

**GAZ TÜRBLNLI MOTOR PROJELERİ İÇİN STRATEJİK  
KAYNAK YÖNETİMİ: TASARIM PROSESLERİ İÇİN  
DEĞER MÜHENDİSLİĞİ YAKLAŞIMI**

**İlayda TABAN**



T.C.  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GAZ TÜRBİNLİ MOTOR PROJELERİ İÇİN STRATEJİK KAYNAK  
YÖNETİMİ: TASARIM PROSELERİ İÇİN DEĞER MÜHENDİSLİĞİ  
YAKLAŞIMI**

**İlayda TABAN**  
0000-0001-5276-115X

Doç. Dr. Ali Yurdun ORBAK  
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2021

## TEZ ONAYI

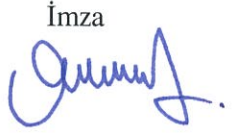
İlayda TABAN tarafından hazırlanan “GAZ TÜRBİNLİ MOTOR PROJELERİ İÇİN STRATEJİK KAYNAK YÖNETİMİ: TASARIM PROSESLERİ İÇİN DEĞER MÜHENDİSLİĞİ YAKLAŞIMI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Doç. Dr. Ali Yurdun ORBAK

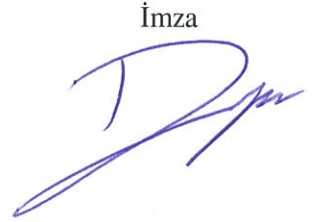
**Başkan** : Doç. Dr. Ali Yurdun ORBAK  
0000-0002-4921-4275  
Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza  


**Üye** : Doç. Dr. Aytaç YILDIZ  
0000-0002-0729-633X  
Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa  
Bilimleri Fakültesi,  
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza  


**Üye** : Dr.Öğr.Üyesi Duygu YILMAZ EROĞLU  
0000-0002-7730-2707  
Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza  


Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN  
Enstitü Müdürü

25/1/2021

**U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**



24/01/2021

**İlayda TABAN**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### GAZ TÜRBİNLİ MOTOR PROJELERİ İÇİN STRATEJİK KAYNAK YÖNETİMİ: TASARIM PROSESLERİ İÇİN DEĞER MÜHENDİSLİĞİ YAKLAŞIMI

**İlayda TABAN**

Bursa Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Doç. Dr. Ali Yurdun ORBAK

Havacılık sektöründe faaliyet gösteren ve gaz türbinli motor projeleri gerçekleştiren bir firmanın tasarım müdürlüğü bünyesinde yapılan bu çalışmada proje süresince görev alan ve farklı disiplinlerde faaliyet gösteren insan kaynağının çalışma değerini, değer mühendisliği yaklaşımı kullanılarak, %80 ve üzerinde bir değere arttırmak amaçlanmıştır. Bu kapsamda ilk olarak, ele alınan müdürlükte görev alan disiplinlerin gerçekleştirdikleri fonksiyonlar belirlenmiş ve sınıflandırılmış, FAST diyagramları ile gerçekleştirdikleri süreçler görselleştirilmiştir. Sonrasında, istenmeyen fonksiyon adetleri ve bu fonksiyonlara harcanan iş yükü göz önünde bulundurularak disiplinlerin mevcut çalışma değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda en düşük değere sahip olan disipline başlanarak, disiplinlerin gerçekleştirdikleri istenmeyen fonksiyon adetleri ve bu fonksiyonlara harcadıkları iş yükü azaltılarak disiplinlerin çalışma değeri arttırılmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda, disiplinlerin gerçekleştirdikleri istenmeyen fonksiyonları gerçekleştirmesi gereken disiplinler ve ekipler tespit edilmeye çalışılmış ve bu fonksiyonların tespit edilen ekiplere atanması çözümü önerilmiştir. Getirilen öneriler sonucunda ele alınan 10 disipline 9unun çalışma değeri %100'e, geriye kalan bir disiplinin çalışma değeri ise %82,29'a çıkarılmıştır. Ek olarak, şirket içinde faaliyet gösteren ve istenmeyen fonksiyonları gerçekleştirmesi gereken ekip ve disiplinlere ek olarak, çalışma kapsamında ele alınan müdürlük içerisinde yeni bir disiplinin kurulması önerilmiş ve bu disiplinin gerçekleştireceği fonksiyonlar belirtilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Değer mühendisliği, sistem mühendisliği, insan kaynağı yönetimi, proje yönetimi

**2021, vii + 111 sayfa.**

## **ABSTRACT**

MSc Thesis

STRATEGIC STAKEHOLDER MANAGEMENT FOR GAS TURBINE ENGINE DESIGN  
PROJECT: VALUE ENGINEERING APPROACH TO DESIGN PROCESSES

**İlayda TABAN**

Bursa Uludağ University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Industrial Engineering

**Supervisor:** Assoc. Prof. Dr. Ali Yurdun ORBAK

In this study conducted within the design directorate of a company operating in the aviation sector and realizing gas turbine engine projects, the working value of the human resources, who worked in different disciplines during the project, was tried to be increased to 80% or more by using the value engineering approach of system engineering. In this context, firstly, the functions performed by the disciplines working in the relevant directorate were determined and classified, and the processes they performed with FAST diagrams were visualized. Then, taking into account the number of undesired functions and the workload spent on these functions, the current working values of the disciplines were calculated. In line with the results obtained, the work value of the disciplines was tried to be increased by starting from the discipline with the lowest value, by reducing the number of undesired functions performed by the disciplines and the workload they spent on these functions. In this context, the disciplines and teams that should perform the unwanted functions of the disciplines were tried to be determined and the solution to assign these functions to the determined teams was proposed. As a result of the suggestions, the working value of nine of the 10 disciplines dealt with was increased to 100%, and the working value of the remaining discipline to 82.29%. In addition, in addition to the teams and disciplines that operate within the company and need to perform unwanted functions, it was proposed to establish a new discipline within the directorate considered within the scope of the study and the functions to be performed by this discipline were specified.

**Key words:** Value engineering, systems engineering, human resource management, project management

**2021, vii + 111 pages.**

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Uludağ Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda hazırlanan bu yüksek lisans tezi kapsamında, ülkemizde hızlı bir şekilde gelişim gösteren havacılık sektörünün projelerindeki insan kaynağı yönetimine; sistem mühendisliği yaklaşımlarından biri olan değer mühendisliği ile değer artırma çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma süresince, hem lisans hem de yüksek lisans eğitimim boyunca her daim desteğini esirgemeyen ve değerli görüşleriyle eğitim hayatıma yön veren danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ali. Yurdun Orbak'a; hem kariyerimde hem de bu tez çalışmasında değerli fikirleriyle bana yol gösteren ve desteklerini esirgemeyen başta Sayın Birşen Erdem ve Sayın Ömer Ecevitoğlu olmak üzere tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her alanında desteğini benden esirgemeyen, her zaman yanımda olduklarını bildiğim ve bu değerli mesleğe yönelmem konusunda bana yol gösteren anneme ve babama teşekkür ederim.

İlayda TABAN  
24/01/2021

## İÇİNDEKİLER

|                                       | <b>Sayfa</b> |
|---------------------------------------|--------------|
| ÖZET .....                            | i            |
| ABSTRACT .....                        | ii           |
| ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....               | iii          |
| KISALTMALAR DİZİNİ .....              | v            |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                 | vi           |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....               | vii          |
| 1. GİRİŞ.....                         | 1            |
| 2. KURAMSAL TEMELLER.....             | 3            |
| 2.1. Proje Yönetimi .....             | 3            |
| 2.2. Sistem Mühendisliği.....         | 15           |
| 2.3. Değer Mühendisliği.....          | 18           |
| 2.3.1. Bilgi Toplama Aşaması .....    | 22           |
| 2.3.2. Fonksiyon Analizi Aşaması..... | 25           |
| 2.3.3. Yaratıcılık Aşaması .....      | 30           |
| 2.3.4. Değerlendirme Aşaması .....    | 32           |
| 2.3.5. Soruşturma Aşaması.....        | 37           |
| 2.3.6. Sunum Aşaması.....             | 39           |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM.....            | 41           |
| 4. BULGULAR .....                     | 49           |
| 5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....             | 66           |
| KAYNAKLAR.....                        | 73           |
| EKLER.....                            | 75           |
| ÖZGEÇMİŞ.....                         | 111          |



