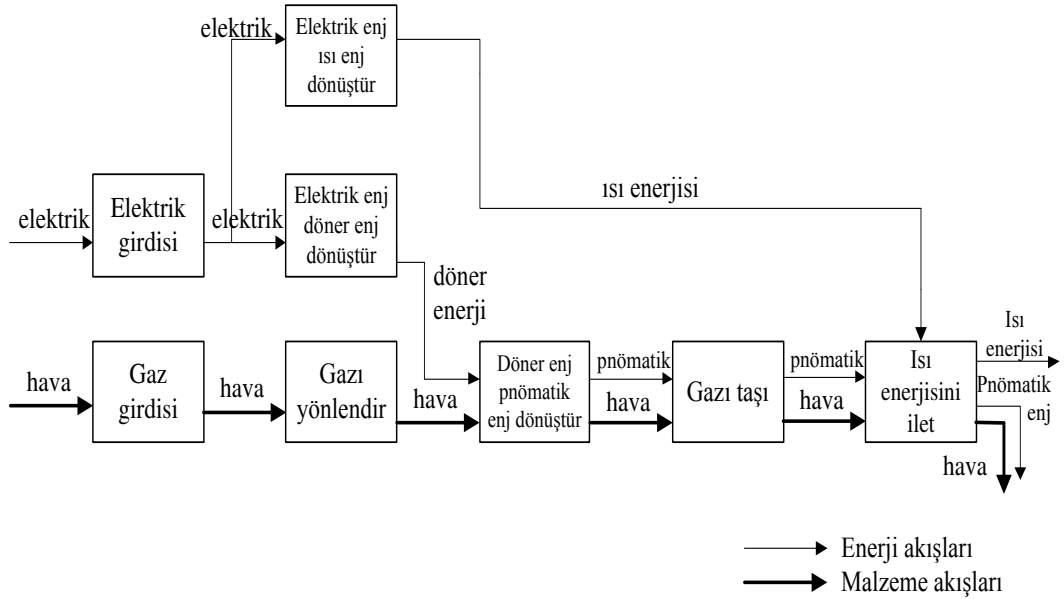
Şekil 5.3. Mısır patlatma makinesi için tüm fonksiyon yapısı [27]

5.1.3. Alt fonksiyonların geliştirilmesi

Bölüm 5.1.2’de verilen her bir akış girdisi için tanımlanan alt fonksiyon zinciri, tanımlandığı akışı faaliyete geçirebilmelidir. Burada tasarımcı, ilgili alt fonksiyonu faaliyete geçirebilecek kabiliyete sahip akışları doğru tespit etmelidir. Tasarımcının

görevi, bu aşamada Bölüm 4’te verilen standart fonksiyonel-akış dil şemasından sistemin alt fonksiyonuna uygun doğru bir akış sınıfını belirlemektir. Tasarımcının belirlediği bu akış, ilgili alt fonksiyonu sistemin girişinden çıkışına kadar ya da belli bir alt fonksiyondan diğer bir alt fonksiyona geçişini sağlayabilecek nitelikte olmalıdır [27].

Mısır patlatma makinesi örneğinde; sistem sınırları içine elektrik girişi olması, elektrik girdisi olarak tanımlanmalıdır. Daha sonra elektrik akışı, iki farklı akışa ayrılır. İlk olarak elektrik akışının görevi motoru harekete geçirmektir. İkinci görevi ise, sisteme giren ilgili elemanların ısınmasını sağlamaktır. Bu iki alt fonksiyon, “*elektrik enerjisini döner enerjiye dönüştür*” ve “*elektrik enerjisini ısı enerjisine dönüştür*” şeklinde seçilmelidir. Elektrikten dönmüş olan döner enerji, sistemin ihtiyaç duyduğu hava sirkülasyonu için olmak zorundadır. Böylece hava akışının bir sonraki alt fonksiyonu, “*döner enerjiyi pnömatik enerjiye dönüştür*” şeklinde olacaktır. Mısır çekirdeklerinin bulunduğu hazneye havanın ısıtılıp taşınması, “*ısı enerjisini ilet ve gaz olarak taşı*” şeklinde tanımlanabilir. Elektrik ve hava akışına ait fonksiyon zincir yapısı, Şekil 5.4’te görülmektedir.

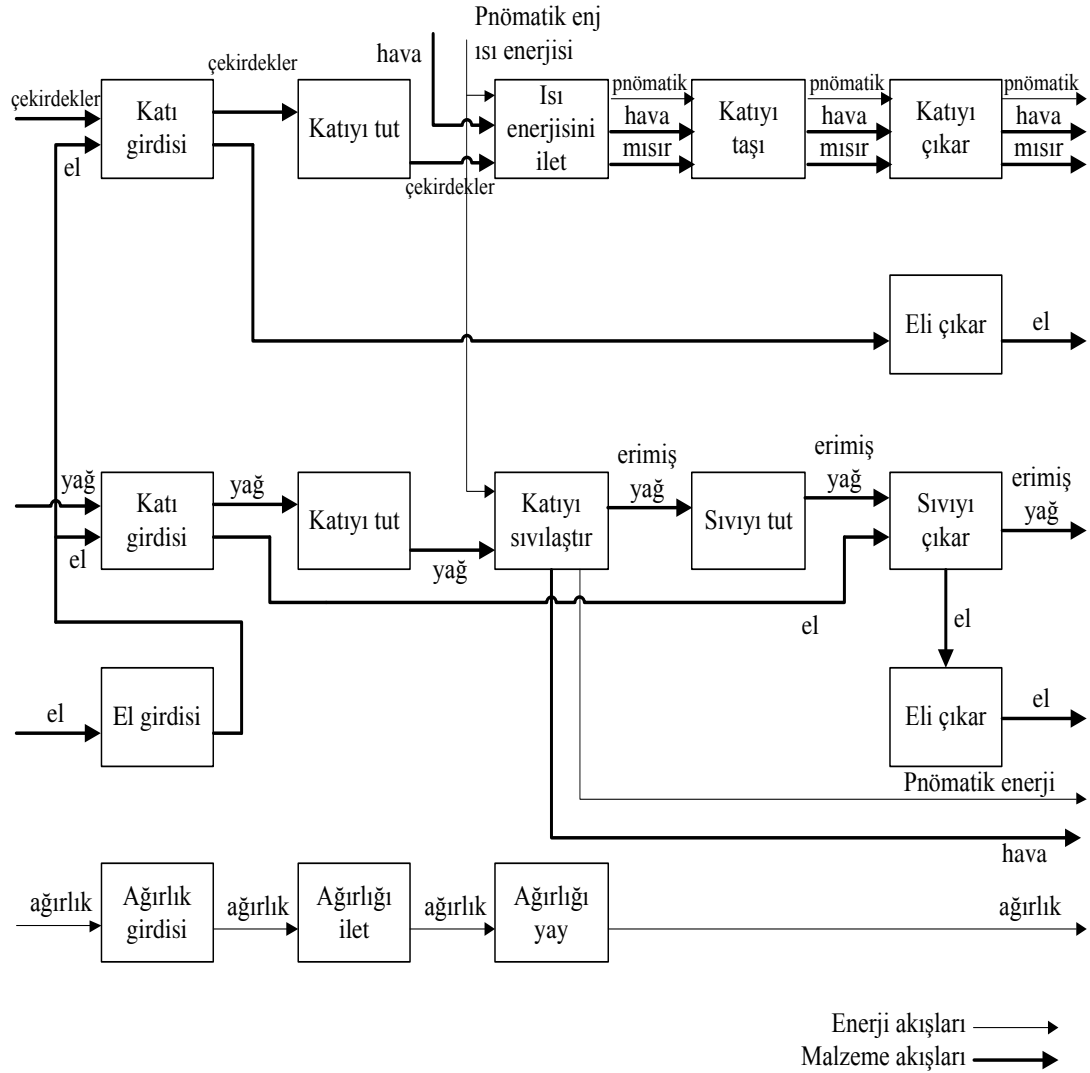


Şekil 5.4. Elektrik ve hava akışları için fonksiyon zincirleri [27]

Elektrik ve hava akışını takiben, çekirdek (mısır çekirdekleri) için akış geliştirilmelidir. Çünkü dışarıdan sisteme ilk katı girdisi, mısır çekirdekleridir. Bunlar fiil-nesne formatına göre; “*katı girdisi*” şeklinde gerçekleşir. Çekirdeklerin sisteme girdisi, el vasıtası ile gerçekleşmektedir. Bundan dolayı; bu akış, insan eli girdisi kullanarak sisteme alt fonksiyon girdisi yapmalıdır. Daha sonra cihazın haznesinde, yüklenen çekirdekler patlamaya hazır durumda beklemektedir. Burada ifade edilmeye çalışılan fonksiyon türlerini; “*ısı enerjisini ilet*”, “*katıyı taşı*” ve “*katıyı çıkar*” olarak fiil-nesne çiftine uygun bir biçimde standart fonksiyonel dil yapısından seçilmelidir.

Bir sonraki akış ise; sisteme dahil olan yağ (katı yağ) için akış geliştirmek olacaktır. Çekirdekler için geliştirilen akışta olduğu gibi, yağda dışarıdan sisteme giriş yapmak zorundadır. Buda sisteme dışarıdan “*katı girdisi*” olarak düşünülmelidir. Cihazın haznesi dışarıdan giriş yapan yağı tutup eritmeye başlayacaktır. Bu olay, hava ve ısı enerjisinin akışı vasıtası ile gerçekleştirilebilir. Erimiş yağ sistemde tutulduktan sonra görevi bitince sistem dışına uzaklaştırılmalıdır. İnsan eli vasıtası ile yağın sistem dışına uzaklaştırılması sağlanır. Son olaraksa el sistem sınırları dışına uzaklaştırılmalıdır.

Son akış ağırlık için geliştirilmiştir. Bu akış mısır patlatma makinesinin, parçalarının uyumu ile alakalıdır. Sisteme giren ağırlık, iletilir ve sistemin tümüne ağırlık yayılır. Şekil 5.5’de, çekirdek, yağ ve ağırlık akışları için geliştirilmiş fonksiyon zincirleri görülmektedir.

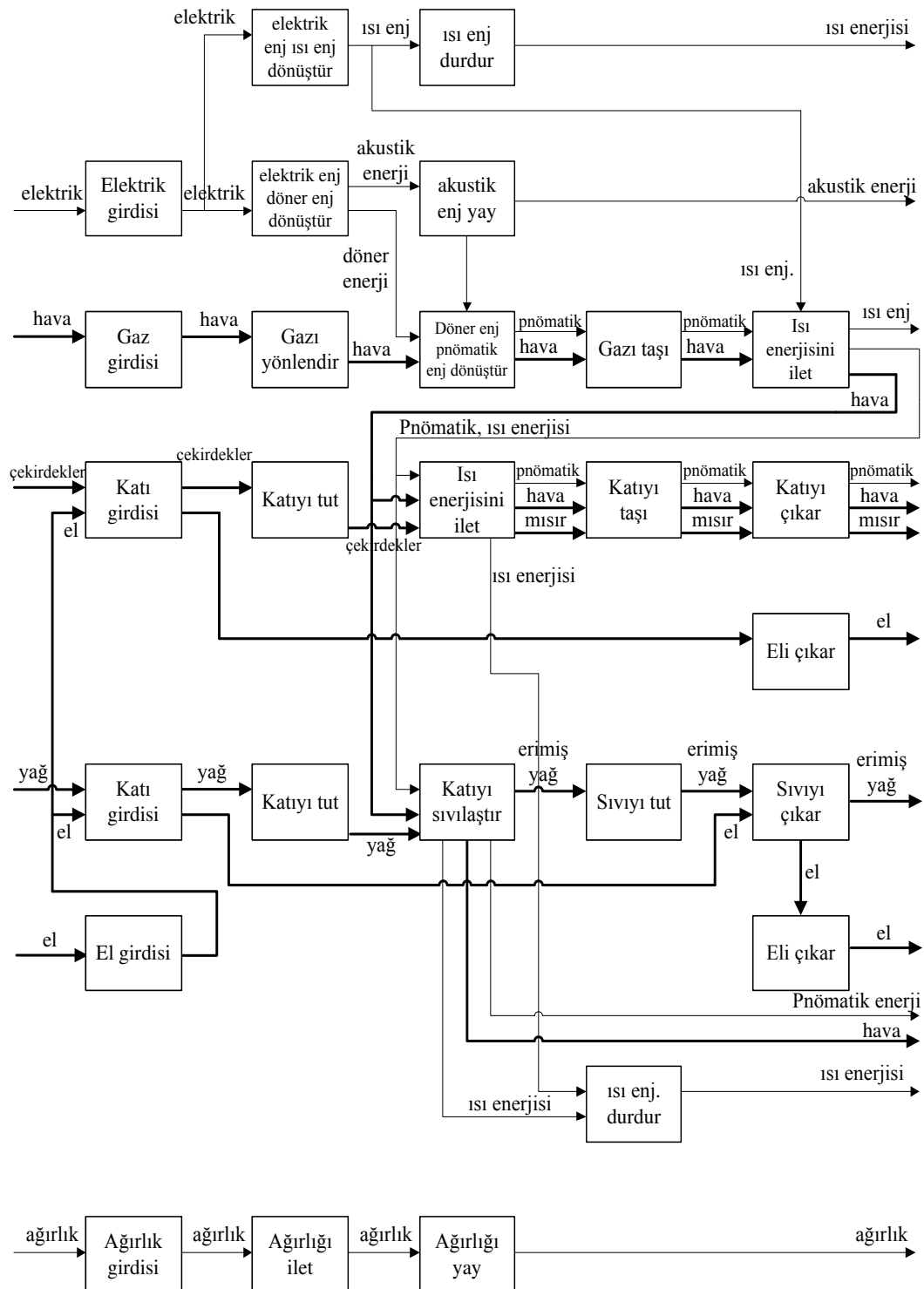


Şekil 5.5. Çekirdek, yağ ve ağırlık akışları için fonksiyon zincirleri [27]

5.1.4. Alt fonksiyonların bir araya getirilmesi

Üçüncü aşamada oluşturulan fonksiyonel modeller, bu aşamada bir araya getirilirler. Birbirinden yapı ve tür olarak farklı fonksiyonel modellerin birleştirilmesi gerektiğinde, ilave bir alt fonksiyona ihtiyaç duyulacaktır. Bu durumu mısır patlatma makinesi örneğiyle açıklamak gerekirse; daha önceden istenmeyen, atlanmış yerlerde ısı transferinin durdurulması için oluşturulan alt fonksiyon, ısı transferi üretmeyi durduracaktır. Ayrıca, elektrik enerjisinin döner enerjiye dönüşmesi esnasında ilave olarak ses enerjisi ortaya çıkacaktır bu yüzden alt fonksiyon olarak, ses enerjisi de

sisteme dahil edilmelidir. Mısır patlatma makinesine ait fonksiyonel modellerin, birleşmiş durumu şekil 5.6’da görülmektedir.