## KISALTMALAR DİZİNİ

| <b>Kısaltmalar</b> | <b>Açıklama</b>                              |
|--------------------|--|
| DM                 | Değer Mühendisliği                           |
| FAST               | Fonksiyon Analiz Sistemi Tekniği             |
| INCOSE             | International Council on Systems Engineering |
| PMI                | Project Management Institute                 |
| PY                 | Proje Yöneticisi                             |
| SAS                | İkincil Hava Sistemi (Secondary Air System)  |
| SAT                | Satın Alma Talebi                            |
| SM                 | Sistem Mühendisliği                          |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|   | <b>Sayfa</b> |
|---|--------------|
| Şekil 2.1. Proje yönetim süreç grupları.....  | 6            |
| Şekil 3.1. FAST diyagramı mantık ilişkisi.....                                      | 42           |
| Şekil 3.2. FAST diyagramı mantık ilişkisi kılavuzu.....                             | 43           |
| Şekil 3.3. "VE" kapısı gösterimi .....  | 44           |
| Şekil 3.4. "YA DA" kapısı gösterimi.....  | 45           |
| Şekil 3.5. FAST diyagram şablonu.....   | 46           |
| Şekil 3.6. Örnek FAST diyagramı genel gösterimi .....                               | 47           |
| Şekil 4.1. Tasarım müdürlüğü organizasyon şeması .....                              | 49           |
| Şekil 4.2. Liderlik ve disiplin bazlı organizasyon şeması.....                      | 51           |
| Şekil 5.1. Disiplin bazlı çalışma yüzdesel grafiği .....                            | 67           |
| Şekil 5.2. Çalışma öncesi ve çalışma sonrası disiplin bazlı çalışma yüzdeleri ..... | 68           |
| Şekil 5.3. Çalışma sonrası liderlik ve disiplin bazlı organizasyon şeması.....      | 71           |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

|  |    |
|--|----|
| Çizelge 2.1. Proje yönetim bilgi alanı ve proje yönetimi süreç grupları ilişki haritası ..   | 14 |
| Çizelge 2.2. Fonksiyon tanımlama formu .....   | 27 |
| Çizelge 2.3. Fonksiyon değerlendirme formu .....   | 34 |
| Çizelge 2.4. Alternatif fikir karşılaştırma formu .....  | 36 |
| Çizelge 4.1. Disiplin bazlı sınıflandırılmış fonksiyon adetleri.....   | 51 |
| Çizelge 4.2. Tasarım fazı süresince disiplin bazlı çalışma değerleri .....   | 52 |
| Çizelge 4.3. Disiplin bazlı istenmeyen fonksiyon iş yükü yüzdeleri.....  | 53 |
| Çizelge 4.4. İş yükü yüzdesi eklenmiş disiplin bazlı çalışma değerleri.....  | 54 |
| Çizelge 4.5. Çalışma değeri bazlı disiplin sıralaması .....  | 54 |
| Çizelge 4.6. Doğrulama ve geçерleme mühendisliği istenmeyen fonksiyon iş yükü<br>yüzdeleri.....                                      | 55 |
| Çizelge 4.7. Doğrulama ve geçерleme mühendisliği istenmeyen fonksiyon çalışma<br>alanları .....                                      | 56 |
| Çizelge 4.8. Doğrulama ve geçерleme disiplini öneri çözümleri ile elde edilen disiplinler<br>bazlı çalışma değerleri .....           | 59 |
| Çizelge 4.9. Doğrulama ve geçерleme disiplini öneri çözümleri sonrası çalışma değeri<br>bazlı disiplin sıralaması .....              | 59 |
| Çizelge 4.10. Sistem entegrasyon mühendisliği istenmeyen fonksiyon iş yükü yüzdesi.<br>.....   | 60 |
| Çizelge 4.11. Sistem entegrasyon mühendisliği istenmeyen fonksiyon çalışma alanları.<br>.....  | 60 |
| Çizelge 4.12. Sistem entegrasyon mühendisliği disiplini öneri çözümleri ile elde edilen<br>disiplinler bazlı çalışma değerleri ..... | 63 |
| Çizelge 4.13. Sistem entegrasyon disiplini öneri çözümleri sonrası disiplinler ve iş yükü<br>oranları.....                           | 63 |
| Çizelge 4.14. Çalışma değeri arttırma çalışması sonrasında disiplin bazlı çalışma değerleri<br>.....                                 | 64 |
| Çizelge 5.1. Disiplin bazlı çalışma öncesi ve sonrası durumlar ve elde edilen çalışma<br>değeri yüzde artışları .....                | 67 |
| Çizelge 5.2. İstenmeyen fonksiyonlar ve bu fonksiyonlara getirilen yeni ekip önerileri.<br>.....                                     | 69 |

## 1. GİRİŞ

Günümüzde hemen hemen her alanda ve her sektörde “proje” kelimesi kullanılmakta ve yapılan her çalışma proje stratejisi üzerinden hayata geçirilmektedir. Çalışmanın gerçekleştiği havacılık sektöründen de pek çok ürün projelerle ortaya çıkarılmaktadır. Gerçekleştirilen bu projelerde görev alan pek çok mühendislik disiplini bulunmaktadır. Bu disiplinlerden biri de sistem mühendisliği disiplini.

Sistem mühendisliği, bir projenin fizibilite çalışmasından proje kapanışına kadar proje yaşam döngüsü içerisinde görev almaktadır. Bu süreç içerisinde projenin fizibilite çalışmasının yapılması, müşteri isterlerinin tanımlanması, sistem ve alt sistem gereksinimlerinin çıkarılması, yayınlanması ve güncelliğinin sağlanması gibi farklı görev ve sorumluluklar üstlenmektedir. Bu görev ve sorumlulukları farklı teknikler, metodolojiler ve yaklaşımlar kullanarak hayata geçirmektedir. Kullandıkları bu yaklaşımlardan biri de değer mühendisliğidir.

Havacılık sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın tasarım müdürlüğünde gerçekleştirilen bu çalışma kapsamında, gaz türbinli motor projelerinin tasarım faaliyetlerinde görev alan insan kaynağı ele alınmıştır. Ele alınan bu insan kaynağının, proje süresince kendi pozisyonlarının getirdiği görev ve sorumluluklara ek olarak başka disiplinler ve departmanlarca yapılması gereken bazı görev ve sorumlulukları da yerine getirdiği tespit edilmiştir. Bu da, ele alınan bu insan kaynağının fazla mesai yapmasına neden olmaktadır. Bunun sonucu olarak çalışanlar üzerinde moral bozukluğu, yorgunluk ve stresli bir çalışma ortamı meydana getirmektedir. Bu kapsamda, çalışma süresince projelerin tasarım faaliyetlerinde görev alan bu insan kaynağının disiplin bazlı çalışma değerleri, gerçekleştirilmeleri gereken fonksiyon adetleri ve bu fonksiyonlara harcadıkları iş yükü göz önünde bulundurularak hesaplanmış ve hesaplanan bu çalışma değerinin ele alınan müdürlük içerisinde faaliyet gösteren ve bu çalışma için kurulmuş olan çalışma grubu tarafından belirlenmiş olan %80 ve üzerine çıkarılması hedeflenmiştir.

Belirlenen bu problemdeki çalışma değerlerinin belirlenmesi ve belirlenen çalışma değerlerinin arttırılması için sistem mühendisliği yaklaşımlarından biri olan değer mühendisliği yaklaşımı kullanılmıştır. Yaklaşımla ilgili detaylı bilgilendirme çalışmanın kuramsal temeller bölümünde ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Literatür incelendiğinde, değer mühendisliği yaklaşımı kapsamında gerçekleştirilen çoğu çalışmada bir ürünün ele alındığı ve ürünün nihai değerini arttırmak için, belirlenen fonksiyonların birim maliyetini düşürüp toplam maliyeti minimize etmeye çalışıldığı böylece nihai ürünün değerinin arttırıldığı tespit edilmiştir. Ancak bu çalışmada literatürden farklı olarak, tespit edilen fonksiyonların maliyetine odaklanılmamış, bunun yerine çalışanların gerçekleştirdiğı ancak gerçekleştirmemesi gereken fonksiyonların (çalışmanın ilerleyen bölümlerinde bu faaliyetler istenmeyen fonksiyon olarak adlandırılacaktır) sayısını ve bu fonksiyonlar için harcadıkları iş yükünü azaltarak insan kaynağının çalışma değerini arttırmaya odaklanılmıştır.

## 2. KURAMSAL TEMELLER

Bir firmanın tasarım müdürlüğünde gerçekleştirilen bu çalışma kapsamında gaz türbinli motor projelerinde insan kaynağı yönetimi, sistem mühendisliği yaklaşımlarından biri olan değer mühendisliği yaklaşımı ile gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle çalışmanın bu kısmında ilk olarak proje ve proje yönetiminden bahsedilecek ardından sistem mühendisliğine ve değer mühendisliği yaklaşımına değinilecektir.

### 2.1. Proje Yönetimi

Proje ve proje yönetimi denildiği zaman akla ilk gelen ve 1969 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde bir proje yönetim derneği olarak kurulan PMI'ya göre proje, benzersiz bir ürün hizmet veya sonuç ortaya koymaya yönelik yapılan geçici bir çaba olarak tanımlanmıştır (Anonim 2013). Burada kullanılan “geçici” kelimesi, proje içerisinde sarf edilen çabanın belli bir başlangıcının ve bitişinin olduğunu göstermektedir.

Jeffrey K. PINTO'ya (2016) göre ise proje, insanlar tarafından maliyet, program ve kalite parametreleri dâhilinde belirlenen hedeflere ulaşmak için yürütülen, başlangıç ve bitiş belli olan benzersiz girişimler olarak tanımlanmaktadır.

Literatür incelendiğinde yaygın olarak kullanılan proje tanımı ise istenen özelliklere göre tamamlanması gereken özgün bir ürün, hizmet veya sonuç ortaya koymak amacıyla, tanımlanmış bir bütçe ve belirli bir başlangıç ve bitiş zamanı içinde yürütülen geçici faaliyetler bütünü şeklindedir. Bu bilgiler ışığında, projenin sahip olması gereken temel nitelikler aşağıda belirtilen şekilde sıralanabilir (Suvacı ve ark 2013):

- Her projenin sonunda benzersiz bir ürün, hizmet ya da sonuç ortaya çıkmalıdır.
- Projeler geçici sürelerde gerçekleştirildikleri için her projenin bir başlangıç ve bitiş zamanı olmalıdır,
- Belirli şartnamelerde tanımlanan ve tamamlanması gereken bir hedefi olmalıdır.
- Projenin tanımlanmış bir bütçesi bulunmalıdır.

Bir hizmet, ürün ya da sonuç elde etmek için yapılan sürekli faaliyetler olarak tanımlanan süreç kavramı ile proje kavramı ise çoğunlukla karıştırılmakta ve aynı olarak

değerlendirilmektedir. Ancak süreçler, belirli bir ürünü ve hizmeti ortaya koymak için yapılan ve sürekli tekrarlanan faaliyetlerdir. Projeler ise, özgün bir ürünü ortaya koymak için belirli bir başlangıç ve bitiş zamanı içerisinde sadece bir defaya özgü olarak yapılan faaliyetlerdir (Suvacı ve ark. 2013). Örneğin mevcut üretim hatlarında yapılan faaliyetler proses olarak, bu hatlar üzerinde yapılan yenilik ve geliştirme çalışmaları ise proje olarak adlandırılmaktadır.

Projelerde kendi aralarında karmaşıklık derecesi, teknoloji seviyesi, risk seviyesi ve proje süresi prensiplerine göre gruplara ayrılmaktadır; A tipi projeler, B tipi projeler, C tipi projeler ve D tipi projeler. Ancak proje tipleri değişse de her bir projenin tanımlanması ve kapsamının belirlenmesi gerekmektedir. A tipi projeler, kısa bir süre içerisinde, üründe ya da hizmette ufak çaplı değişimlerin elde edilmek istendiği, küçük ölçekli projelerdir. Bu gibi projelerin başarılı bir şekilde gerçekleşebilmesi için mevcutta bulunan teknik bilgi birikimi yeterlidir. Projelerin risk seviyesi de, proje grupları arasındaki en düşük seviyeye sahiptir. B tipi projeler ise, 5-6 kişilik bir proje ekibiyle, işletmenin bir bölümünün ya da birden fazla bölümünün dâhil olmasıyla gerçekleşen nispeten kısa süreli projelerdir. Risk seviyesi A tipi projelere göre daha fazla olsa da, C ve D tipi projelerle karşılaştırıldığında oldukça düşük seviyededir. A ve B tipi projelerin ortak noktaları ise C ve D tipi projelere kıyasla proje bütçelerinin oldukça sınırlı olması ve çok karmaşık projeler olmadığı için proje yönetimi yaklaşımının gerektirdiği tüm araçların kullanımının zorunlu olmamasıdır. C tipi projeler, yeni ürün geliştirme projeleridir ve A ve B tipi projelere göre daha uzun sürede gerçekleşen daha karmaşık projelerdir. Yüksek teknolojilerin uygulanmasını ve denenmesini gerektirdiği için bu tip projelerinin sonuçları her zaman önceden tahmin edilemeyebilir ve bu nedenle de risk seviyesi oldukça yüksek projelerdir. D tipi projeler ise bir araya gelen pek çok farklı disiplindeki kişilerin en yüksek teknolojik uygulamaları kullanarak gerçekleştirmeye çalıştığı projelerdir. Bu tip projeler uzun yıllar sürebilmekte ve oldukça büyük bütçelere sahip olabilmektedir. Aynı zamanda proje grupları içerisindeki en riskli proje tipidir (Suvacı ve ark. 2013).

PMI'ya göre proje yönetimi ise proje gereksinimlerini karşılamak üzere ilgili tüm bilginin, becerinin, malzemenin ve tekniğin proje faaliyetlerine uygulanmasıdır ve

projenin fikir aşamasından kapanış aşamasına kadar gerçekleşen tüm faaliyetleri kapsamaktadır (Anonim 2013). Projenin başlangıcından bitişine kadarki sürede gerçekleştirilen proje yönetiminin doğru bir şekilde yapılması ve projenin başarıya ulaşabilmesi için projenin kapsamına, kalitesine, zamanına, kaynaklarına, maliyetine ve riskine dikkat edilmelidir. Bu parametreler aynı zamanda projenin kısıtlarını oluşturmaktadır. Projenin dengeli bir şekilde yürütülmesi için bu kısıtların proje yaşam döngüsü boyunca dengeli bir şekilde yürütülmesi gerekmektedir.

Proje yaşam döngüsü ise, projenin başlangıcından bitişine kadar, proje ile ilgili olarak gerçekleşen tüm faaliyetleri kapsayan süreçtir. Proje tipi ve proje süresi ne olursa olsun, projeler aynı aşamalardan geçmektedir. Bu aşamalar şunlardır (Anonim 2013):

- Başlangıç
- Planlama
- Uygulama
- Kapanış

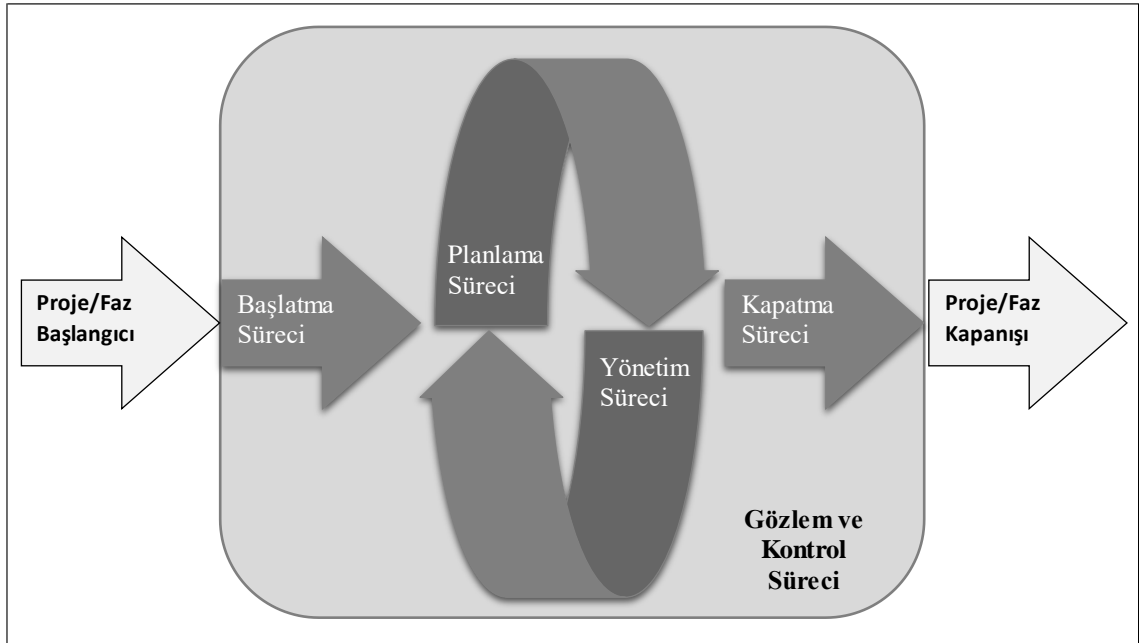
Projenin her bir aşamasında gerçekleştirilen süreçler ve aktiviteler proje yönetimi süreç grupları altında toplanmıştır. Projelerin başlangıcından bitişine kadarki süreç içerisinde gerçekleştirilen tüm prosesleri proje yönetim süreç grupları olarak adlandırılan 5 farklı gruba ayırmıştır (Anonim 2017). Yukarıda bahsedilen proje aşamalarının her birinde aynı anda birden fazla süreç grubu aktif olabilmektedir. Süreç gruplarını oluşturan aktivitelerin hangilerinin kullanılıp kullanılmayacağı ise projenin tiplerine göre değişkenlik gösterebilmektedir. Şekil 2.1.'de proje süreç gruplarının proje yaşam döngüsü süresince kendi içerisindeki ilişkisi gösterilmektedir. Bahsedilen bu süreç grupları aşağıdaki gibidir:

- Başlangıç süreç grubu; yeni bir projeyi ya da devam etmekte olan bir projenin aşamasını, başlaması için onay aldıktan sonra, projeyi ya da aşamayı tanımlamak için yapılan tüm aktiviteleri kapsamaktadır. Genellikle projenin başlangıç aşamasında aktif olarak kullanılmaktadır.
- Planlama süreç grubu; projenin kapsamını ve hedeflerini belirlemek ve bu hedeflere ulaşmak için yapılması gereken işlemlerin nasıl, ne zaman, nerede ve



kim tarafından yapılacağını tanımlayan faaliyetleri kapsamaktadır. Genellikle projenin planlama ve uygulama aşamalarında aktif olarak kullanılmaktadır.

- Yürütme süreç grubu; proje yönetim planında tanımlanan faaliyetlerin tanımlanmasını içeren işlemleri kapsamaktadır. Genellikle projenin uygulama aşamasında aktif olarak kullanılmaktadır.
- İzleme ve kontrol süreç grubu; projedeki ilerlemeleri izlemeyi, bu ilerlemelerin proje planına uygunluğunu değerlendirmeyi, gerekli durumlarda da proje planında değişmesi gereken alanları tanımlayarak düzeltici faaliyetleri önermeyi kapsamaktadır. Bu süreç grubu, proje yönetiminin her aşamasında aktif olarak kullanılmaktadır.
- Kapanış süreç grubu ise proje ya da projenin bir aşamasının resmi kapanışında, proje yaşam çevrimi sırasında gerçekleştirilen tüm faaliyetlerin sonuçlandırılması için gerçekleştirilen faaliyetlerin tamamını kapsamaktadır. Özellikle projenin kapanış aşamasında kullanılmaktadır.