Şekil 5.6. Fonksiyonel zincirlerin birleştirilmesi [27]

5.1.5. Müşteri ihtiyaçlarının doğrulanması

Son aşamada, önceki adımlarda oluşturulan fonksiyonel modellerin doğrulanması yapılır. Temelde Çizelge 5.1’de verilen müşteri ihtiyaçlarının en az bir alt fonksiyon tarafından karşılanıyor olması gerekmektedir. Eğer bu analiz sonucu, herhangi bir karşılanmamış müşteri ihtiyacı boşa kaldıysa, süreç ikinci aşamadan başlanarak tekrar yinelenmek zorundadır.

The Presto® Poplite® firmasına ait mısır patlatma makinesi için hazırlanan fonksiyonel modelin, ilk aşamada belirtilen tüm müşteri ihtiyaçlarını en az bir alt fonksiyonla karşıladığı Şekil 5.7’de görülmektedir.

Müşteri İhtiyaçları	İlgili Akış/Akışlar	İlgili Alt-Fonksiyonlar
Hızlı Ürün Verme	Elektrik Enerjisi, Isı Enerjisi	Elektrik girdisi, Elektrik enerjisini ısı enerjisine dönüştür, Elektrik enerjisini döner enerjiye dönüştür, Isı enerjisini durdur, Isı enerjisini ilet
Kolay Kullanım	Elektrik Enerjisi, El	Elektrik girdisi, Elektrik enerjisini ısı enerjisine dönüştür, Elektrik enerjisini döner enerjiye dönüştür, El girdisi, El çıktısı
Yağı Mısır Üstüne Karıştırması	Yağ, Çekirdekler	Katı girdisi, Katıyı tut, Isı enerjisini ilet, Katıyı ilet, Katı çıktısı, Katıyı sıvıya dönüştür, Sıvıyı tut, Sıvı çıktısı
Yağı Hızlı Eritmesi	Yağ, Çekirdekler, Isı Enerjisi	Katı girdisi, Katıyı tut, Isı enerjisini ilet, Katıyı ilet, Katı çıktısı, Katıyı sıvıya dönüştür, Sıvıyı tut, Sıvı çıktısı, Isı enerjisini durdur, Isı enerjisini ilet
Büyük Mısır Patlakları	Çekirdekler, Hava	Katı girdisi, Katıyı tut, Isı enerjisini ilet, Katıyı ilet, Katı çıktısı, Gaz girdisi, Gazı sevk et, Döner enerjiyi pnömatik enerjiye dönüştür, Gazı ilet, Katıyı sıvıya dönüştür
Patlamayan Çekirdekleri Ayırması	Çekirdekler, Hava, Pnömatik Enerji	Katı girdisi, Katıyı tut, Isı enerjisini ilet, Katıyı ilet, Katı çıktısı, Gaz girdisi, Gazı sevk et, Döner enerjiyi pnömatik enerjiye dönüştür, Gazı ilet, Katıyı sıvıya dönüştür
Kolay Taşınabilir	Ağırlık	Ağırlık girdisi, Ağırlığı ilet, Ağırlığı yay
Sıcak Mısır Patlakları	Isı Enerjisi	Elektrik enerjisini ısı enerjisine dönüştür, Isı enerjisini ilet, Isı enerjisini durdur
Kolay Saklanabilir	Ağırlık	Ağırlık girdisi, Ağırlığı ilet, Ağırlığı yay
Kolay Tutulabilir	Ağırlık	Ağırlık girdisi, Ağırlığı ilet, Ağırlığı yay

Şekil 5.7. Müşteri ihtiyaçlarının doğrulanması [27]

5.2. Tasarım Kataloglarının Oluşturulması

Tasarım katalogları, bilinen ve kanıtlanmış tasarım problem çözümleri koleksiyonudur. Bunlar, çeşitli tür veriler ve farklı şekillendirme düzeyli çözümler içerir. Böylece bu kataloglar; fiziksel etkiler, çalışma ilkeleri, temel çözümler, makine elemanları, standart parçalar, malzemeler, hazır satın alınacak parçalar vb. kapsayabilir. Tasarım katalogları aynı zamanda ayrıntılı tasarım aşamasında çalışan tasarımcılara da yol göstermektedir.

Tasarım katalogları şunları sağlamalıdır:

- Derlenen çözüm veya verilere daha çabuk, daha fazla problem-odaklı ulaşım,
- Olası veya en azından daha sonra genişletilebilecek olan en önemli çözümler aralığı,
- Olası en büyük disiplinler arası uygulamalar yelpazesi,
- Bilgisayar destekli yöntemler kadar geleneksel tasarım işlemleri için de veri sağlıyor olmalıdır.

Tasarım katalogları hazırlama, bilhassa Roth ve birlikte çalıştığı arkadaşları tarafından incelenmiştir. Roth, Şekil 5.8’de görünen türdeki bir tasarım kataloğunun yukarıda listelenen tüm istekleri büyük olasılıkla karşılayacağını iddia etmektedir [26].

Tasnif Ölçütü			Çözümler			Çözüm Karakteristikleri					Açıklamalar		
1	2	3	1	2	Nr.	1	2	3	4	5	1	2	3
					1								
					2								
					3								
					4								
					5								
					6								
					7								
					8								

Şekil 5.8. Tasarım kataloğu temel yapısı [26]

Tasnif ölçütleri; enerji (makine, elektrik optik vb.), malzeme veya sinyaller, çalışma geometrileri, çalışma hareketleri ve temel malzeme özellik tür ve karakteristiklerini içerebilir. Şekillendirme tasarımı aşamasında, tasarım katalogları hazırlaması durumunda faydalı tasnif ölçütleri; malzeme özellikleri ve özel makine eleman karakteristiklerini (örneğin; kaplin türleri, rulman türleri vb.) içerir [26].

Çözüm sütunu, katalogun ana parçasıdır ve çözümler içerir. Soyutlandırma düzeyine bağlı olarak çözümler, krokiler (fiziksel denklemlerle veya denklemsiz) veya az çok tam çizimler ya da gösterimler olarak temsil edilirler. Verilen bilginin tür ve tamlığı bir kez daha amaçlanan uygulamaya bağlıdır. Tüm verinin aynı soyutluk düzeyinde olması ve yan konuları ihmal etmesi, katalogun amacına ulaşmasında daha etkili olacaktır.

Çizelge 5.4.' de, rulmanlı (yuvarlanmalı) yataklar için hazırlanmış tasarım katalogu görülmektedir. Bu katalog sadece referans amaçlıdır. Rulmanların uygulamalara özel seçilmesi gerekir [17].

Açıklamalar:

Çizelge 5.4., Çizelge 5.5. ve Çizelge 5.6.' da verilen sembollerin açıklamaları aşağıdaki gibidir.

- i.  ve  sırasıyla radyal yük ve eksenel yükü gösterir.  ve  sırasıyla tek yön ve çift yön anlamına gelir.
- ii. “” işareti, özelliklerin bulunma ihtimalini gösterir. Daha fazla “” bulunması, daha az bulunmasına göre o kriterin daha avantajlı olduğu anlamına gelir. “” geçersiz demektir.
- iii. “” uygulanır anlamına gelir.

Çizelge 5.4. Rulmanlı yataklar için tasarım kataloğu

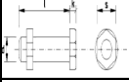
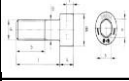
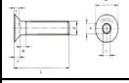
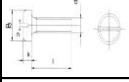
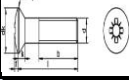
Ayarız türü	Tasarım Örneği	Çözüm		Çözüm kriterleri					Açıklamalar		
		Ad	Olgu	Yüksek devir hızı	Hassasiyet	Dışık ses düşük tork	Bilezik oynaklığı	Serlik	Oynaklık işlemi	Ayrıntılı bilezik	Uygulama örnekleri
Biyalı rulmanlar	Yüksek kapasite										
	Yüksek kapasite	Sabit biyalı rulman									
	Yüksek kapasite	Eğik biyalı rulman									
	Yüksek kapasite	Eğik biyalı rulman (Çift sıra)									
	Yüksek kapasite	Eğik biyalı rulman (İki taraflı)									
Makaralı rulmanlar	Yüksek kapasite	Oynak biyalı rulman									
	Yüksek kapasite	Silindirik makaralı rulman									
	Yüksek kapasite	Silindirik makaralı rulman (Çift sıra)									
	Yüksek kapasite	Silindirik makaralı rulman (Tek taraflı kapalı)									
	Yüksek kapasite	Silindirik makaralı rulman (L manşonlu)									
	Yüksek kapasite	İğne makaralı rulman									
	Yüksek kapasite	Konik makaralı rulman									
	Yüksek kapasite	Konik makaralı rulman (Çift sıra)									
	Yüksek kapasite	Oynak makaralı rulman									
	Yüksek kapasite	Eksenel biyalı rulman									
Eksenel rulmanlar	Yüksek kapasite	Eksenel biyalı rulman (Küresel arka tabanlı)									
	Yüksek kapasite	Eksenel biyalı rulman (Çift yönlü)									
	Yüksek kapasite	Eksenel silindirik makaralı									
	Yüksek kapasite	Eksenel konik makaralı									

Çizelge 5.5. Dişli çarklar için tasarım kataloğu

Tasvir tanımı			Çözüm karakteristikleri						Uygulama alanları
Oluşturduğu yükler	Ad	Oluşum	Sessiz çalışma	Verim	Montaj kolaylığı	Maliyet	Farklı eksene güç iletimi	İletim oranı	
	Düz dişli çark		●●	●●●	●●●	●●●●	×	●●	Redüktörler Elektrik motorları Takım tezgahları Diferansiyeller Vites kutuları
	Helis dişli çark		●●●●	●●	●●	●●●	●●●	●●	
	Konik dişli çark		●●●	●●	●●	●●	●●●	●●	
	Kremayer dişli		●●	●●●	●●●	●●●	×	●●	
	Sonsuz vida çifti		●●●	●	●●	●●	●●●	●●●●	

Piyasada sıklıkla kullanılan dişli çiftleri için hazırlanmış tasarım kataloğu, Çizelge 5.5. de görülmektedir. (Bu katalog sadece referans amaçlıdır. Dişli çiftleri uygulamalara özel seçilmesi gerekir).

Çizelge 5.6. Cıvatalar için tasarım kataloğu

Tasvir tanımı		Çözüm karakteristikleri					Uygulama alanları
Ad	Oluşum	Kullanım alanı	Montaj kolaylığı	Demontaj kolaylığı	Maliyet performansı	İmalat kolaylığı	
Altı köşe başlı cıvata		●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●	Flanşlı boru bağlantıları Kapak-gövde bağlantıları Tüm sökülebilen bağlantı konstrüksiyonları Ayar gerektiren yerler Bağlantı (tespit) elemanı olarak Ayar vidası olarak
İmbus cıvata		●●	●●●	●●●	●●●	●●	
Havşa başlı cıvata		●	●●	●●	●●●	●●●	
Silindirik başlı cıvata		●	●●	●●	●●●	●●●	
Mercimek başlı cıvata		●	●●	●●	●●	●●●	

Piyasada sıklıkla kullanılan cıvatalar için hazırlanmış tasarım kataloğu, Çizelge 5.6. da görülmektedir. (Bu katalog sadece referans amaçlıdır. Cıvatalar uygulamalara özel seçilmesi gerekir).

6. UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Bu bölümde; Dördüncü bölümde bahsedilen fonksiyonel dil yapısı ve Beşinci bölümde bahsedilen fonksiyonel model türetme yöntemleri kullanılarak, MAN Türkiye A.Ş. Otobüs ve Kamyon Fabrikasının Ar-Ge bünyesinde geliştirilmiş ve şu anda üretim hattında kullanılmakta olan somut uygulamalardan bahsedilecektir.

Üretim birimlerinden, Ar-Ge departmanına bir veri tabanı vasıtası ile gelen üretim gereci ihtiyaçları; işletme ve iş hazırlama mühendisleriyle birlikte yerinde etüd edilir. Müşteri (ilgili işletme mühendisi, ustabaşı veya operatör) ihtiyaçlarının belirlenmesiyle fonksiyonel model oluşturma sürecine başlanılır. Fonksiyonel modeli oluşturulan ihtiyaçların, her bir alt fonksiyonuna çözümler bulunur. Bulunan çözümlerin ayrıntılı tasarımı gerçekleştirilerek tasarım süreci sonlandırılmıştır. Bu bölümdeki uygulamalarda Catia-V5 tasarım programından faydalanılmıştır. Tezin temel konusu, fonksiyonlar üzerine olduğundan ilgili sistemlerin sadece fonksiyonel model yapılarından bahsedilecektir.

Fonksiyonel model oluşturmada ihtiyaç duyulan teoremler, Çizelge 6.1’de verilmiştir. Uygulama örneklerinde kullanılan teoremler, teorem numarasına göre belirtilecektir.