**Şekil 2.1.** Proje yönetim süreç grupları (Anonim 2013'den değiştirilerek alınmıştır )

PMI'nin sunmuş olduğu metodolojiye göre, projenin ve proje yönetim süreçlerinin başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için 10 farklı yönetim bilgi alanının kullanılması gerekmektedir. Bahsedilen bu bilgi alanları aşağıdaki gibidir (Anonim 2017):

- Proje entegrasyon yönetimi bilgi alanı
- Proje kapsam yönetimi bilgi alanı
- Proje takvim yönetimi bilgi alanı
- Proje maliyet yönetimi bilgi alanı
- Proje kalite yönetimi bilgi alanı
- Proje kaynak yönetimi bilgi alanı
- Proje iletişim yönetimi bilgi alanı
- Proje risk yönetimi bilgi alanı
- Proje tedarik yönetimi bilgi alanı
- Proje paydaş yönetimi bilgi alanı

Proje entegrasyon yönetim bilgi alanı, projenin başlangıcından tamamlanması kadar geçen süre içerisinde, proje yönetimi süreç grupları içinde yer alan çeşitli süreçleri ve proje yönetim faaliyetlerini belirtmek, tanımlamak, birleştirmek ve koordine etmek için gerçekleştirilmesi gereken aksiyon ve süreçleri kapsamaktadır (Anonim 2017). Bu bilgi alanı şu aktiviteleri içermektedir :

- Proje başlangıç belgesinin geliştirilmek ve yayınlanmak: Bir projenin varlığını resmi bir şekilde beyan eden ve proje yöneticisine kurum kaynaklarını proje faaliyetleri için kullanma yetkisi veren proje beratı belgesinin geliştirilmesi ve bu belgenin yayınlanması sürecidir.
- Proje yönetim planını geliştirmek ve yayınlamak: Tüm plan bileşenlerinin tanımlanması, hazırlanmasını, koordine edilmesini ve entegre edilmiş bir proje planı altında birleştirilmesini kapsayana proje planlama sürecidir. Bu süreç sonunda, proje yönetim planı yayınlanmaktadır.
- Proje çalışmalarını yönetmek ve yönlendirmek: Proje planında tanımlanan çalışmaları yönetme ve gerçekleştirme; proje süresince, proje hedeflerine ulaşmak için gerçekleştirilmesi gereken değişiklikleri değerlendirme ve uygulama sürecidir.
- Proje bilgi birikimini yönetmek: Proje hedeflerine ulaşmak için mevcut bilgileri kullanmayı ve elde edilen yeni bilgileri kayıt altına alarak, kurumsal öğrenmeyi sağlayacak bilgi birikimini elde etmeyi amaçlayan yürütme sürecidir.

- Proje çalışmalarını izlemek ve kontrol etmek: Proje yönetim planında tanımlanan performans hedeflerine ulaşmak için projenin genel ilerleyişini izlemeyi, gözden geçirmeyi ve raporlamayı içeren izleme ve kontrol sürecidir.
- Entegrasyon değişim kontrolünü sağlamak: Proje çıktılarındaki, kurumsal süreç varlıklarındaki, proje belgelerinde ve proje yönetim planındaki değişiklikleri onaylamayı ve yönetmeyi kapsayan, proje yaşam döngüsü boyunca meydana gelen tüm değişiklik taleplerinin gözden geçirilmesi sürecidir.
- Proje ya da fazın kapatılması: Proje, faz ya da sözleşme kapsamındaki tüm faaliyetlerin sonlandırılması sürecidir.

Proje kapsam yönetim bilgi alanı, projenin başarılı bir şekilde tamamlanması için neyin dâhil edilip neyin dâhil edilmeyeceğini belirterek, gerekli olan çalışmaları tanımlayan ve bu çalışmaların proje sürecine dâhil edilmesini sağlayan proje yönetimi bilgi alanıdır. Bu yönetim alanı, aşağıdaki faaliyetleri içermektedir (Anonim 2017):

- Plan kapsam yönetimi: projenin ve proje kapsamında meydana gelecek olan ürün kapsamının nasıl tanımlanacağını, doğrulanacağını ve kontrol edileceğini açıklayan bir kapsam yönetim planını oluşturma sürecidir. Bu süreç sonunda, proje kapsam yönetim planı oluşturulmakta ve yayınlanmaktadır.
- Gereksinimlerin toplamak: Proje hedeflerine ulaşmak için karşılanması gereken paydaş ihtiyaç ve gereksinimlerinin belirlenmesi, tanımlanması, belgelenmesi ve yönetilmesi sürecidir.
- Kapsamı tanımlamak: Proje ve proje sonunda gerçekleştirilecek ürün hakkında detaylı tanımlamaların yapıldığı süreçtir.
- İş kırılım yapısını oluşturmak: Proje çıktılarını ve proje çalışmalarını yönetilebilir daha küçük bileşenlere bölme sürecidir. Bu çalışma sonucunda, proje kapsamında gerçekleştirilecek olan faaliyetler net bir şekilde gözlemlenebilmektedir.
- Kapsamı doğrulamak: Tamamlanan proje çıktılarının değerlendirildiği ve değerlendirme sonucuna göre kabul edilip edilmemesi kararının alındığı izleme ve kontrol sürecidir. Bu süreç sonrasında, proje çıktılarının kabul edilmesi durumunda projenin başarılı bir şekilde gerçekleştiği söylenebilmektedir.
- Kapsamı kontrol etmek: Proje ve ürün kapsam durumunun izlenmesi ve kapsam taban çizgisinde meydana gelen değişikliklerin yönetilmesi sürecidir.

Proje takvim yönetimi bilgi alanı, projenin zamanında tamamlanmasını yönetmek için gerçekleştirilmesi gereken süreçleri içermektedir. Bu kapsamda gerçekleştirilmesi gereken süreçler aşağıdaki gibidir (Anonim 2017):

- Takvim yönetimini planlamak: Proje takviminin planlanması, geliştirilmesi, yönetilmesi, yürütülmesi ve denetlenmesi için politika, prosedür oluşturma ve bu belgeleri yayınlama sürecidir. Bu süreç sonunda, proje takvim planı oluşturulmakta ve yayınlanmaktadır. Bu plan proje faaliyetlerinin ve projenin tahmini tamamlanma süresini belirtmekte, proje ürün, hizmet ve sonuçlarının nasıl ve ne zaman sunulacağını göstermektedir.
- Aktiviteleri belirlemek: Proje çıktılarını üretmek ve projenin paydaş gereksinimlerini karşılayarak başarılı bir şekilde tamamlanması için gerçekleştirilmesi gereken aktiviteleri belirtme, tanımlama ve belgeleme sürecidir.
- Aktiviteleri önceliklendirmek: Projede gerçekleştirilmesi planlanan aktiviteler arasındaki ilişkiyi belirtme, tanımlama ve belgeleme sürecidir. Bu süreç kapsamında, proje süresince, aktivitelerin hangi sıra ile gerçekleştirileceği de belirlenmektedir.
- Aktivite sürelerini tahmin etmek: Her bir faaliyetin, onlara atanan kaynaklar ile tamamlanması için gereken çalışma zamanının tahmin edilmesi sürecidir. Projenin planlanan zamanda tamamlanabilmesi için, bu aktivite kapsamında, aktivite sürelerinin doğru tahmin edilmesi gerekmektedir. Kurum geçmiş bilgilerini ve aktivitelerin gerçekleştiren kaynaklarının geçmiş çalışmalardaki performans ölçütleri, bu tahminin doğru bir şekilde gerçekleştirilmesi için referans olarak kullanılabilir.
- Takvimi geliştirmek: Proje yürütme ve izleme ve kontrol süreçleri için proje zamanlama modeli oluşturmak üzere, aktivite önceliklerini, sürelerini, kaynak gereksinimlerini ve takvim kısıtlarını analiz etme sürecidir. Takvim kısıtları, müşteri gereksinimleri ya da kurum kültürü sonucunda meydana gelmektedir.
- Takvimi kontrol etmek: Projenin gerçekleştirilmesi sırasında, projenin gidişatına göre proje takvimini güncelleme ve takvim taban çizgisindeki değişiklikleri yönetme sürecidir.