Çizelge 6.1. Literatürden faydalanılan teoremler

Teorem No	Teorem	Literatür	Sayfa	Şekil/Çizelge no
1	Akış sınıfı belirleme	Stone, R., Wood, K.	21	Çizelge 4.1.
2	Fonksiyon türü belirleme	Stone, R., Wood, K.	25	Çizelge 4.2.
3	Fill-nesne formatı oluşturma	Stone, R., Wood, K.	26	—
4	Müşteri ihtiyaçlarını belirleme	Kurfman, M. A.	49-50	Çizelge 5.1.
5	Tüm fonksiyon yapısını oluşturma	Kurfman, M. A.	50-51	Şekil 5.3.
6	Alt fonksiyon yapılarını oluşturma	Kurfman, M. A.	51-54	Şekil 5.4., Şekil 5.5.
7	Alt fonksiyonları bir araya getirme	Kurfman, M. A.	54-55	Şekil 5.6.
8	Müşteri ihtiyaçlarının doğrulanması	Kurfman, M. A.	56	Şekil 5.7.

Uygulama örnekleri için ihtiyaç duyulan fonksiyonel model yapılarındaki; enerji, malzeme ve sinyal akışları, aşağıda verilen ok türleri ile belirtilecektir.

Enerji akışı —————>

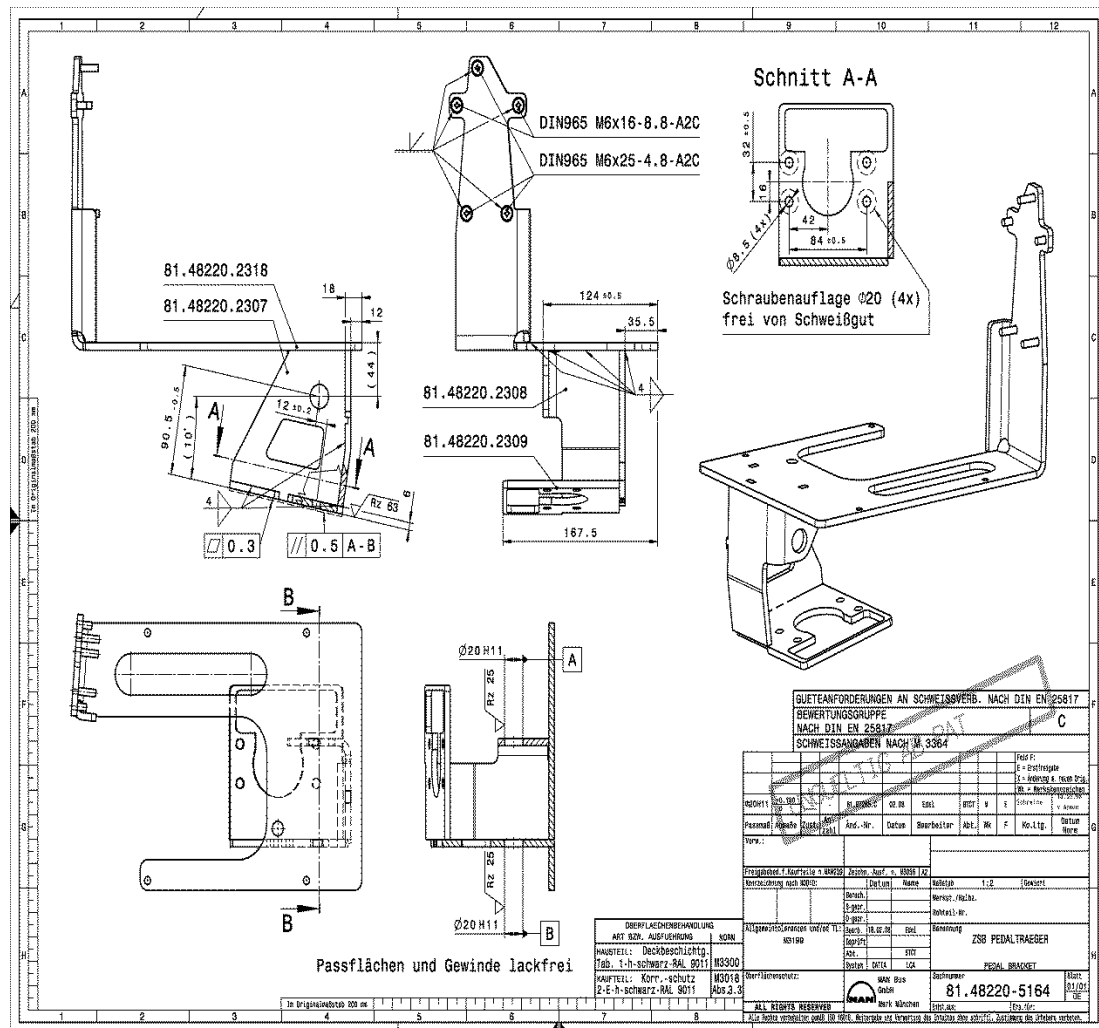
Malzeme akışı —————>

Sinyal akışı - - - - ->

6.1. Fren Pedalı Aparatı İçin Fonksiyonel Model Oluşturma

Otobüs ön-montaj hattında montajı gerçekleştirilen fren pedal gövdesi üzerinde bulunan merkezleme deliklerinin tam yerinde olmaması durumunda fren pedalının uygunsuz montajı gerçekleşmektedir. Doğru montaj edilemeyen fren pedalı gövdesi fren sisteminin çalışmamasına sebep olabilir. Bu yüzden ön-montaj bölüm mühendisi, Ar-Ge bölümünden, delik yerinin doğru tayin edilmesi için bir kontrol aparatı talebinde bulunmuştur.

Fren pedalı gövdesine ait ölçü detayları, Şekil 6.1’de verilen teknik resimde görülmektedir.



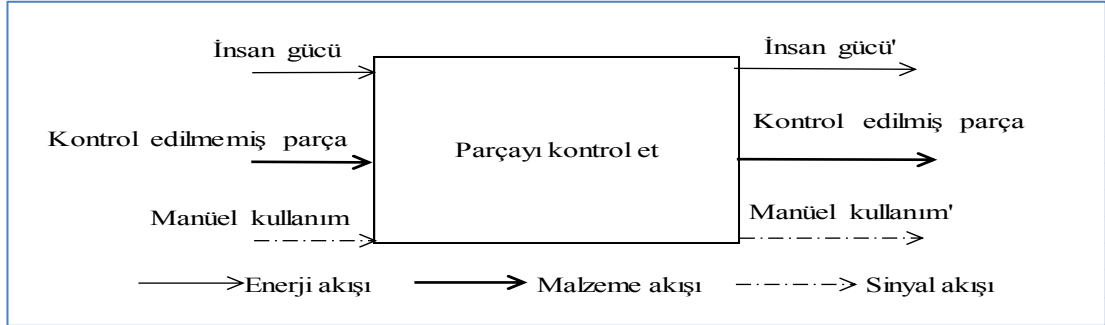
Şekil 6.1. Fren pedalı gövdesi teknik resmi

Müşterinin beklentileri:

- Gövdede bulunan Ø8,5 mm delik çaplarını ve konumlarını güvence altına almak,
- Ø8,5 mm deliklerin bulunduğu yüzeyin düzlemselliğini güvence altına almak,
- Ø20 mm delik çapının, Ø8,5mm deliklere göre doğru konumda olduğundan emin olmak,
- Sistemin kullanışlı ve ergonomik olması.

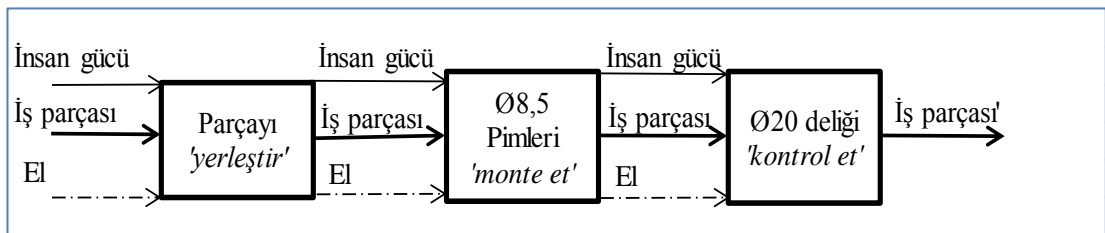
Toplanan bilgiler ışığı altında, Şekil 6.2’de 5 nolu teoreme göre fren pedalı gövde kontrol aparatının tüm fonksiyon yapısı oluşturulmuştur. Bu sistemden beklenen

temel görev, kontrol edilmeden sisteme girdi yapan iş parçasının sistemden kontrol edilmiş olarak çıkmasını sağlamaktır. Burada fonksiyonel modelde enerji akışının karşılığı sistem elle (manüel) kullanılır olduğundan insan gücü, malzeme akışı mevcut iş parçası, sinyal akışı ise manüel kullanım olarak seçilmiştir.



Şekil 6.2. Fren pedalı gövdesi kontrol aparatı tüm fonksiyon yapısı

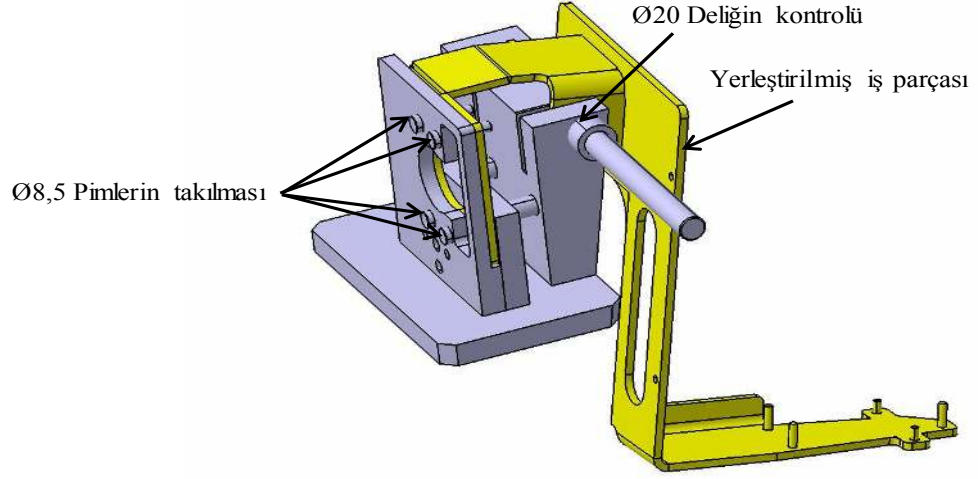
Müşteri beklentilerinden yola çıkarak 2, 3, 6 ve 7 nolu teoremlere göre fren pedalı gövdesi kontrol aparatının fonksiyonel modeli Şekil 6.3’de oluşturulmuştur. Müşteri ihtiyaçları sistemin akış sırasına göre sıraladığında, ilk olarak aparata parça yerleştirilir, Ø8,5mm deliklerin kontrolü pimlerin monte edilmesiyle kontrol edilir son olarak Ø20mm pim takılarak son kontrol gerçekleştirilir. Burada sistemin enerji akışı insan gücü ile, malzeme girdisi iş parçası ve sistemin sinyal gereksinimi el vasıtası ile sağlanır.



Şekil 6.3. Fren pedalı gövdesi kontrol aparatının fonksiyonel modeli

Fonksiyonel model oluşturulduktan sonra, sistemin nihai ürün olduğunda beklenen gereksinimleri net bir şekilde ortaya çıkmıştır. Fren gövdesi kontrol aparatının, fonksiyonel modeli oluşturulduktan sonra Catia-V5’de gerçekleştirilen ayrıntılı tasarım sonunda ortaya çıkan nihai tasarım Şekil 6.4’de verilmiştir. Ayrıca

fonksiyonel model oluştururken saptanan alt fonksiyonların çözümleri şekil 6.4'te görölmektedir.



şekil 6.4 Fren pedalı gövdesi kontrol aparatının nihai tasarımı

6.2. Akü Montaj Aparatı İçin Fonksiyonel Model Oluşturma

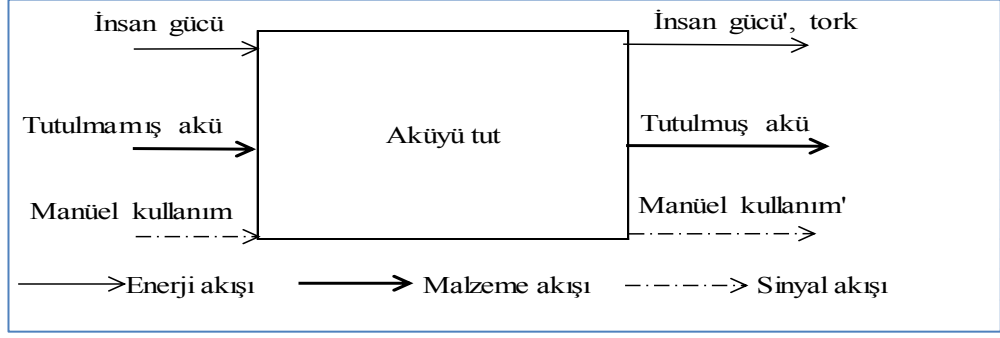
Otobüs montaj hattında montajı yapılan akülerin operatör vasıtası ile montajının gerçekleştirilmesi iş ve işçi sağığı açısından sorun teşkil ettiğinden ve bantta çok süre aldığından akülerin bir aparat vasıtası ile montaj edilmesi talep edilmektedir.

Müşteri beklentileri:

- Sistem taşınabilir olmalı,
- Aküyü rijit bir şekilde tutmalı,
- Aşağı-yukarı (z-ekseninde) hareket edebilme kabiliyeti olmalı,
- Birden farklı akü tipinin montajına elverişli olmalı,
- Sistem elle kumanda edilebilir olmalı.