Proje maliyet yönetimi bilgi alanı, proje faaliyetlerini tamamlayabilmek için gereken kaynakların maliyeti ile ilgilidir. Projenin, proje başlangıcında onaylanan proje bütçesi dâhilinde tamamlanabilmesi için gerçekleştirilmesi gereken maliyet planlaması, maliyet tahmini, bütçelendirme, kaynak yaratma (fonlama), maliyet yönetimi ve maliyet kontrolü gibi süreçleri içermektedir. Bu kapsamda gerçekleştirilmesi gereken süreçler aşağıdaki gibidir (Anonim 2017):

- Maliyet yönetimini planlama: Proje maliyetlerinin nasıl tahmin edileceğini, projenin nasıl bütçelendirileceğini, bütçenin nasıl yönetileceğini ve kontrol edileceğini tanımlayan süreçtir. Bu süreç sonrasında, proje maliyet planı çıkmakta ve yayınlanmaktadır.
- Maliyet tahmini: Projenin tamamlanması için gereken bütçenin tahmin edilmesinde kullanılan parasal kaynak yaklaşımının geliştirildiği süreçtir.
- Bütçe kararlaştırma: Onaylanmış bir maliyet taban çizgisi oluşturmak için her bir faaliyetin ya da iş paketinin gerçekleştirilmesi için gereken tahmini maliyetlerin toplanması sürecidir.
- Maliyet kontrolü: Proje süresince her bir faaliyetin gerçekleştirilmesi için harcanan maliyetin izlenerek proje maliyetini güncellenmesi ve maliyet taban çizgisindeki değişikliklerin saptanarak yönetilmesi sürecidir.

Proje kalite yönetimi bilgi alanı, kuruluşun kalite politikasına ilişkin süreçleri, proje ve ürün kalite gerekliliklerini planlayarak, yöneterek ve kontrol ederek paydaş ihtiyaç ve gereksinimlerini karşılayabilmeyi amaçlayan bilgi alanıdır. Bu bilgi alanı kapsamında alınan kalite önlemleri ve teknikleri, proje sonunda ortaya çıkan teslimat ürünlerine özgüdür. Bu kapsamda gerçekleştirilen süreçler aşağıdaki gibidir (Anonim 2017):

- Kalite yönetimini planlama: Proje ve onun çıktıları için kalite gereksinimlerini ve standartlarını belirleme ve projenin kalite gerekliliklerine ve standartlarına uygunluğunu nasıl gösterileceğini dokümante edilmesi sürecidir.
- Kaliteyi yönetme: Kalite yönetim planını, projedeki kalite kuruluş kalite yönetim politikaları olan kalite aktivitelerine dönüştürme faaliyetidir.
- Kaliteyi kontrol etme: Proje performansını değerlendirmek ve proje çıktılarının eksiksiz, doğru ve müşteri beklentilerini karşıladığında emin olmak için kalite yönetim faaliyetlerini yürütme ve sonuçlarını izleme ve kaydetme sürecidir.

Proje iletişim yönetimi bilgi alanı, projenin bilgi ihtiyaçlarının, proje paydaşları tarafından, proje çıktılarının geliştirilmesi ve etkili bilgi alışverişinin sağlanması için tasarlanmış faaliyetleri uygulayarak karşılanmasını garanti almak adına ihtiyaç duyulan süreçleri içermektedir. Bu kapsamdaki süreçler aşağıdaki gibidir (Anonim 2017):

- İletişim planını planlama: Her bir paydaşın veya paydaş grubunun bilgi ihtiyaçlarına, proje ihtiyaçlarına ve kurumsal varlıklara göre uygun bir proje iletişim faaliyetleri yaklaşımı belirleme, bu parametreleri göz önünde bulundurarak plan çıkarma ve bu planı geliştirme sürecidir.
- İletişimi yönetme: Proje bilgilerinin zamanında ve uygun bir şekilde toplanmasını, oluşturulmasını, dağıtılmasını, depolanmasını, yönetilmesini, izlenmesini ve elden çıkarılmasını sağlayan süreçtir.
- İletişimi izleme: Projenin bilgi ihtiyaçlarını ve bunları paydaşlar tarafından karşılanmasını garanti altına alma sürecidir.

Risk, ortaya çıkması halinde projenin hedeflerine olumlu ya da olumsuz bir etkisi olacak olan belirsiz bir olay veya durum olarak tanımlanmaktadır (Teller ve Ark. 2014). Proje risk yönetimi bilgi alanı ise bir proje için risklerin ve risk yönetimi faaliyetlerinin nasıl yönetileceğinin belirlenmesi sürecidir. Bu sürecin en önemli yararı, risk yönetiminin derecesinin, türünün ve görünürlüğünün hem risklerle hem de projenin gerçekleştiği kurum ve paydaşları için önemi ile doğru orantılı olmasıdır. Bu süreç, bir projenin tasarlanması esnasında başlamalı ve proje tamamlanana kadar devam etmelidir. Bu bilgi alanı kapsamında riskler tanımlanmalı, olası etkileri ve gerçekleşme oranlarına göre sınıflandırılmalı ve proje süresince risklerin durumu izlenmeli, düzeltici ve önleyici faaliyetler ile giderilmeye çalışılmalı ve risk planı bu kapsamda sürekli güncellenmelidir.

Proje tedarik yönetimi bilgi alanı, proje tedarik kararlarını belgeleme, uygulanacak yaklaşımı ve potansiyel tedarikçileri belirleme sürecidir. Bu sürecin en önemli amacı, proje kapsamında, proje dışından mal veya hizmet alınıp alınmayacağını, alınabildiği takdirde de alım sırasında ne elde edileceğinin ve alımın ne zaman ve ne şekilde sağlanabileceğinin belirlenmesidir. Bu belirlemelerin projenin fizibilite aşamasında ya da projenin başlangıç aşamasında gerçekleştirilmesi projenin belirlenen zaman ve bütçede başarılı bir şekilde tamamlanması için önem arz etmektedir. Aksi takdirde, tedarikte

yaşanabilecek sorunlar, proje takviminin ve proje bütçesinin aşılmasına neden olabilecektir.

Paydaş, bir projeden ya da proje sonunda elde edilecek olan ürün ve hizmetten etkilenen ya da bunlara etki eden proje ekibi dışındaki kişi, grup ya da kuruluşlardır. Her projenin de projeden etkilenen ya da projeyi ve sonuçlarını olumlu ya da olumsuz yönde etkileyebilecek paydaşları bulunmaktadır. Proje paydaş yönetimi bilgi alanı, bu paydaşların beklentilerini ve proje üzerindeki etkilerini analiz etme ve paydaşları proje kararlarına etkili bir şekilde dâhil etmek için uygun yönetim stratejilerini geliştirme sürecidir. Proje yöneticisi ve proje ekibinin, tüm paydaşları uygun ve doğru bir şekilde tanımlama ve onlarla iletişime geçme yeteneği projenin başarılı ya da başarısız bir şekilde tamamlanmasında önem arz etmektedir. Bu nedenle, proje yönetimi üzerine gerçekleştirilen pek çok çalışmada, proje paydaşlarının tanımlanması, önceliklendirilmesi ve paydaş katılımına yönelik yapılandırılmış bir yaklaşımın önemi vurgulanmaktadır. Proje başarısını arttırmak için de, proje beraatı yayımlandıktan, proje yöneticisi atandıktan ve proje ekibi oluşturulmaya başlandıktan hemen sonra, paydaş belirleme ve katılım süreçleri başlatılmalıdır. Bu kapsamdaki süreçler aşağıdaki gibidir (Anonim 2017):

- Paydaşları tanımlama: Proje paydaşlarını belirleme ve paydaşların ilgi alanları, projeye katılımları, projenin gerçekleştiği kurum ile olan karşılıklı bağımlılıkları, proje etkileri ve proje başarısı üzerindeki potansiyel etkileri gibi bilgileri analiz etme ve belgeleme sürecidir.
- Paydaş katılımını planlama: Paydaşları, ihtiyaçları, beklentileri, ilgi alanları ve proje üzerindeki potansiyel etkilerini göz önünde bulundurarak, projeye dâhil etmek için belirlenen yaklaşımları geliştirme sürecidir.
- Paydaş katılımını yönetme: Paydaşların ihtiyaç ve beklentilerini karşılamak, paydaşlar ile yaşanan sorunları ele almak, çelişen çıkarları yönetmek ve projeye uygun paydaş katılımını teşvik etmek için mevcut ve potansiyel paydaşlarla iletişim kurma ve onlarla çalışma sürecidir.
- Paydaş katılımını izleme: Paydaş planlarının ve paydaş katılım stratejilerinin uygulanması esnasında proje paydaş ilişkilerinin izlenmesi ve gerekli durumlarda paydaş katılım stratejilerinin değiştirilmesi sürecidir.

Proje kaynak yönetimi bilgi alanı, projenin başarılı bir şekilde tamamlanması için gereken kaynakların belirlenmesini, elde edilmesini ve bu kaynakların yönetilmesini içeren bilgi alanıdır. Bilgi alanı içerisinde gerçekleştirilen süreçler, proje yöneticisinin ve proje ekibinin doğru kaynakları doğru zamanda ve doğru yerde kullanılmalarını sağlayacaktır. Kaynak yönetimi kapsamında gerçekleştirilmesi gereken süreçler aşağıdaki gibidir (Anonim 2017):

- Kaynak yönetimini planlama: Fiziksel kaynakların ve takım kaynaklarının nasıl tahmin edileceğinin, kaynakların nasıl elde edileceğinin, nasıl yönetileceğinin ve nasıl kullanılacağına belirlendiği süreçtir.
- Aktivite kaynaklarının tahmini: Projeyi başarılı bir şekilde gerçekleştirmek için insan kaynaklarının ihtiyaç duyacağı malzemelerin, ekipmanların ve bunların çeşitlerinin ve miktarlarının belirlenmesi sürecidir.
- Kaynakların elde edilmesi: Proje çalışmalarını tamamlayabilmek için ekip üyelerini, tesisleri, ekipmanları, malzemeleri, tedarikleri ve diğer kaynakları elde etme sürecidir.
- Takımın geliştirilmesi: Proje performansını arttırmak adına ekip yeterliliklerini, ekip içi etkileşimi ve genel ekip ortamını iyileştirme ve geliştirme sürecidir.
- Takımın yönetilmesi: Proje performansını optimize etmek için ekip üyesi performansını izlemeyi, takıma geri bildirim sağlamayı, ekip içinde yaşanan sorunları çözmeyi ve ekipteki değişiklikleri yönetme sürecidir.
- Kaynakların kontrolü: Projeye tahsis edilen kaynakların planladığı şekilde projeye entegre edilmesini sağlama; planlanan fiili kaynak kullanımının izlenmesi ve gerektiği durumlarda düzeltici faaliyetlerin gerçekleştirilmesi sürecidir.