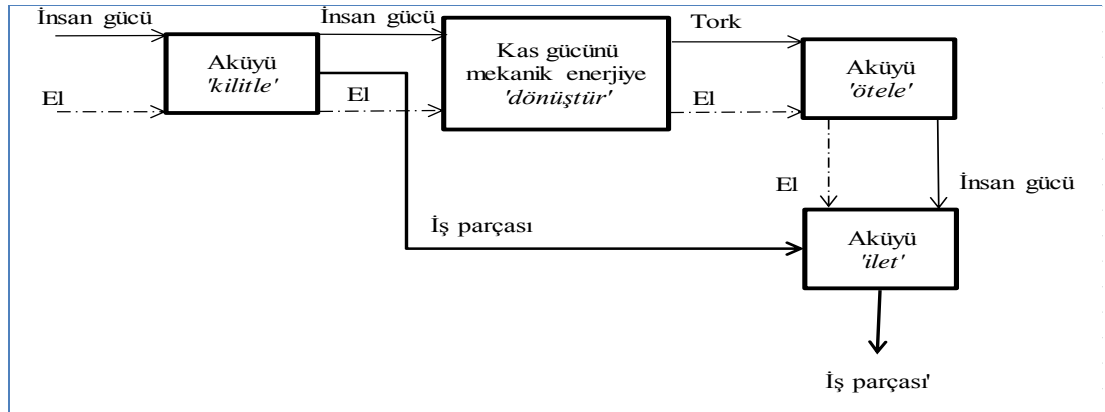
Toplanan bilgiler ışığı altında, şekil 6.5'te 5 nolu teoreme göre akü montaj aparatının tüm fonksiyon yapısı oluşturulmuştur. Bu uygulamada sistemden beklenen asıl görev, akünün rijit bir şekilde tutulmasıdır. Aküyü (iş parçasını) sıkma ve z-

ekseninde öteleme işlemi insan gücü vasıtası ile yapıldığından, enerji girdisi insan gücü ve çıktısı tork ya da insan gücü olmaktadır. Sisteme giren malzeme ise aküdür. Sistemin çalışmasını insan gücü sinyal akışı ise manüel kullanım ile gerçekleştirir.



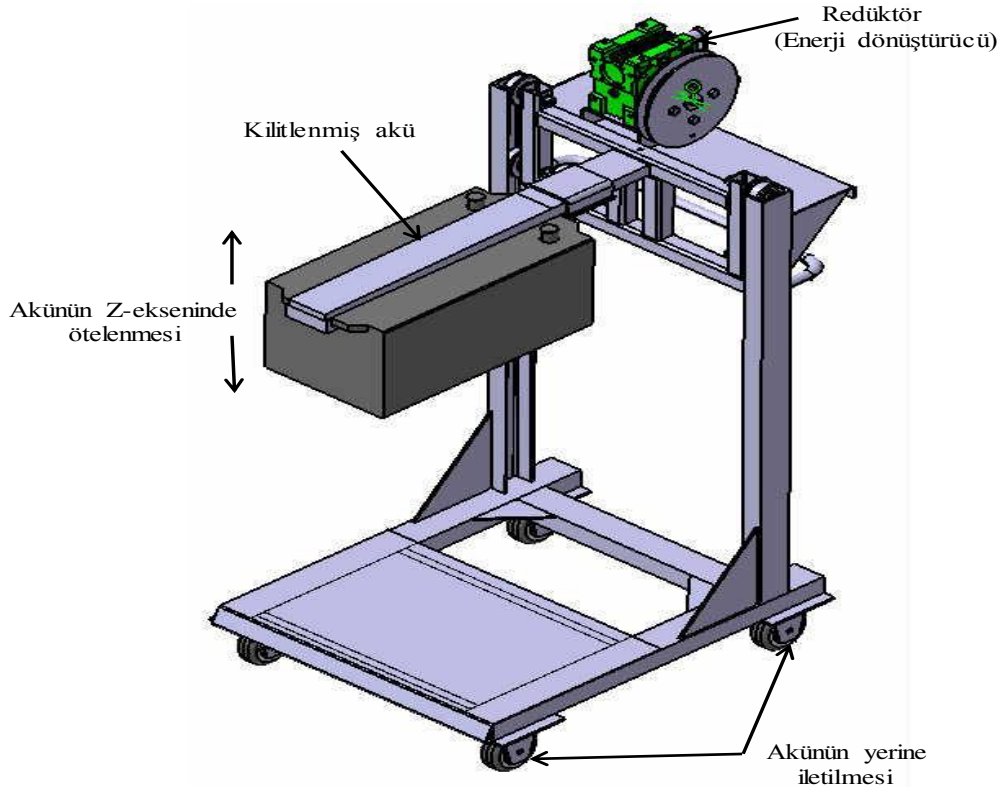
Şekil 6.5. Akü montaj aparatı tüm fonksiyon yapısı

Müşteri beklentilerinden yola çıkarak akü montaj aparatının fonksiyonel modeli 2, 3, 6 ve 7 nolu teoremlere göre Şekil 6.6'da oluşturulmuştur. Müşteri ihtiyaçları, sistemin olması gereken akış sırasına göre sıraladığında; ilk olarak bu aparat insan gücü vasıtası ile aküyü kilitledikten sonra aküyü z-ekseninde öteleyebilmek için insan kaynaklı bir enerji girdisine gereksinim duymaktadır. İnsan gücü olarak girdi yapan enerji 'Kas gücünü mekanik enerjiye dönüştür' fonksiyonundan tork olarak çıktı yapar. Tork çıktısı, akünün z-ekseninde ötelenme fonksiyonunu gerçekleştirmiş olur. Son olarak akü ilet fonksiyonu vasıtası ile arzu edilen yere nakledilebilir. Sistemin ihtiyaç duyacağı tüm sinyaller el vasıtası ile gerçekleşir.



Şekil 6.6. Akü montaj aparatının fonksiyonel modeli

Akü montaj aparatının, fonksiyonel modeli oluşturulduktan sonra Catia-V5’de gerçekleştirilen ayrıntılı tasarım sonunda ortaya çıkan nihai tasarım Şekil 6.7’de verilmiştir. Ayrıca fonksiyonel model oluştururken saptanan alt fonksiyonların çözümleri de Şekil 6.7’de görülmektedir.



Şekil 6.7 Akü montaj aparatının nihai tasarımı

6.3. Motor Kaldırma Aparatı İçin Fonksiyonel Model Oluşturma

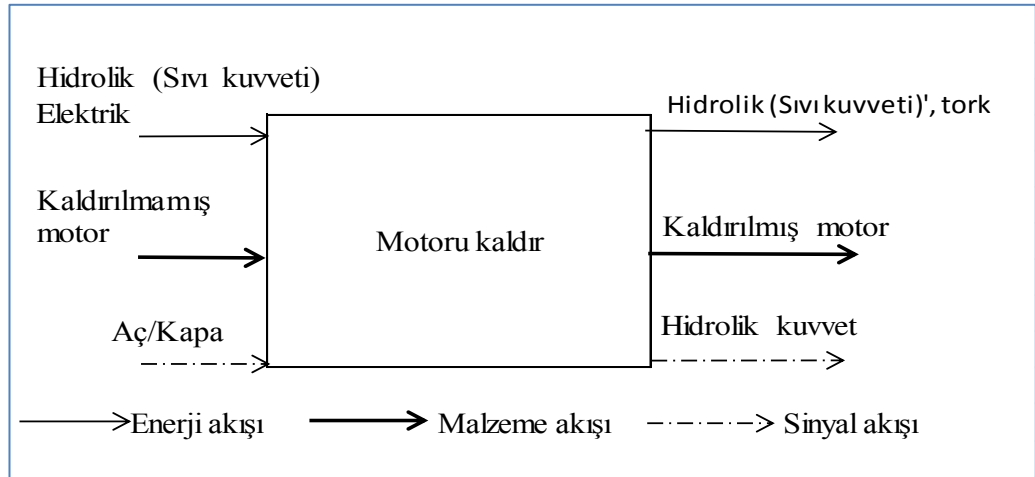
Otobüs montaj hattında montajı gerçekleştirilen motorların, insan gücü vasıtası ile montajının gerçekleştirilmesi mümkün olmadığından motorların bir aparat vasıtası ile otobüsün şasisine montajı yapılması gerekmektedir.

Müşteri beklentileri:

- Sistem taşınabilir olmalı,

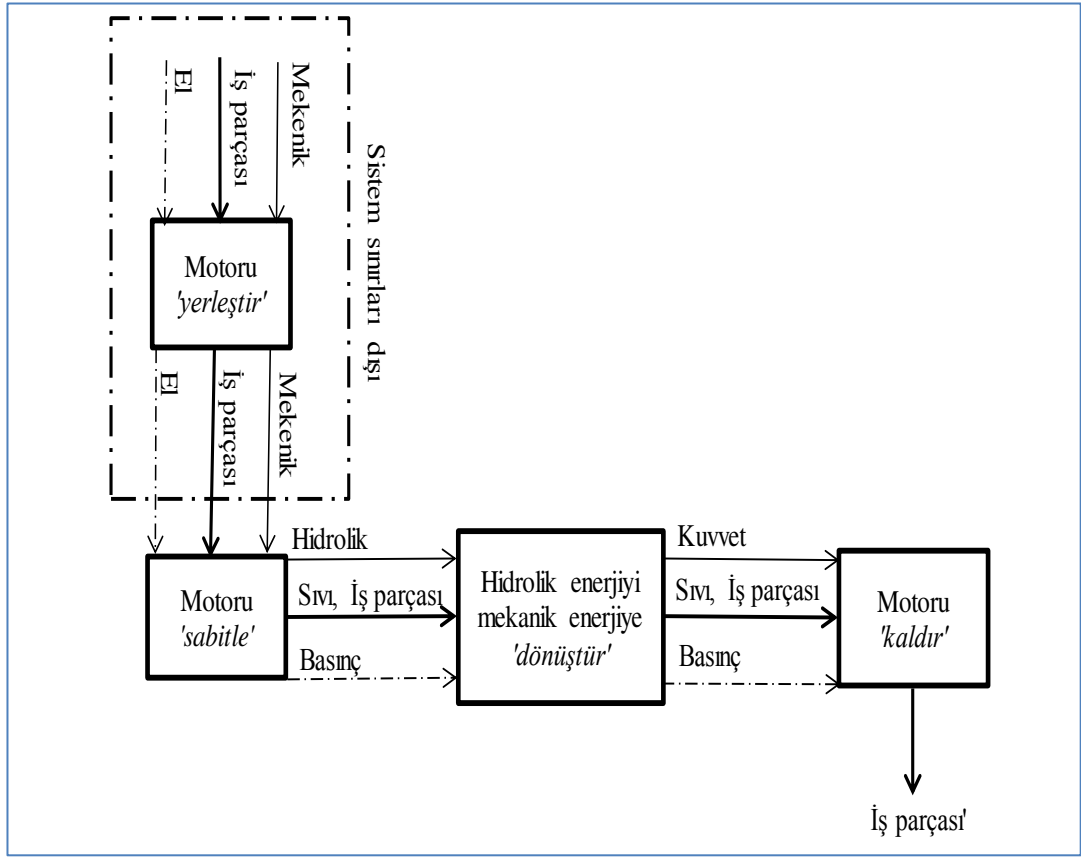
- Aparat, üzerindeki motoru emniyetli bir şekilde taşıyacak nitelikte olmalı,
- Hidrolik kontrollü olmalı,
- Birden farklı motor tipine uygun olmalı.

Toplanan bilgiler ışığı altında 5 nolu teoreme göre Şekil 6.8’de motor montaj aparatının tüm fonksiyon yapısı oluşturulmuştur. Sisteme enerji girdisi, sıvı (hidrolik) ve elektrik vasıtası ile olur. Bunlar sistemden sıvı kuvveti ve tork olarak çıktı yapar. Sisteme malzeme, kaldırılmamış motor olarak girer ve kaldırılmış motor olarak çıktı yapar. Sistemin harekete geçmesini (çalışmaya başlamasını) sağlayan sinyal akışı ise bir düğmenin (şalterin) açılması veya kapatılmasıyla gerçekleşir. Sinyal çıktısı, sistemin hidrolik kuvvet oluşturmasını tetikler.



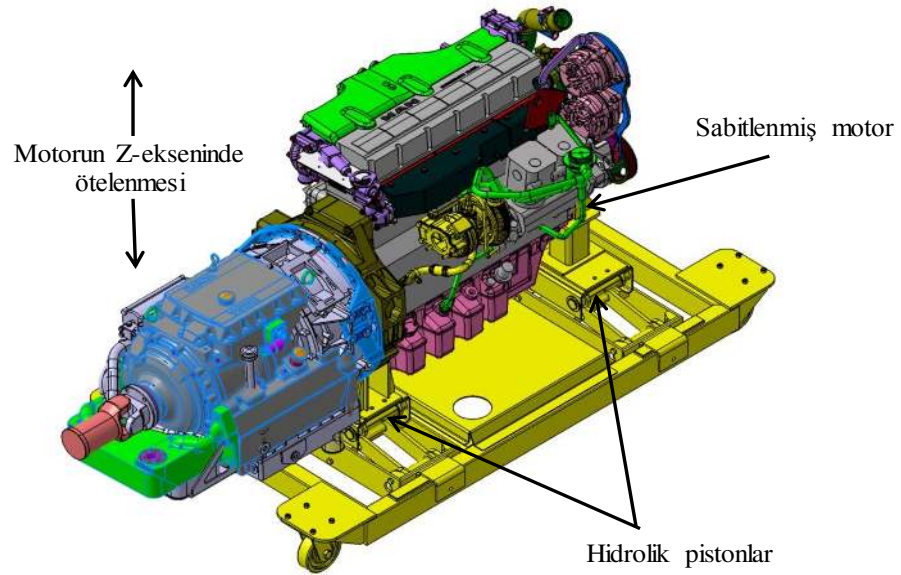
Şekil 6.8. Motor kaldırma aparatının tüm fonksiyon yapısı

Müşteri beklentilerinden yola çıkarak 2, 3, 6 ve 7 nolu teoremlere göre motor montaj aparatının fonksiyonel modeli Şekil 6.9’da oluşturulmuştur. Motorun sisteme vinçle yerleştirmesi işlemi, sistemin sahip olmadığı bir fonksiyon olduğundan motor yerleştirme işlemi, sistem sınırları dışında tutulmuştur. Motor sisteme giriş yaptığında önce sabitlenmeli ve sonra da hidrolik enerjinin mekanik enerjiye dönüşmesiyle motorun kaldırma fonksiyonu gerçekleştirilmelidir.



Şekil 6.9. Motor montaj aparatının fonksiyonel modeli

Motor kaldırma aparatına ait fonksiyonel model oluşturulduktan sonra Catia-V5’de gerçekleştirilen ayrıntılı tasarım sonucu ortaya çıkan nihai tasarım Şekil 6.10’da verilmiştir. Ayrıca fonksiyonel model oluştururken saptanan alt fonksiyonlara ait çözümler ise Şekil 6.10’da gösterilmiştir.



Şekil 6.10. Motor montaj aparatının nihai tasarımı

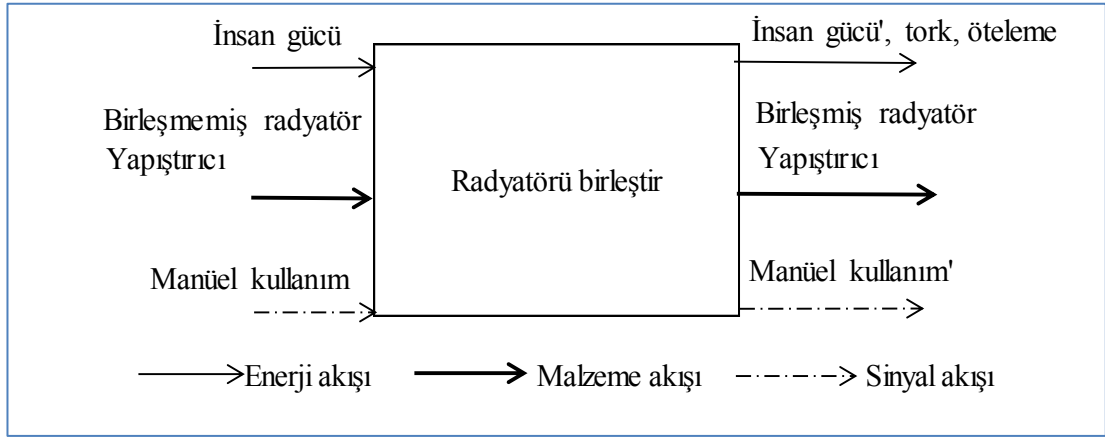
6.4. Radyatör Toplama Aparatı İçin Fonksiyonel Model Oluşturma

Otobüs ön montaj hazırlık hattında, önceki durumda radyatör elle tezgah üzerinde bir vinç vasıtası ile döndürülerek toplanıyordu. Bu durum ilave işçilik ve bantta gereksiz süre kaybına sebep olmaktaydı. Bu yüzden demonte olarak gelen radyatör parçalarını bir araya toplamayı sağlayacak ve kendi ekseninde dönme kabiliyeti olan bir aparata ihtiyaç duyulmaktadır.

Müşteri istekleri:

- Sistem sabit (taşınamaz) olmalı,
- Doğrusal hareket kabiliyeti olmalı,
- İlgili parçaları sıkabilme kabiliyeti olmalı,
- Yapışmış parçaları birbirine sıkıca tutabilmeli,
- Radyatör toplandıktan sonra kendi ekseninde döndürülebilmeli,
- Elle kumanda edilebilir olmalı.

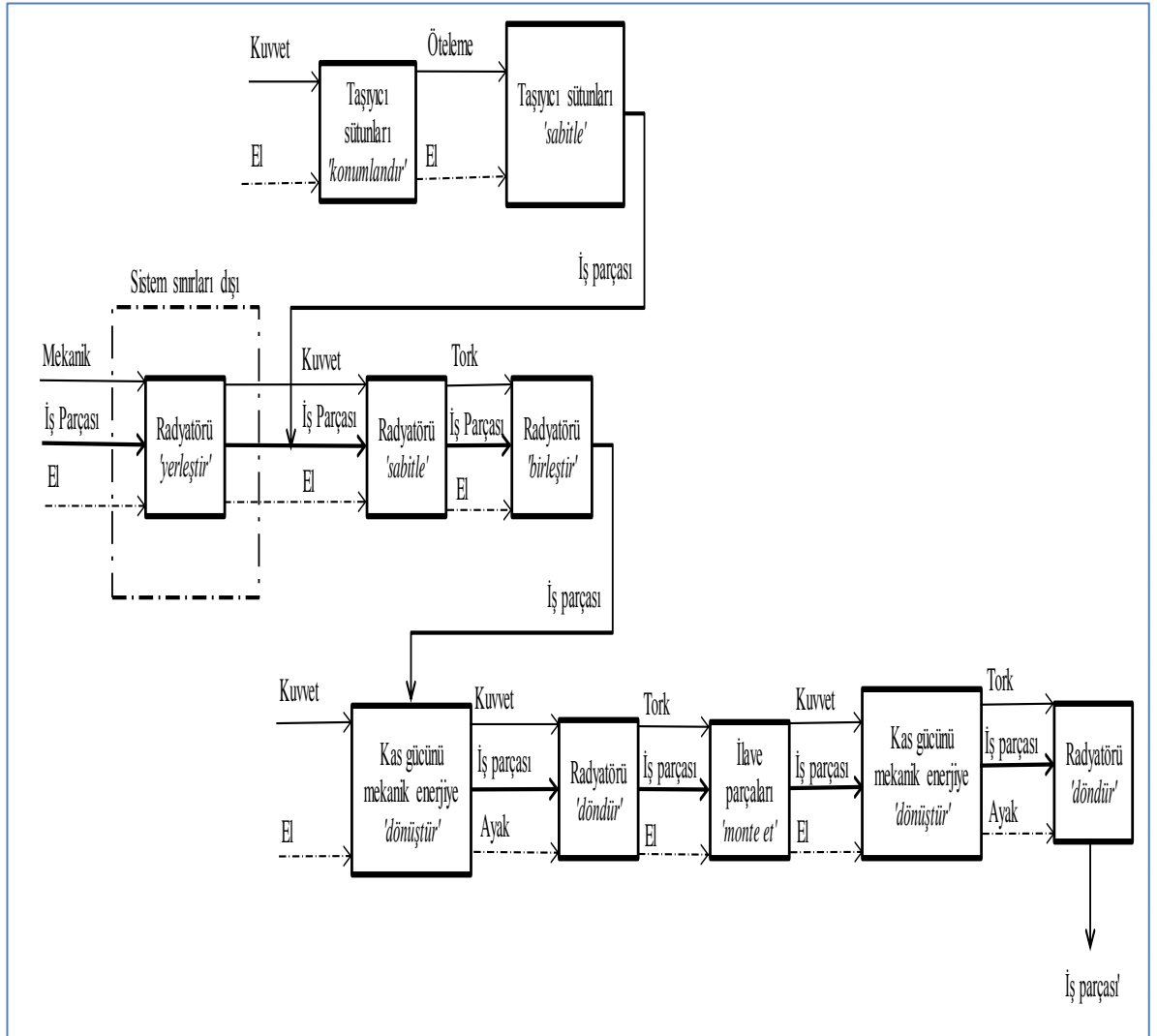
Toplanan bilgiler ışığı altında, 5 nolu teoreme göre Şekil 6.11’de radyatör toplama aparatının tüm fonksiyon yapısı oluşturulmuştur. Bu uygulamada sistemden beklenen asıl görev, demonte olarak sisteme giriş yapan radyatör parçalarının sistemden birleştirilmiş olarak çıkmasıdır.



Şekil 6.11. Radyatör toplama aparatının tüm fonksiyon yapısı

Sistem enerji gereksinimini insan gücü ile sağlanmıştır. Sisteme birleştirilmemiş radyatör parçaları ve yapıştırıcı malzeme girdisi ile sistemden birleştirilmiş radyatör olarak çıktı yapar. Sinyal akışı ise manüel kullanım ile sağlanır.

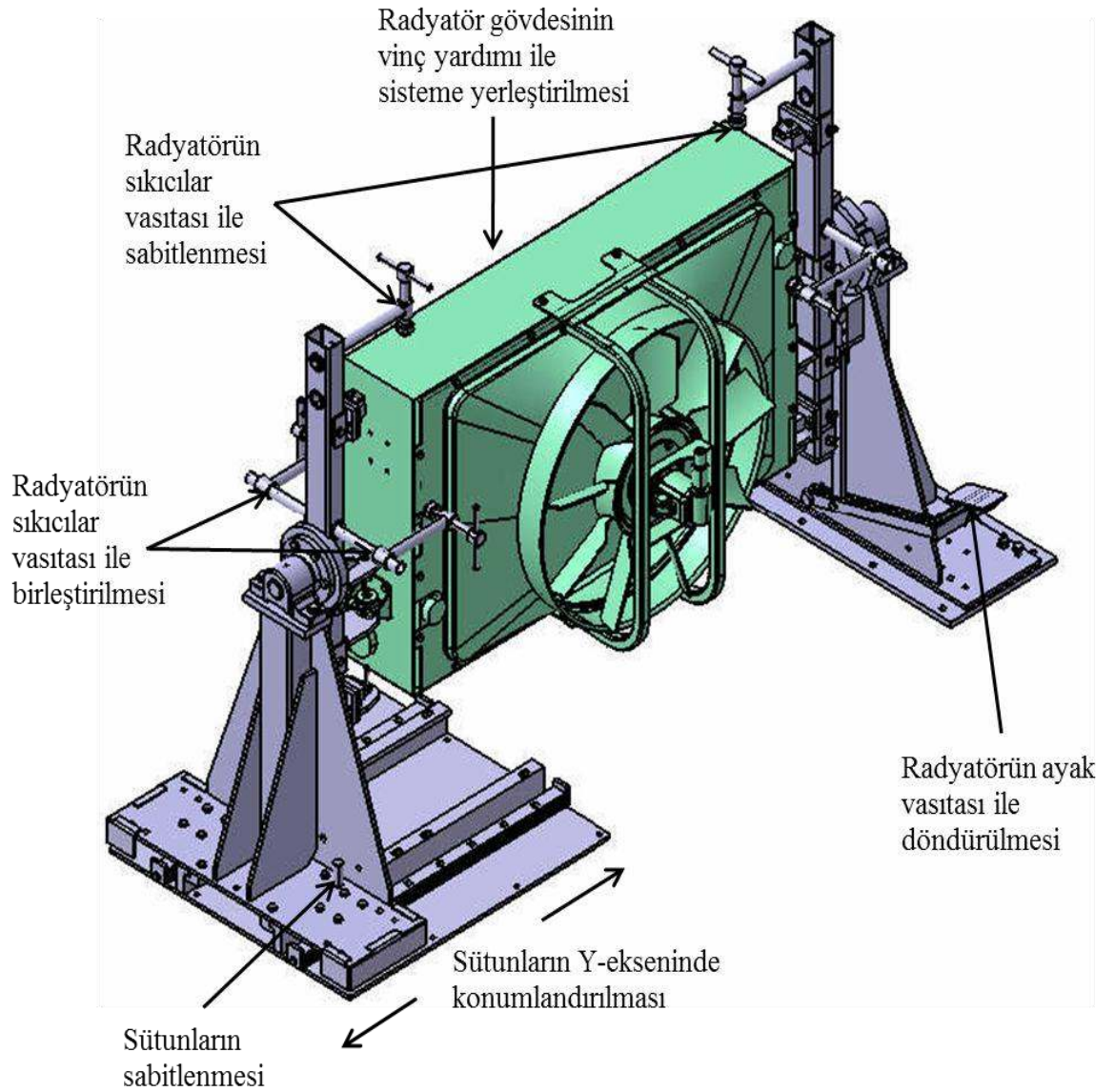
Müşteri beklentileri doğrultusunda geliştirilen radyatör toplama aparatının, 2, 3, 6 ve 7 nolu teoremlere göre fonksiyonel modeli Şekil 6.12’de oluşturulmuştur. Radyatörü sisteme vinçle yerleştirme işlemi, sistem fonksiyonu dışında gerçekleşen bir olay olduğundan bu işlem sistem sınırları dışında tutulmuştur. Sistemin çalışması taşıyıcı sütunların konumlandırılıp sabitlenmesi ile başlar. Daha sonra konumlandırılmış sütunlar üzerine sistem dışından radyatör yerleştirilir ve sabitlenir. Sabitlenmiş radyatör parçalarının birleştirilmesinden sonra radyatör kendi ekseninde 180° döndürülür. Döndürülmüş radyatörün arka tarafına ilave parçalar eklenmesiyle radyatör toplama işlemi sonlanmış olur.



Şekil 6.12. Radyatör toplama aparatının fonksiyonel modeli

Radyatör toplama aparatının, fonksiyonel modeli oluşturulduktan sonra Catia-V5'de gerçekleştirilen ayrıntılı tasarım sonunda ortaya çıkan nihai tasarım Şekil 6.13'de verilmiştir. Ayrıca fonksiyonel model oluştururken saptanan alt fonksiyonların çözümleri ise Şekil 6.13'de görülmektedir.

Bu aparat geliştirildikten sonra ilgili montaj bandında harcanan radyatör toplama süresi yaklaşık %70 oranında kısalmıştır. Ayrıca üç işçi ile yapılan radyatör montajı da tek operatörle yapılabilir hale gelmiştir.



Şekil 6.13. Radyatör toplama aparatının nihai tasarımı

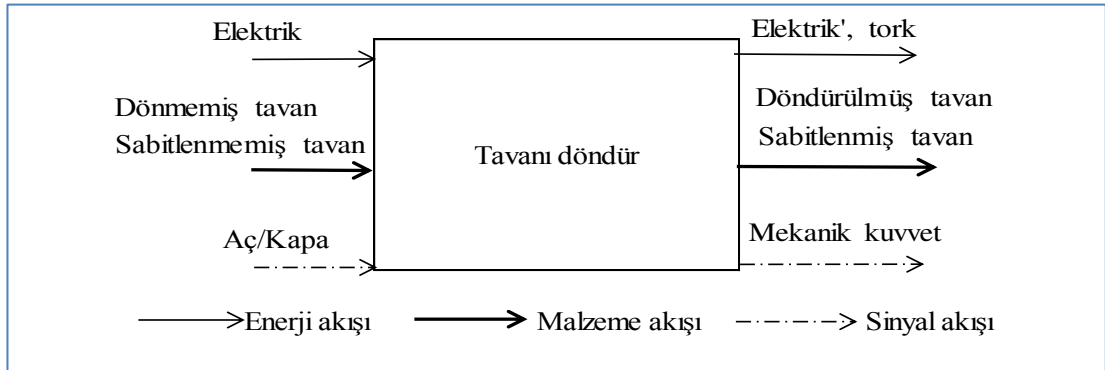
6.5. Tavan Ters Kaynak Fikstürü İçin Fonksiyonel Model Oluşturma

Otobüs iskelet bandında bulunan tavan toplama fikstüründen sonra tavan iskeleti arka tarafına; gaz borusu tutucuları, hava kanalı tutucuları, kablo tutucuları vb. tutucuların kaynatılması gerekir. Bunun için tavan kompleksini 180° kendi ekseninde döndürebilecek bir kaynak fikstürüne ihtiyaç duyulmaktadır.