Proje içerisinde kullanılan kaynaklar fiziksel kaynaklar ve ekip kaynakları olarak ikiye ayrılmaktadır. Fiziksel kaynaklar, proje kapsamında kullanılan ekipmanlar, malzemeler, tesisler ve alt yapıdır. Ekip kaynakları ise projeye atanmış olan personellerdir. Ekip kaynakları çeşitli becerilere sahip olabilir, tam zamanlı veya yarı zamanlı olarak projede görev alabilir ve projenin ilerleyen dönemlerinde proje dâhil edilebilir ya da proje yöneticisi tarafından görevinden alınabilmektedir.



Yukarıdaki bilgiler ışığında, proje yönetim bilgi alanlarından olan proje entegrasyon yönetimi ve proje paydaş yönetimi bilgi alanlarının, proje yaşam döngüsü içerisindeki her süreç grubunda; proje kapsam yönetimi, proje takvim yönetimi ve proje maliyet yönetimi bilgi alanlarının planlama ile izleme ve kontrol süreç gruplarında; geri kalan 5 bilgi alanının ise planlama, yürütme ve izleme ve kontrol süreç gruplarında aktif olarak rol aldığını söyleyebiliriz. Çizelge 2.1.'de proje yönetimi bilgi alanları ile proje yönetimi süreç grupları arasındaki ilişki verilmektedir.

**Çizelge 2.1.** Proje Yönetim bilgi alanı & proje yönetim süreç grupları ilişki haritası (Anonim 2017'den değiştirilerek alınmıştır)

| BİLGİ ALANI                | PROJE YÖNETİMİ SÜREÇ GRUPLARI             |   |   |  |                                 |
|----------------------------|---|---|---|--|---------------------------------|
|                            | Başlatma Süreci Grubu                     | Planlama Süreci Grubu   | Yürütme Süreci Grubu  | Gözlem ve Kontrol Süreci grubu   | Kapatma Süreci Grubu            |
| Proje Entegrasyon Yönetimi | -Proje başlatma belgesinin geliştirilmesi | -Proje yönetim planının geliştirilmesi  | - Proje çalışmalarının yönetilmesi<br>- Proje bilgi birikiminin yönetilmesi | - Proje işlerinin gözlemlenmesi ve kontrol edilmesi<br>- Entegre değişiklik kontrolünün sağlanması | - Proje ya da fazın kapatılması |
| Proje Kapsam Yönetimi      |   | -Kapsam yönetiminin planlanması<br>-Gereksinimlerin toplanması<br>-Kapsamın tanımlanması<br>-İş kırılım yapısının oluşturulması                                       |   | - Kapsamın valide edilmesi<br>- Kapsamın kontrol edilmesi  |                                 |
| Proje Takvim Yönetimi      |   | -Takvim yönetiminin planlanması<br>-Aktivitelerin tanımlanması<br>-Aktivitelerin önceliklendirmesi<br>-Aktivite sürelerinin tahminlenmesi<br>-Takvimin geliştirilmesi |   | -Takvimin kontrol edilmesi   |                                 |

**Çizelge 2.1.** Proje Yönetim bilgi alanı & proje yönetim süreç grupları ilişki haritası (Anonim 2017’den değiştirilerek alınmıştır)(devam)

|                         |  |  |   |                                       |  |
|-------------------------|--|--|---|---------------------------------------|--|
| Proje Maliyet Yönetimi  |  | - Maliyet yönetiminin planlanması<br>-Maliyetlerin tahmin edilmesi<br>-Bütçenin belirlenmesi                                 |   | - Maliyetlerin kontrol edilmesi       |  |
| Proje Kalite Yönetimi   |  | -Kalite yönetiminin planlanması  | - Kalitenin yönetilmesi   | - Kalitenin kontrol edilmesi          |  |
| Proje Kaynak Yönetimi   |  | - Kaynak yönetiminin planlanması<br>- Aktivite kaynaklarının tahmin edilmesi   | - Kaynakların elde edilmesi<br>- Takımın kurulması<br>- Takımın yönetilmesi | - Kaynakların kontrol edilmesi        |  |
| Proje İletişim Yönetimi |  | -İletişim yönetiminin planlanması  | - İletişimin yönetilmesi  | - İletişimin kontrol edilmesi         |  |
| Proje Risk Yönetimi     |  | -Risk yönetiminin planlanması<br>- Risklerin tanımlanması<br>- Risk analizinin sağlanması<br>- Risk çözümlerinin planlanması | - Risk çözümlerinin uygulanması   | - Risklerin kontrol edilmesi          |  |
| Proje Tedarik Yönetimi  |  | - Tedarik yönetiminin planlanması  | - Tedariklerin yapılması  | - Tedariklerin kontrol edilmesi       |  |
| Proje Paydaş Yönetimi   |  | -Paydaş katılımının planlanması  | - Paydaş katılımının yönetilmesi  | - Paydaş katılımının kontrol edilmesi |  |

Bu çalışma kapsamında ise, proje yönetim bilgi alanlarından biri olan kaynak yönetim bilgi alanı üzerinde durulacak ve proje kaynak tiplerinden biri olan takım kaynaklarının ve bu kaynakların proje içerisinde gerçekleştirdikleri aktivitelere bakılarak proje süresince gerçekleştirdikleri aktivitelerin değer analizi çalışması gerçekleştirilecektir.

## 2.2. Sistem Mühendisliği

INCOSE’ye göre sistem, tanımlanmış bir hedefe ulaşan tümleşik elemanlar, alt sistemler veya montaj serileridir. Bu unsurlar ürünleri, süreci, insanları, bilgileri, teknikleri, tesisleri, hizmetleri ve diğer destek unsurlarının içermektedir. ISO/IEC/IEEE 15288’e

göre ise sistem, belirtilen bir veya daha fazla amaca ulaşmak için düzenlenen etkileşimli unsurların bir kombinasyonudur (Walden ve ark. 2015).

Sistem mühendisliği ise, belirli bir zaman ve bütçe çerçevesinde, kompleks bir teknik sistem geliştirmelerinde multidisipliner bir optimum yakalayabilmek için oluşturulan bir yaklaşım biçimi olarak tanımlanmaktadır (Gräßler ve ark. 2019).

INCOSE'ye göre ise sistem mühendisliği, operasyonlar, maliyet ve zaman, performans, tedarik, imalat ve test gibi problemlerin göz önünde bulundurulurken, geliştirme döngüsünün erken safhalarında müşteri ihtiyaçlarını ve gerekli işlevselliği tanımlayan, gereksinimleri belgeleyen ve sistem doğrulamasını yapan bir yaklaşım olarak tanımlanmaktadır (Walden ve ark. 2015).

Eisner'a göre sistem mühendisliği ise, sistem için ihtiyaç duyulan tüm gereksinimleri optimum bir şekilde karşılayan gerçek dünya sistemini yukarıdan aşağıya doğru sentezleyen, geliştiren ve çalıştıran iteratif bir süreçtir (Walden ve ark. 2015).

Bir proje kapsamında sistem mühendisliğinin gerçekleştirilmesi gereken görevler ilk olarak Sheard tarafından tanımlanmıştır. Tanımlanan bu görevler şu şekildedir (Sheard 1996):

- Teknik yönetim
- Koordinasyon
- Sistem analizi
- Bilgi yönetimi
- Proses mühendisliği
- Sınıflandırma
- Müşteri ara yüzü
- Gereksinim sahipliği
- Sistem tasarımı
- Validasyon ve doğrulama mühendisliği
- Lojistik, operasyon mühendisliği

Sistem mühendislerine yüklenen bu görev ve sorumlulara karşı, bir proje kapsamında sistem mühendisinin gerçekleştirmesi gereken süreçler teknik süreçler, teknik yönetim süreçleri, sözleşme yönetim süreçleri ve kurumsal proje etkinleştirme süreçleri olarak 4 sınıfa ayrılmaktadır (Gräßler ve ark. 2018). Teknik süreçler kapsamında sistem mühendisleri bir sistemin iş analizini yapmakta, müşteri isterlerini ve gereksinimlerini saptamakta, bu gereksinimlere uygun bir ürünün çıkarılmasını sağlamakta, ürünün kontrollü üretimini ve bu hizmetin sürdürülebilirliğini sağlamaktadır. Teknik yönetim süreçleri kapsamında ise proje planı vb. sürecin yönetimini sağlayan planların oluşturmakta ve yürütmekte, planlara göre gerçekleşen fiili ilerlemeleri değerlendirmekte ve bu sürecin yürütülmesini sağlamakta sorumluluk üstlenmektedir. Sistem mühendisleri, projenin gerçekleştiği iki kuruluş arasındaki satın alma ve tedarik süreçlerinin yönetimi sorumluluğunu da sözleşme yönetimi süreci kapsamında gerçekleştirmektedir. Kuruluşun, projelerin başlatılması, desteklenmesi sağlamak için gerekli alt yapıyı ve kaynakları sağlayacak olan ürünler veya hizmetler tedarik ettiği kurumsal proje etkinleştirme sürecinde ise sistem mühendisleri, bu sürecin planlanmasında, organizasyonda ve gerçekleştirilmesinde görev almaktadır.