Müşteri istekleri:

- Sistem sabit (taşınamaz) olmalı,
- Tavan kompleksini rijit bir şekilde tutabilmeli,
- Kendi eksenini etrafında 180° dönebilmeli,
- Dönme işlemi bir redüktör vasıtası ile yapılmalı,
- Tavan kompleksi aparat üstüne sıkıcılarla sabitlenmeli,
- Kaynak çarpılmalarına müsaade etmemeli.

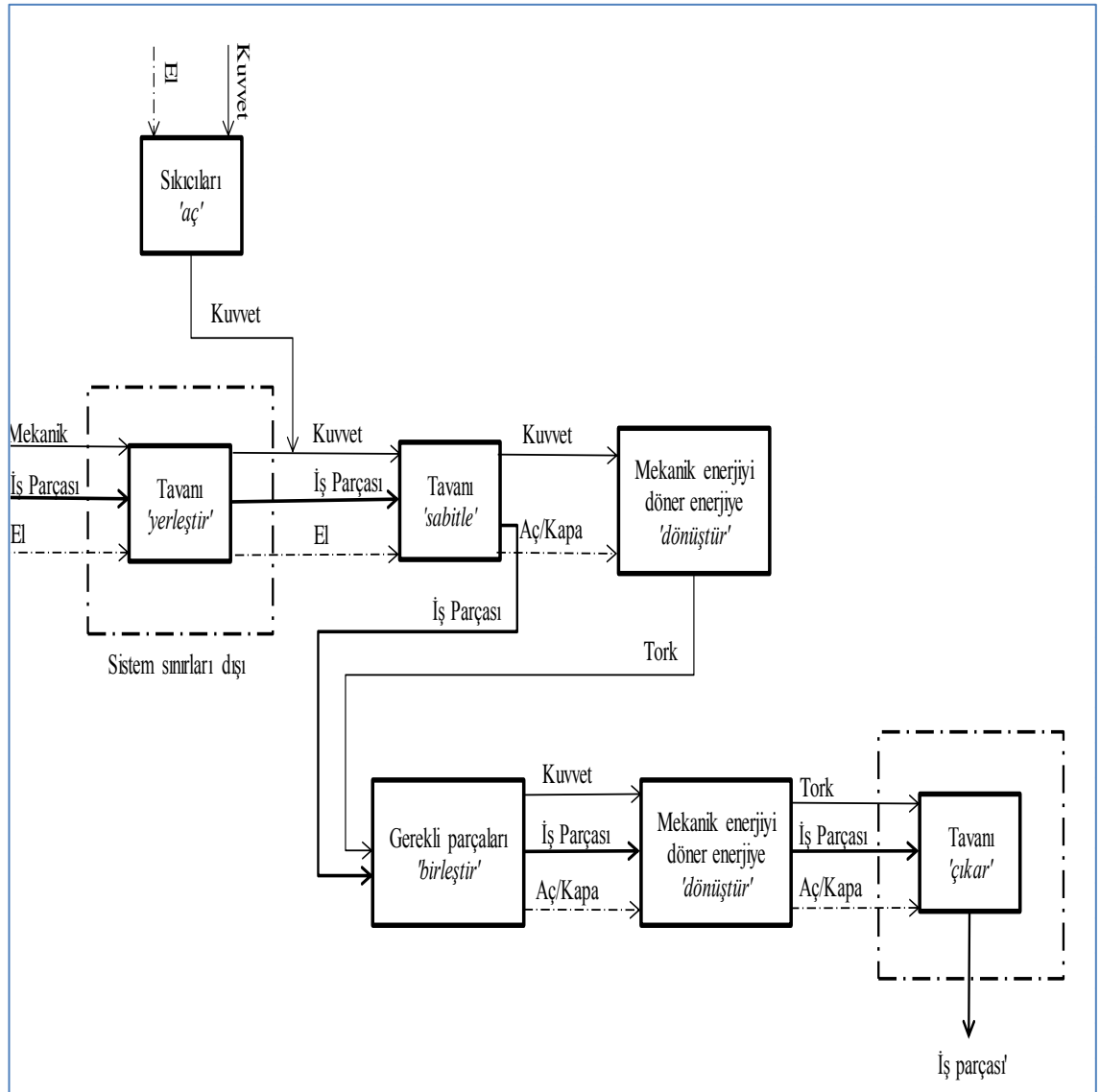
5 nolu teoreme göre Şekil 6.14’de tavan ters kaynak fikstürünün tüm fonksiyon yapısı oluşturulmuştur. Sistemden beklenen temel görev, tavanı kendi eksenini etrafında 180° döndürmesidir. Sistemin enerji girdisi olan elektrik, sistemden elektrik ve tork olarak çıkış yapar. Sisteme döndürülmemiş olarak girdi yapan tavan iskeleti, sistemden döndürülmüş tavan iskeleti olarak çıkar. Sistemin devreye girebilmesi için gerekli olan sinyal, bir düğmenin açılması ya da kapatılmasıyla gerçekleşir. Sinyal çıktısı ile sistemin mekanik enerji üretmesi tetiklenir.



Şekil 6.14. Tavan ters kaynak fikstürünün tüm fonksiyon yapısı

Müşteri beklentileri doğrultusunda geliştirilen tavan ters kaynak fikstürünün 2, 3, 6 ve 7 nolu teoremlere göre fonksiyonel modeli Şekil 6.15’de hazırlanmıştır. Tavan kompleksi sisteme vinç vasıtası ile giriş yapıp tekrar vinç vasıtası ile sistemden ayrıldığından, tavanın sisteme yerleştirilmesi ve sistemden çıkartılması fonksiyonu sistem sınırları dışında tutulmuştur. İlk olarak sistem üzerinde bulunan sıkıcıların açılmasıyla birlikte tavan iskeleti sistem dışından fikstüre yerleştirilir. Yerleştirilmiş

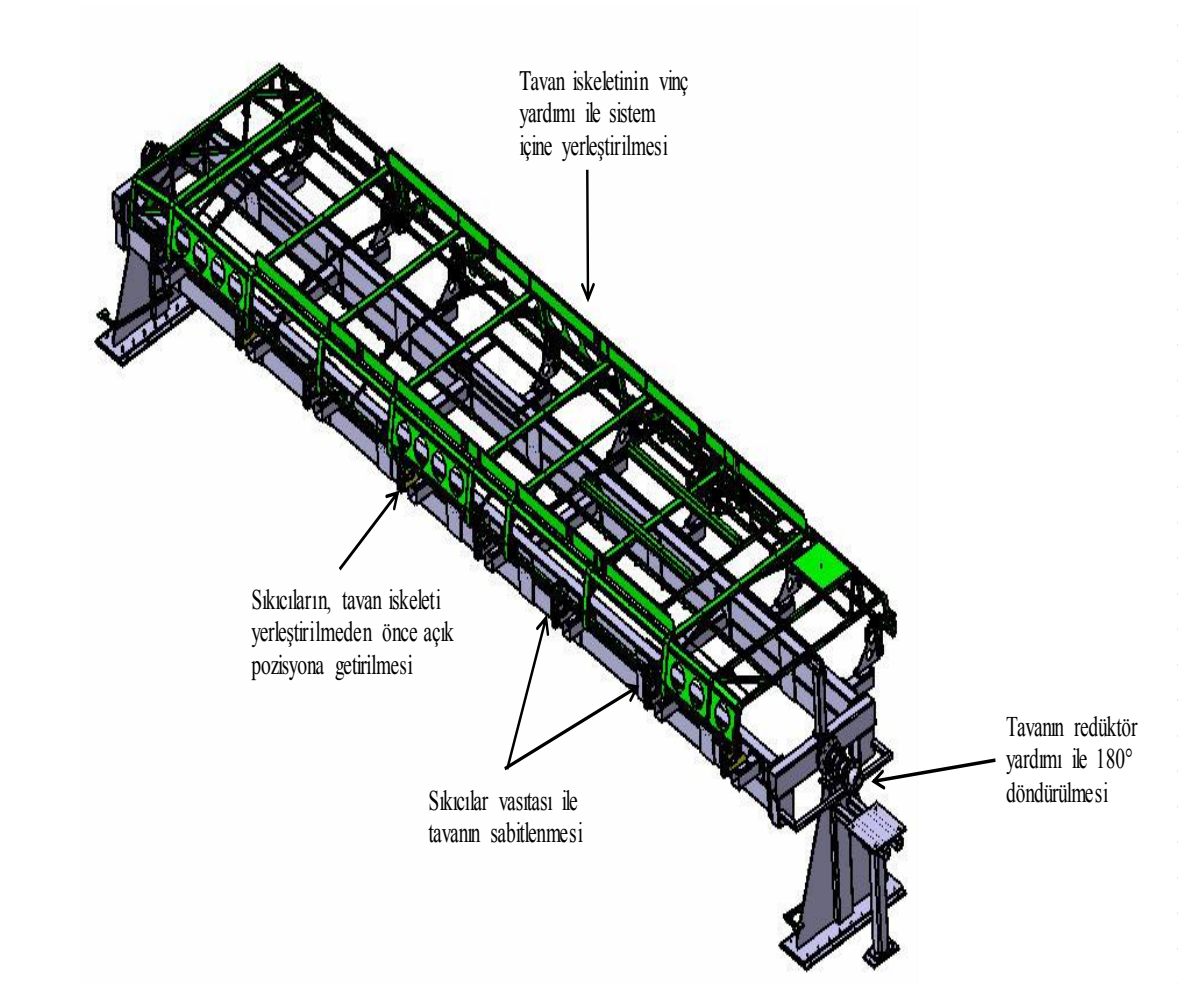
tavan iskeletinin sıkıcılarla sabitlenmesi sonrası fikstür bir redüktör vasıtası ile kendi eksenini etrafında 180° döndürülür. Daha sonra tavan iskeletinin arka tarafına gerekli parçaların kaynatılmasıyla fikstür kendi eksenini etrafında tekrar 180° döndürülerek ilk haline geri getirilir. Sistem dışında bulunan vincin bitmiş olan ürünü sistem dışına taşımasıyla işlem sona erer.



Şekil 6.15 Tavan ters kaynak fikstürünün fonksiyonel modeli

Tavan ters kaynak fikstürünün (fonksiyonel modeli oluşturulduktan sonra) Catia-V5'de gerçekleştirilen ayrıntılı tasarım sonunda ortaya çıkan nihai tasarımı Şekil

6.16’da verilmiştir. Ayrıca fonksiyonel model oluştururken saptanan alt fonksiyon çözümleri de Şekil 6.16’da görülmektedir.



Şekil 6.16 Tavan ters kaynak fikstürünün nihai tasarımı

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tezde, kavramsal tasarım süreci içerisinde yer alan fonksiyonel model üzerinde durulmuştur. Fonksiyonel model oluşturmak isteyen veri/sistem/ürün geliştirme mühendisleri veya tasarımcılar için standart fonksiyon ve akış tabloları kullanılarak fonksiyonel model yapısı somutlaştırılmıştır.

Yeni geliştirilecek konsept bir ürün için kavramsal tasarım aşamasında hazırlanması gereken fonksiyonel model yapılarının, özellikle otomotiv sektörünün Ar-Ge bölümlerinde de uygulanabileceği somut uygulamalarla gösterilmiştir. Bu çalışma ile birlikte kaynaklarda var olan fonksiyonel model çalışmalarına otomotivin otobüs üretimi alanında da katkılar sağlanmıştır.

Ortaya konulan bu tezde fonksiyonel model oluşturacak kişiye yardımcı olacak sistematik bir akış sunulmuştur. Bu tezde fonksiyonel dil yapısı vasıtası ile fonksiyonel modelin oluşturulmasını sağlayacak bir yazılım bulunmamaktadır. İleriki dönem çalışmalarda kaynaklarda mevcut fonksiyonel dil yapısını kullanarak fonksiyonel modelin geliştirmesini sağlayacak bir yazılımın geliştirilmesi mümkün olabilir.

Uygulama sonuçlarında fonksiyonel model yapısının standart fonksiyon ve akışlar vasıtası ile gerçek hayata uygulanabilirliği görülmüştür.

Sonuç olarak bu tezde somutlaştırılması hedeflenen fonksiyonel model yapısının, firmaların ürün geliştirme bölümlerine, Ar-Ge ile uğraşanlara, otomotiv sektörüne ya da tasarım bölümlerine faydalı olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Pahl, G., Beitz, W., "Engineering Design: A Systematic Approach", **Springer-Verlag**, London, (1988).
2. Hundal, M., "A Systematic Method for Developing Function Structures, Solutions and Concept Variants," ***Mechanism and Machine Theory***, 25:3, 243-256, (1990).
3. Koch, P., Peplinski, J., Allen, J., Mistree, F., "A Method for Design Using Available Assets: Identifying a Feasible System Configuration," ***Behavioral Science***, 30, 229-250 (1994).
4. Kirschman, C., Fadel, G., "Classifying Functions for Mechanical Design", ***Journal of Mechanical Design, Transactions of the ASME***, 120:3, 475-482 (1998).
5. Stone, R., Wood, K., "Development of a Functional Basis for Design", ***Journal of Mechanical Design***, 122:4, 359-370 (2000).
6. Szykman S., Racz W., Sriram D., "The Representation of Function in Computer-Based Design", ASME Design Engineering Technical Conferences, (1999).
7. Stone, R., Wood, K., Otto, K., "Theoretical Underpinnings of Functional Modelin: Preliminary Experimental Studies", ***ASME Design Engineering Technical Conferences***, (2000).
8. B. M. O. Halloran, R. B. Stone, I. Y. Tumer, "A Method to Compute Early Design Risk Using Customer Importance and Function-Flow Failure Rates", ***Oregon State University, Corvallis, United States***, 1-9, (2000).
9. Wang, Y., Nnaji, O., "Functionality-Based Modular Design for Mechanical Product Customization Over the Internet", ***Journal of Design and Manufacturing Automation***, (2001).
10. M. A. Kurfman, "Experimental Analysis of The Repeatability of A Functional Model Derivation Method", Yüksek Lisans Tezi, ***Mechanical Engineering University of Missouri-Rolaa***, (2001).
11. Y. M. Deng, "Function and Behavior Representation in Conceptual Mechanical Design", ***Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing Cambridge University Press in USA***, 16, 343–362, (2001).

12. Szykman, S., Fenves, S., Keirouz, W., Shooter, S., "A Foundation for Interoperability in Next-Generation Product Development Systems", *Journal of Computer Aided Design*, 3: 545-559 (2002).
13. Y. Kitamura, R. Mizoguchi, "Ontology-Based Description of Functional Design Knowledge and Its Use in A Functional Way Server", *The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University, Osaka* 8-1, (2003).
14. S. Ahmed, K. Wallace, "Evaluating a Functional Basis", *ASME 2003 Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference Chicago*, (2003).
15. C. R. Bryant, R. B. Stone, D. A. McAdams, T. Kurtoglu, M. I. Campbell, "Concept Generation From The Functional Basis of Design", *International Conference on Engineering Design ICED 05 Melbourne*, (2005).
16. J. S. Linsey, M. G. Green, M. V. Wie, K. L. Wood, R. Stone, "Functional Representations in Conceptual Design: A First Study in Experimental Design and Evaluation", *American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*, (2005).
17. Nachi, "Bilyalı ve Makaralı Rulmanlar", *Nachi Rulman Kataloğu*, 3, (2011).
18. Camelo, D., Mulet, E., Vidal, R., "Function and Behaviour Representation For Supporting Flexible Exploration and Generation in A Functional Model For Conceptual Design" *International Conference on Engineering Design, ICED'07, Paris*, (2007).
19. R. L. Nagel, M. R. Bohm, R. B. Stone, D. A. McAdams, "A Representation of Carrier Flows For Functional Design", *International Conference on Engineering Design, ICED'07, Paris*, (2007).
20. Mizoguchi R., "Functional Ontology of Artifacts", *ISIR, Osaka University*, (2008).
21. Caldwell B., "An Evaluation of Function-Based Representations and Information Archival in Engineering Design", Yüksek Lisans Tezi, *Mechanical Engineering of The Graduate School of Clemson University*, (2009).
22. Eck D., "On the Conversion of Functional Models: Bridging Differences Between Functional Taxonomies in The Modeling of User Actions, *Res Eng Design*, 21:99–111 (2010).

23. R. M. Arlitt, K., D. Balinski, C. H. Dagli, K. Grantham, “Functional Analysis of Systems Using a Functional Basis” *Systems Engineering Department Missouri University of Science and Technology Rolla*, (2011).
24. Tim Eales T., “New Product Success in Europe”, *IRI White Paper, Industrial Research Inc.* , 13, (2007).
25. Wang, Y., Nnaji, B., “Functionality-Based Modular Design for Mechanical Product Customization Over the Internet”, *Journal of Mechanical Design and Manufacturing Automation*, 4:3, (2001).
26. Börklü, H. R., “Mühendislik Tasarımı-Sistematik Yaklaşım”, *Hatiboğlu Basım ve Yayım*, 1-3, 6-8, 89-101, 155-221, (2010).
27. Kurfman, M. A., “Experimental Analysis of the Repeatability of a Functional Model Derivation Method”, *Mechanical Engineering University of Missouri-Rolla* 8-21, (2001).
28. Kurtoğlu, T., “A Computational Approach to Innovative Conceptual Design”, Doktora Tezi, *The Faculty of the Graduate School of the University of Texas at Austin*, 34, (2007).

EKLER

EK-1 Susturucu montaj aparatının kavramsal tasarımı

Susturucu montaj aparatı kavramsal tasarım basamakları:

- İhtiyaç tanımı (Tasarım şartnamesi),
- Tanımı genelleştirme ve önemli ifadelerle indirgeme,
- Tüm fonksiyonu belirleme ve gösterme,
- Önemli alt fonksiyonları belirleme,
- Fonksiyon yapıları geliştirme,
- Önemli alt fonksiyonlara çözümler arama ve bir sınıflandırma şemasında gösterme,
- Tasarım seçenekleri (varyantlar) oluşturma
- Seçenekleri seçim çizelgesinde listeleme ve ön değerlendirme yapma,
- Uygun bulunan seçeneklerin şematik sentezlerini (montaj) çizme,
- Gerekli ise kaba hesaplar yapma,
- Bir amaçlar ağacı oluşturma,
- Amaçlar ağacında belirlenen değişken ağırlıklarına göre uygun görülen seçenekler için ikinci bir değerlendirme yapma ve en iyi iki ya da üç çözüm kavramını seçme,
- Seçilen son kavramları değer profil diyagramı ile değerlendirme ve en iyi tasarıma karar verme.

Amaç:

Euro-6 seyahat otobüslerine monte edilmesi istenen susturucunun, kısa sürede, en az işçi ile montajını sağlayacak bir montaj aparatına ihtiyaç duyulmaktadır.

Tanım:

Bu tasarım ergonomik olarak insan-makine ilişkisine uygun, kullanımı basit ve hızlı bir şekilde kullanılabilir olmalıdır.

EK-1 (Devam) Susturucu montaj aparatının kavramsal tasarımı

Susturucu montaj aparatının tasarım şartnamesi:

Tasarım şartnamesi, müşterinin sistemden beklediği arzu ve isteklerin toplandığı bir tablodur. İstekler, nihai ürün üretildiğinde sistemin mutlaka yerine getirmesi gerektiği özelliklerdir. Arzular ise sistemin yerine getirme zorunluluğu olmadığı özelliklerdir. Tasarım şartnamesinde verilen boyut, hız, maliyet vb. gibi parametreler birimleri ile birlikte belirtilmelidir. Bununla birlikte ilgili işlerin sorumluları da belirtilmiş olmalıdır. Çizelge 1.1’de susturucu montaj aparatının tasarım şartnamesi görülmektedir.

EK-1 (Devam) Susturucu montaj aparatının kavramsal tasarımı

Çizelge 1.1. Susturucu montaj aparatı tasarım şartnamesi

Kullanıcı	Tasarım Şartnamesi		Sayfa: 1
Değişiklikler	İ: İstek A: Arzu	İhtiyaçlar	Sorumlu
	Geometri:		Serkan
İ	Boyu en fazla: 750mm		
İ	Genişliği en fazla: 850mm		
İ	Eni en fazla: 600mm		
İ	Forkliftin bıçaklarının gireceğin yerin boyutları: 120mm x 90mm		
	Kinematik:		Serkan
İ	Kullanıcı tarafından hareketi ve hızı sağlanmalıdır. □		
	Enerji:		Serkan
İ	Sistemin enerji girdisi manuel kullanıma uygun olmalıdır.		
	Montaj ve Nakil:		Serkan
A	Arıza durumunda aparatın parçaları kolay bir şekilde değiştirilebilmelidir. □		
İ	Forklift ile üretim hattında taşınabilirliği uygun olmalı.		
	Maliyet:		Satınalma
A	Üretilcek aparatın maliyeti en fazla 1250€ olmalıdır.		
	Çalışma ve Bakım:		Üretim
İ	Aparatın bakımı çok karışık olmamalıdır.		
İ	İmalat tamamlandıktan sonra bakım-onarım formu hazırlanmalıdır.		
	Emniyet:		İş Sağlığı
İ	Aparat, iş ve işçi sağlığı yönetmeliğine uygun olmalı.		
İ	150kg ağırlığındaki egzoz susturucusunu iki emniyetle taşıyabilir olmalı.		
İ	Aparatın konstrüksiyonu üzerindeki susturucuyu güvenli bir şekilde taşıyacak şekilde olmalı.		
	Üretim ve kalite kontrol:		Kalite Kontrol
İ	Ürünün kalitesi MAN normlarına uygun olmalı.		
	Malzeme:		Satınalma
A	Aparatta kullanılan malzemeler kolay temin edilebilir olmalı.		

EK-1 (Devam) Susturucu montaj aparatının kavramsal tasarımı

Tanımı genelleştirme ve önemli ifadelerle indirgeme:

Tasarım şartnamesinde belirlenen talepler bu bölümde önemli ifadelerle indirgenir.

Susturucu montaj aparatı için belirlenen önemli ifadeler aşağıdaki gibidir:

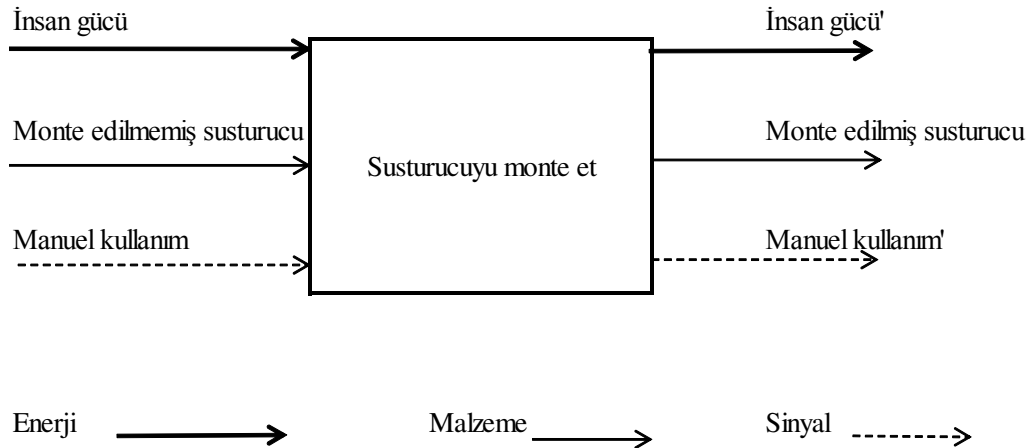
Kullanımı basit olmalıdır,

Minimum hacimde olmalıdır,

Asgari 150 kg yükü taşıyabilir olmalıdır.

Susturucu montaj aparatının tüm fonksiyon yapısı:

Susturucu montaj aparatından beklenen ana fonksiyon, susturucuyu yerine monte etmesidir. Bundan dolayı susturucu montaj aparatının tüm fonksiyonu, *susturucuyu monte et* şeklinde tanımlanmalıdır. Enerji, malzeme ve sinyal akışına göre susturucu montaj aparatının tüm fonksiyon yapısı Şekil 1.1. de ki gibidir.

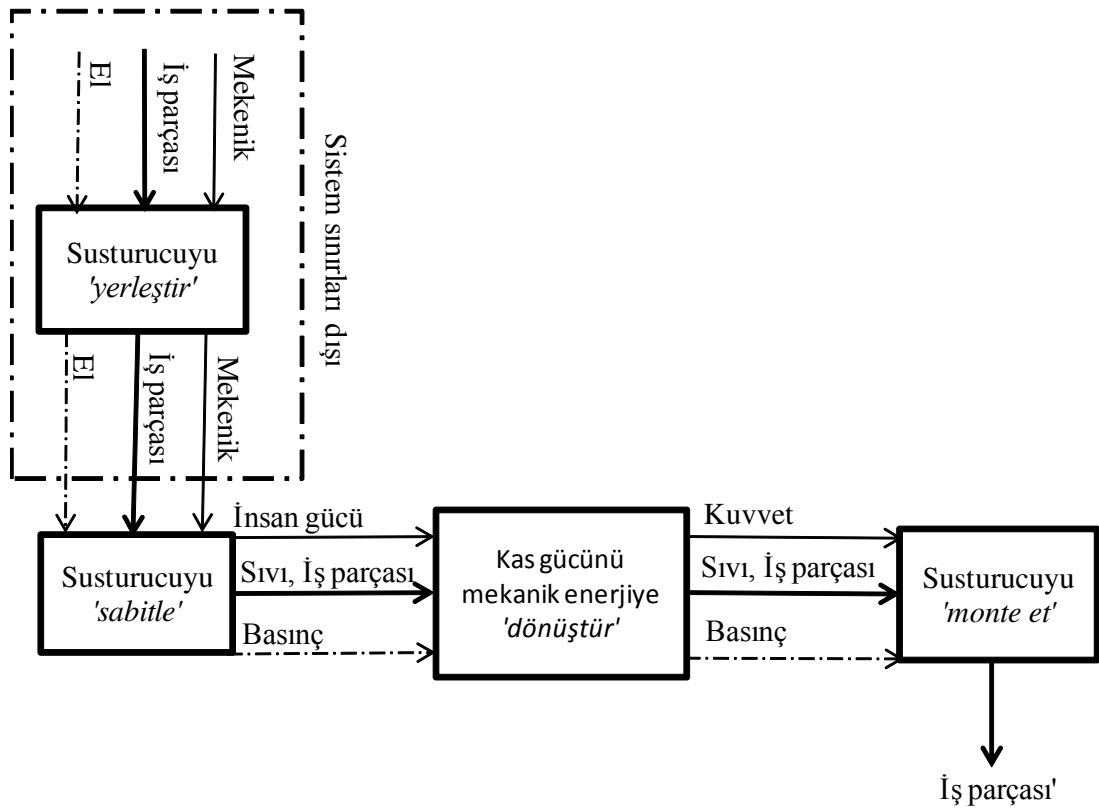


Şekil 1.1. Susturucu montaj aparatı tüm fonksiyon yapısı

EK-1 (Devam) Susturucu montaj aparatının kavramsal tasarımı

Susturucu montaj aparatının alt fonksiyonları:

Susturucu montaj aparatından beklenen temel alt fonksiyonlar; sisteme susturucuyu yerleştirmek, susturucuyu sabitlemek, kas gücünün mekanik enerjiye dönüştürmek ve susturucuyu monte etmek şeklindedir. Susturucu montaj aparatının alt fonksiyon yapısı Şekil 1.2. görülmektedir.