Bu proseslerde gerçekleştirilen görev ve sorumluluklara ek olarak, sistem mühendislerinin proje yaşam döngüsü boyunca gerçekleştirdiği bazı özel mühendislik aktiviteleri de vardır. Bu aktiviteler şu şekilde özetlenebilmektedir (Walden ve ark. 2015):

- Uygunluk, maliyet-etkililik ve yaşam döngüsü maliyet analizi
- Elektromanyetik uyumluluk
- Çevresel etki analizi
- Değer mühendisliği

Bu çalışma kapsamında, sistem mühendislerinin gerçekleştirdiği özel mühendislik alanlarından biri olan değer mühendisliği ele alınmaktadır.

### 2.3. Değer Mühendisliği

Değer mühendisliği F. Porsche'un bir ürünün, sürecin ya da hizmetin fonksiyonlarının değerini tek kriterin göz önünde bulundurulduğu tek kriter analizi ile fonksiyonların maliyeti ile gerekliliği arasındaki ilişkiyi kurmak istemesiyle başlamıştır. Ancak değer mühendisliği ilk defa 1947'de General Electric Company'de, Lawrence D. Miles tarafından uygulanmıştır (Manea 2019). Firmanın satın alma departmanında gerçekleştirilen bu yaklaşım değer analizi olarak adlandırılmış, yıllar içerisinde endüstrinin farklı departmanlarında, fiziksel bir ürünün maliyetini oluşturan ve onu etkileyen tüm alanlarda kullanılarak bir bilim dalı olan değer mühendisliğini doğurmuştur.

Değer kelimesi hem nesnel hem de öznel niteliklere uygulandığı için günümüzde pek çok insan için birden fazla anlam ifade edebilmekte, hatta çoğu zaman maliyet ve fiyat terimleri ile karıştırılmaktadır. Bu anlam karmaşası son yıllarda karşımıza çıkan bir problem olarak gözükmese de yüzyıllardır süre gelen bir anlam karmaşasını temsil etmektedir. M.Ö 350 yılında Aristoteles, bu anlam karmaşasını gidermek adına çalışmalar gerçekleştirmiş ve değer kelimesini 7 farklı sınıflandırma içinde tanımlamıştır. Bunlar ekonomik, ahlaki, estetik, sosyal, politik, dini ve adli sınıflarıdır. Ancak bu sınıflandırmalardan sadece "ekonomik" sınıfı nesnel değerlendirmeye yatkındır, diğer sınıflandırmalar öznel olarak değerlendirilmekte ve anlamı ve yoğunluğu kişiden kişiye farklılık göstermektedir. Bu çalışmada üzerinde durulacak olan "değer mühendisliği sistematik yaklaşımı", değer sınıflarından "ekonomik değer" ile ilgilidir. Bu bireysel "değer" sınıfını tam olarak anlayabilmek adına 4 farklı ekonomik değer türü tanımlanmıştır. Bunlar (Mudge 2004):

- Kullanım değeri: Bir kullanım, iş veya hizmeti başarıyla sonuçlandırmak için gereken özelliklerdir.
- İtibar değeri: Bir nesneye sahip olma isteği için arzulanan özelliklerdir.
- Maliyet değeri: Emek, malzeme, genel gider ve bir şey üretmek için gereken diğer gerekliliklerin toplam maliyet özellikleridir.
- Değişim değeri: Bir nesnenin alım satım yolu ile diğer kalemlerin üretilmesini mümkün kılan özellikleridir.

INCOSE, değer mühendisliği kapsamında ele alınan değer kelimesini “takas edilen bir şey için mal, hizmet veya paradaki adil getiri ya da takas edilen şeyin eşdeğeri” olarak tanımlamaktadır (Walden ve ark. 2015). Mudge (2004) ise değer kelimesini “istenen işlevleri veya hizmeti, istenen zamanda ve istenen yere güvenilir bir şekilde gerçekleştirmek için gereken en düşük maliyet olarak” tanımlamaktadır. Bu tanımlar doğrultusunda değeri “elde etmek istediğin şey” için göze alınan “maliyet” olarak adlandırabilir ve bu ilişkiyi aşağıdaki formül ile gösterebiliriz.

$$değer = \frac{fonksiyon}{maliyet} \quad (2.1)$$

Maliyet, bir projenin, ürünün ya da hizmetin yaşam döngüsü boyunca elde edilen toplam maliyeti olarak tanımlanabilmektedir. Fonksiyon ise bir ürünün, projenin ya da sürecin çalışmasını sağlamak ve müşterinin ihtiyaçlarını karşılamak için yapılması gereken aktiviteler olarak tanımlanabilmektedir. Projenin, ürünün ya da sürecin yaşam döngüsü boyunca, bu iki terim arasındaki ilişkiyi gösteren değeri arttırmak için de fonksiyon analizi kullanılmaktadır.

Değer mühendisliği ise bir ürünün ya da hizmetin işlevini tanımlayan, bu işlev için maddi bir değer oluşturan ve bu değeri en düşük toplam maliyeti sağlayacak şekilde arttırmaya çalışan bir tekniktir. Rich ve Holweg’e göre değer mühendisliği bir müşterinin ihtiyaç duyduğu ürünün, belirtilen performans ve güvenilirlikle tutarlı olacak şekilde en düşük maliyetle gereksinimleri karşılaması için mevcut ürün tasarımına uygulanan sistematik bir yaklaşımdır (Manea 2017). Graaf ve arkadaşlarına (2019) göre ise değer mühendisliği, müşterinin ve paydaşların ihtiyaçlarını ve isteklerini doğru maliyetlerle karşılanmasını sağlayan mühendislik çözümleri sunmak için gerçekleştirilen bir tasarım yöntemi olarak adlandırılmıştır. Literatür incelendiğinde değer yönetimi, değer analizi ve değer mühendisliği terimlerinin değer mühendisliği sürecinin uygulamasına ilişkin terimler olduğu görülmektedir. Değer mühendisliği sürecini tanımlamak için kullanılan bu her bir terimin amacı, bir ürünün toplam maliyetini sistematik bir şekilde analiz ve kontrol etmek, bir ürünün değerini arttırmak adına istenen ve gerekli olan fonksiyonlara ulaşmak için alternatif araçlar geliştirmek, analiz etmek ve ürünün değerini arttırırken toplam

maliyeti de en aza indirecek olan alternatifleri seçmektir. Bu kapsamda göz önünde bulundurulması gereken ana etmenler aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Walden ve ark. 2015):

- Temel gereksinim ve bunlara bağlı olan fonksiyonlara ulaşmak,
- En düşük ürün toplam maliyetini sağlamak,
- Gerekli performansı, güvenliği, güvenilirliği ve kaliteyi sağlamak,
- Müşteri isterlerini karşılamak.

Değer çalışması olarak nitelendirmek için bir çalışmanın aşağıdaki şartları yerine getirmesi gerekmektedir (Walden ve ark. 2015):

- Değer çalışması yapacak olan ekibin 6 fazlı değer mühendisliği iş planını takip etmesi ve fonksiyon analizi yapılması,
- Değer çalışma ekibi uzmanlıklarına göre seçilmiş olan multidisipliner bir gruptan oluşması,
- Değer çalışma ekibine liderlik eden kişinin değer metodolojisi hakkında eğitim almış olması.

Değer mühendisliği, fonksiyon analizi süresince projenin, ürünün ya da sürecin değerini arttırmak için multidisipliner takımların kullandığı sistematik bir yaklaşımdır ve bir dizi takım tabanlı teknikten oluşan sistematik, rasyonel bir süreçle uygulanır. Süreç kapsamında ilk olarak mevcut ve gelecekteki durumları belirlemek için görev tanımı, yüksek seviyedeki gereksinimler, stratejik planlama ve problem çözme teknikleri tanımlanmaktadır. Daha sonrasında, ele alınan sistem ve sistem elemanlarının ne yaptığını ya da var olma nedenlerini tanımlayan fonksiyonel analiz süreci ile devam edilmektedir. Yapılan fonksiyonel analizi sonucunda, fonksiyonların ve ele alınan sistemin değerini arttırmak için alternatifler üretme sürecine başlanmaktadır. Bu alternatifleri üretmek için yenilikçi, yaratıcı ve spekülâtif teknikler kullanılabilir. Geliştirilen alternatiflerin arasından uygun olanların karar vericiler ve değer mühendisliği ekibi tarafından seçilmesi ile de değer mühendisliği süreci sona ermektedir. Literatüre bakıldığında bu süreç 6 aşamada özetlenmiştir. Aşama 0 olarak adlandırılan hazırlık süreci, bu fazlara dahil edilmemektedir. Bahsedilen bu 6 aşama aşağıdaki gibidir (Walden ve ark. 2015):

- Aşama 0 – Hazırlık/planlama aşaması
- Aşama 1 – Bilgi toplama aşaması
- Aşama 2 – Fonksiyonel analiz aşaması
- Aşama 3 – Yaratıcılık aşaması
- Aşama 4 – Değerlendirme aşaması
- Aşama 5 – Geliştirme aşaması
- Aşama 6 – Sunum / uygulama aşaması

Hazırlık ya da diğer bir adı ile planlama aşaması, değer mühendisliği sırasında gerçekleştirilecek çalışmaların planladığı iş planı aşamasıdır.