Şekil 1.2. Susturucu montaj aparatının alt fonksiyonları

EK-1 (Devam) Susturucu montaj aparatının kavramsal tasarımı

Susturucu montaj aparatı için çözüm seçenekleri:

Şekil 1.2’de belirlenen alt fonksiyonlar için bulunan çözüm ilkeleri Şekil 1.3’te görüldüğü gibi olabilir. Bulunan çözümlerin bir çalışma yapısı (uygun bir tüm sistem veya sentez) oluşturacak şekilde birleştirilmesi gerekir.

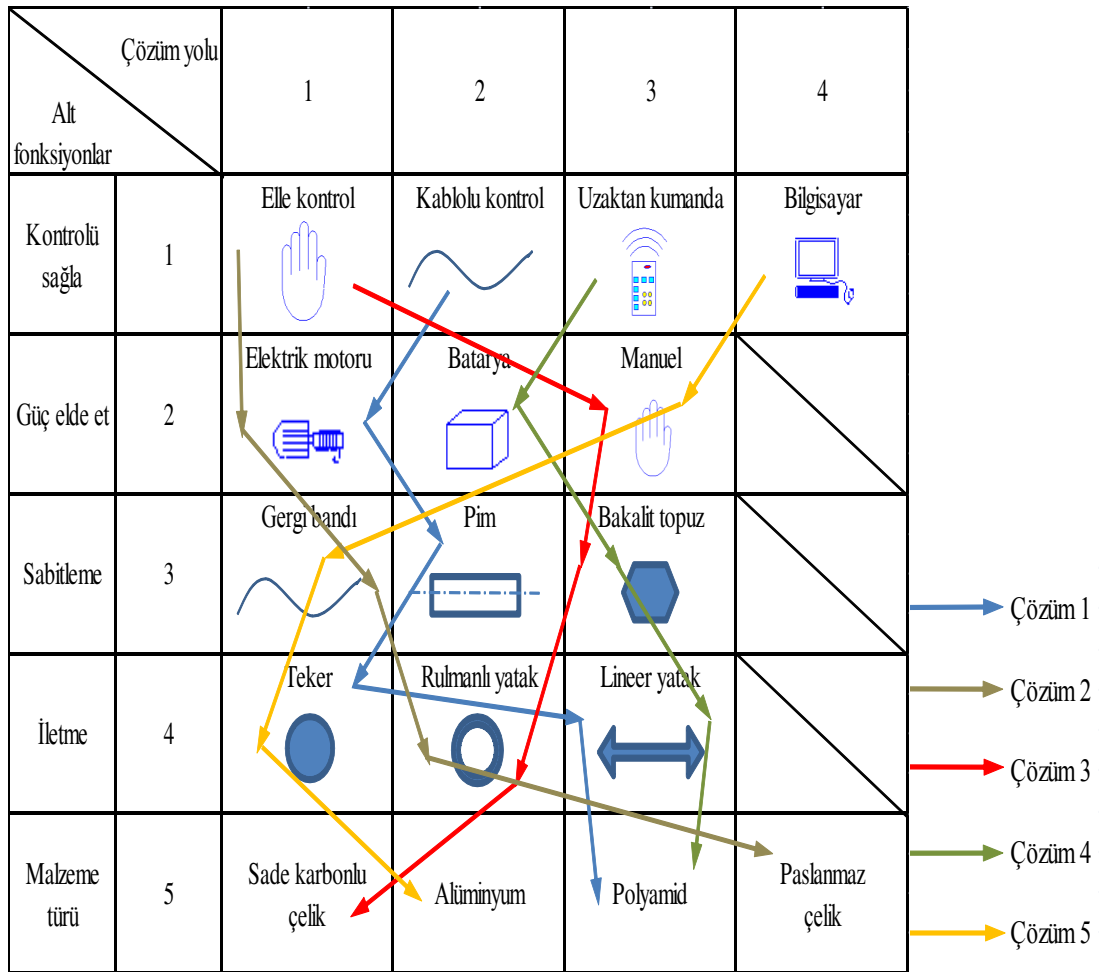
Çözüm yolu		1	2	3	4
Alt fonksiyonlar					
Kontrolü sağla	1	Elle kontrol 	Kablolu kontrol 	Uzaktan kumanda 	Bilgisayar 
Güç elde et	2	Elektrik motoru 	Batarya 	Manuel 	
Sabitleme	3	Gergi bandı 	Pim 	Bakalit topuz 	
İletme	4	Teker 	Rulmanlı yatak 	Lineer yatak 	
Malzeme türü	5	Sade karbonlu çelik	Alüminyum	Polyamid	Paslanmaz çelik

Şekil 1.3. Susturucu montaj aparatı için çözüm seçenekleri

EK-1 (Devam) Susturucu montaj aparatının kavramsal tasarımı

Susturucu montaj aparatı için beş çeşit çözüm ilkesi bulunmuştur. Bunlar Şekil 1.4.' de görülmektedir. Bulunan çözüm ilkeleri, Şekil 1.1.' de verilen tüm fonksiyon yapısını karşılayacak niteliktedir.

Susturucu montaj aparatı için tasarım varyantları oluşturma:



Şekil 1.4. Susturucu montaj aparatı için tasarım varyantları oluşturma

EK-1 (Devam) Susturucu montaj aparatının kavramsal tasarımı

Susturucu montaj aparatı için değerlendirme çizelgesi oluşturma:

Şekil 1.5'te seçenek parametrelerini daha açık tayin edebilmek ve değerlendirmeyi kolaylaştırabilmek için bir amaçlar ağacı oluşturulmuştur. Çizelge 1.3'de ise Çizelge 1.2'de kavramsal tasarım aşamasına devam edilmesine karar verilen 2 ve 3 nolu çözüm seçeneklerine ait bir değerlendirme çizelgesi verilmiştir.

Çizelge 1.3. Susturucu montaj aparatı için değerlendirme çizelgesi

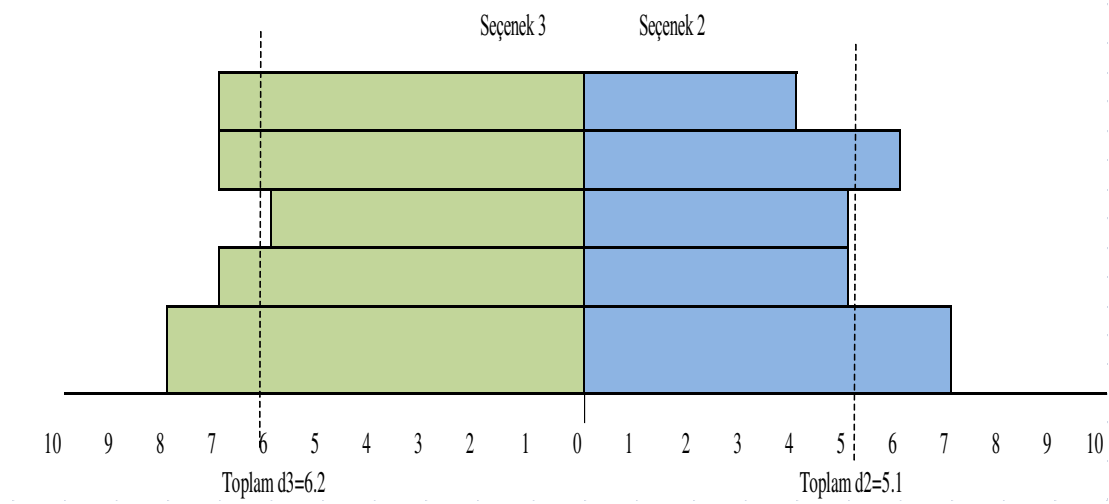
Değerlendirme Çizelgesi				Seçenek 2			Seçenek 3		
		W	Değişkenler	Oran	Değer	Ağırlık	Oran	Değer	Ağırlık
1	Bakım kolaylığı	0,1	Sistem karmaşıklığı	Orta	5	0,5	Orta	5	0,5
2	Hareket kolaylığı	0,1	Sarf edilen güç	Orta	5	0,5	Az	6	0,6
3	Kullanım kolaylığı	0,1	Karmaşıklık	Fazla	6	0,6	Az	7	0,7
4	Parça temin kolaylığı	0,1	Üretim kolaylığı	Az	3	0,3	Fazla	7	0,7
5	Az sayıda parça kullanımı	0,1	Parça sarfiyatı	Fazla	4	0,4	Orta	5	0,5
6	Parçaların karmaşıklığı	0,1	Basit montaj	Az	4	0,4	Fazla	6	0,6
7	Standart parça kullanımı	0,1	Basit montaj	Orta	5	0,5	Orta	5	0,5
8	Kabul edilebilir hata	0,1	Sistem hassasiyeti	Fazla	7	0,7	Fazla	7	0,7
9	Fiziksel denge durumu	0,2	Denge emniyeti	Fazla	6	1,2	Fazla	7	0,7
Toplam Wt = 1				Toplam Wd2=45 Toplam WAd2=5.1			Toplam Wd3=55 Toplam WAd3=6.2		

EK-1 (Devam) Susturucu montaj aparatının kavramsal tasarımı

Susturucu montaj aparatı için değer profil diyagramı oluşturma:

Şekil 1.6’da verilen değer profil diyagramında da görüldüğü gibi 3 numaralı çözüm seçeneği 2 numaralı çözüm seçeneğine göre daha fazla üstünlüğe sahiptir. Bundan dolayı 3 numaralı seçenek uygun görülerek şekillendirme tasarımı aşamasına geçilmesine karar verilmiştir.

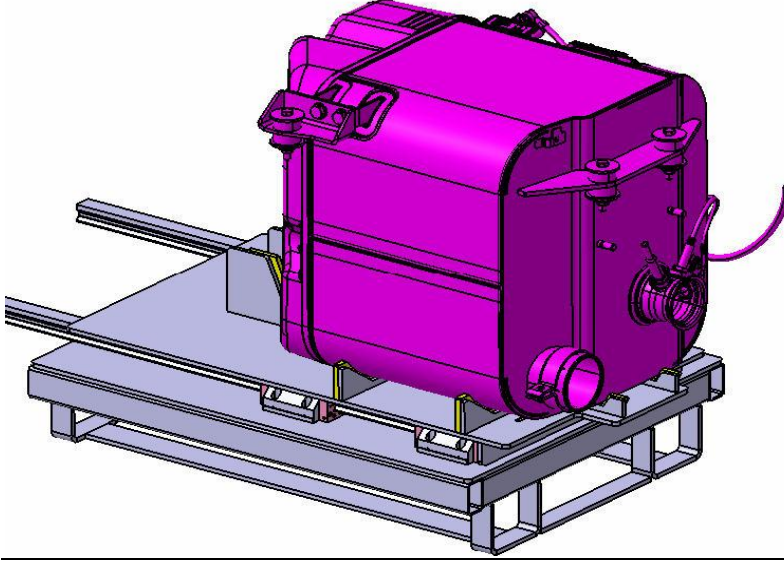
Çözüm 2 ve çözüm 3’e ait görseller sırasıyla Şekil 1.7 ve Şekil 1.8’de görülmektedir.



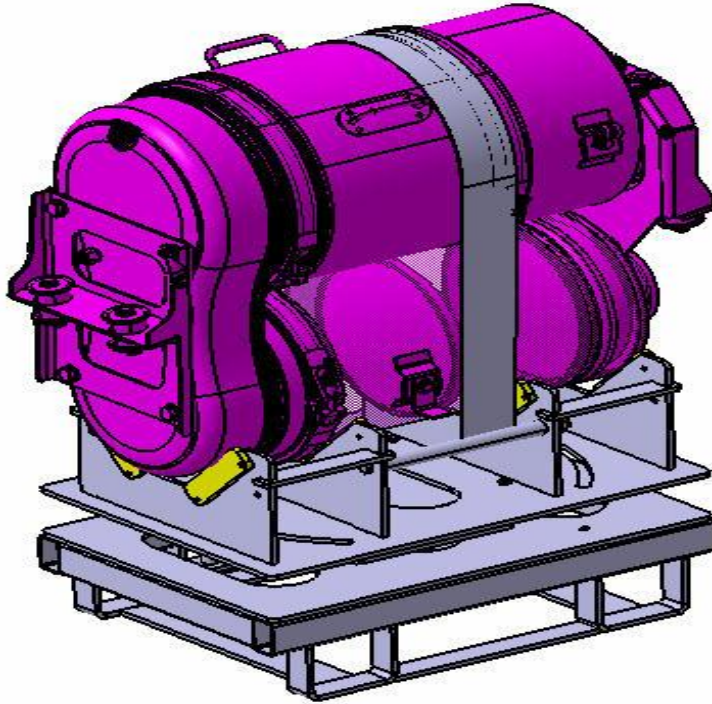
Şekil 1.6. Susturucu montaj aparatı değer profil diyagramı

EK-1 (Devam) Susturucu montaj aparatının kavramsal tasarımı

Çözüm görselleri:



Şekil 1.7. İki numaralı çözüm seçeneği



Şekil 1.8. Üç numaralı çözüm seçeneği

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : SİVRİ, Serkan
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 13.11.1984 ve Karabük
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (536) 771 08 96
 e-mail : serkansivri84@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /Makine Eğitimi	2013
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Makine Resim ve Kontstrüksiyon Öğretmenliği	2008
Lise	Karabük Endüstri Meslek Lisesi	2001

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2008-2009	Mak Savunma Sanayi	Proje Sorumlusu
2009-2010	Farhym Otomotiv	Ür-Ge Sorumlusu
2010-2011	Eczacıbaşı-Artema	Ür-Ge Sorumlusu
2011-(---)	Man Otobüs ve Kamyon	Ar-Ge Sorumlusu

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Fotoğraf çekmek ve yüzmek