Bilgi toplama aşaması ise çözülmek istenen problem(ler)in ya da iş kapsamının hedeflerinin açıkça tanımlandığı değer mühendisliği iş planı aşamasıdır. Bu plan kapsamında kapsam amacına ulaşmak için arka planda bilgiler toplanmakta, müşteri/paydaş ihtiyaçları ve gereksinimleri tanımlanmakta ve anlaşılmaktadır.

Fonksiyonel analiz aşamasında, ikili kelime yapısı olarak adlandırılan ölçülebilir bir isim ve aktif bir fiil kullanarak proje fonksiyonları tanımlanmaktadır. Tanımlanan bu fonksiyonların hangilerinin kritik, hangilerinin iyileştirilmesi gereken ve hangilerinin istenmeyen fonksiyon olduğunun belirlendiği sınıflandırılmanın yapılabilmesi için yapılan analizler de bu aşama içerisinde gerçekleştirilmektedir. Literatüre bakıldığında, fonksiyon analizi sırasında pek çok teknik kullanılabileceği görülmektedir. Bu tekniklerden en çok tercih edilenler, iş kırılım yapısı (Work Breakdown Structure - WBS), fonksiyon analizi sistemi tekniği (Function Analysis System Technique – FAST) diyagramı ya da iş akış diyagramıdır.

Yaratıcılık aşaması, özellikle düşük değerli fonksiyonların değerini arttıracak farklı yeni yollar bulmak için yapılan beyin fırtınası çalışmalarını kapsamaktadır. Değerlendirme aşamasında ise geliştirilen bu farklı alternatifler ve mevcut fonksiyonlar değerlendirilmekte ve özellikle düşük değerli fonksiyonların değerini arttırmak için geliştirilen alternatiflerin arasından, müşteri ihtiyaçlarını karşılayan ve en yüksek değeri sağlayan alternatiflerin seçimi yapılmaktadır.



Geliştirme aşamasında, ileriye dönük yolu belirlemek için karar vericilere sunulan alternatiflere uygun fikirler geliştirilmektedir. Özellikle bir önceki aşamada değerlendirilen tüm alternatifler toplam maliyet büyüklüğü, tahmini zaman çizelgesi, insan kaynağı vb. konularda geliştirilip değer üzerindeki etkilerini de yansıtacak yeni alternatifler olarak geliştirilebilmektedir.

Son aşama olan sunum ya da diğer bir adıyla uygulama fazında ise değerlendirilen ve geliştirilen her bir alternatif için oluşturulmuş uygulama planları ve her bir alternatif ile sağlanabilecek olan değer düzeyi karar vericilere (proje yöneticisi, üst yönetim vb.) ve diğer paydaşlara sunulmaktadır.

Proje, ürün ya da süreç içinde değer mühendisliğinin kullanılmasının getirdiği yararlar ise aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Proje, ürün veya süreç hedefleri netleşir,
- Yaşam çevrimi süresince meydana gelen sorunlara ekip olarak çözüm sağlanır,
- Ürün, proje ya da süresin kalitesi ve performansı artar,
- Yaşam çevrimi süresince oluşan maliyette ve program yoğunluğunda azalma sağlanır,
- Ek kavramlar ve seçenekler belirlenir ve doğrulanır,
- Süreçler ve faaliyetler kolaylaşır ve doğrulanır,
- Takım çalışması güçlenir,
- Projenin, ürünün ya da sürecin yaşam çevrimi süresince meydana gelecek olan riskler azalır,
- Müşteri gereksinimleri daha net ve doğru bir şekilde anlaşılır.

### **2.3.1. Bilgi Toplama Aşaması**

Bulduğumuz süreç hakkında güncel bilgi sağlamak veya bu bilgiyi güvence altına almak için geliştirilmiş bir değer mühendisliği aşamasıdır. Bu aşama, diğer aşamaların en büyük girdisi olacak olan güncel süreç bilgilerini barındırdığı ve değer analistleri

tarafından anlaşılmasını sağladığı için değer mühendisliği sürecinin bel kemiğini oluşturmaktadır. Bu süreç ile değer mühendisliği yaklaşımının uygulanacağı proje ya da hizmet sürecinin detayları ile anlaşılması ve tanımının daha iyi yapılması amaçlanmaktadır.

Bu aşama süresince değinilecek 3 temel unsur/teknik bulunmaktadır; bilgilerin güvenilirliğini sağlama, maliyetlerin tanımlanması ve maliyetlerin gereksinimlere göre sabitlenmesidir (Mudge 2004).

Bilgi toplama aşamasında ilk olarak süreç hakkında doğru ve güvenilir bilginin alınması gerekmektedir. Süreç içerisinde ne, ne zaman, nasıl, nerede ve kim gibi anahtar kelime ve kelime grupları kullanılarak canlı ve cansız kaynaklardan bilgiler temin edilmekte, daha sonrasında ise temin edilen bu bilgiler dikkatlice değerlendirilmekte, gerekli ise elenmekte ve depolanmaktadır. Bu süreç içerisinde proje numarası, proje kapsamında ele alınan projeyi, ürünü ya da süreci tanımlayan ürün adı, ürüne ait özellikler, projenin performans ve işçilik gereksinimleri, proje kapsamında gerçekleştirilebilecek ya da gerçekleştirilmesi beklenen gelişmeler ve değişiklikler gibi bilgiler toplanmaktadır. Bu bilgileri kolay ve güvenilir bir şekilde dokümanete etmek ve kayıt altına alabilmek için ise, tablolar, şablonlar, sunum dokümanları vb. dokümanete araçları kullanılabilir.

Bu aşamada ele alınacak ikinci temel unsur da tüm değer mühendisliği çalışmalarında tekrar tekrar karşımıza çıkacak olan maliyet ve bu maliyetlerin doğru bir şekilde belirlenmesi ve tanımlanmasıdır. Bilgi toplama aşamasında elde edilen maliyetleri, değer mühendisliği yaklaşımı kapsamında ele alınabilecek aşağıda belirtilen 5 temel maliyet grubunda sınıflandırabiliriz (Mudge 2004):

- Üretim (temel) maliyeti: Ele alınan ürün, hizmet ve proje için ürüne, iş emrine ve parça siparişine yüklenen doğrudan malzeme ve işçilik maliyetidir.
- Sabit (dolaylı) maliyet: Geliştirme, denetim, kalıplama, bakım, ısı, tesisler, vergiler, doğrudan iş gücü maliyeti gibi genel giderleri kapsayan sabit maliyetlerdir.
- Değiştirme maliyeti: Harcanan para ve hammaddeyi istenen kullanılabilir ürüne dönüştürmek için gereken dolaylı maliyetleri kapsamaktadır.

- Tekrar eden maliyet: Yinelenen yani tekrar eden maliyetler, üretim devam ettiği sürece ödemekle yükümlü olduğumuz maliyetlerdir.
- Tekrar etmeyen maliyet: Ürün, proje ve hizmet süresince bir defalık ödemekle yükümlü olduğumuz maliyetlerdir.

Değer mühendisliği yaklaşımında ele alınan maliyetlerin ürünün, projenin ya da sürecin değerine nasıl bir etki sağlayacağını belirlemede aşağıda belirtilen 3 temel 20-80 kuralı kullanılmaktadır (Bolton ve ark. 2016).

- Kural 1 - İmal edilen malların maliyeti: Genel maliyet yapısı olarak da adlandırılan bu kurala göre toplam maliyetin %20sini sabit maliyet, %80ini ise değişken maliyet oluşturmaktadır.
- Kural 2 – Fabrika maliyeti: Değiştirilmiş maliyet yapısı olarak adlandırılan bu kurala göre ise parçaların %20si toplam maliyetin %80ini, parçaların %80i ise toplam maliyetin %20sini oluşturmaktadır.
- Kural 3 – Temel ve ikincil işlevler: Bu kurala göre temel fonksiyonlar toplam maliyetin %20sini, ikincil işlevler ise toplam maliyetin %80ini oluşturmaktadır.

Bilgi toplama aşamasında ele alınan son unsur ise maliyetlerin gereksinimlere göre sabitlenmesi çalışmasıdır. Bu çalışma öncesinde de gereksinimler olarak ele alınan unsurların neler olduğu tam olarak belirlenmeli ve anlaşılmalıdır.

Gereksinimler iki şekilde ele alınmaktadır; nihai kullanıcı tarafından üreticiye dayatılan gereksinimler ve üreticinin kendisine dayattığı gereksinimler. Nihai kullanıcının üreticiye dayattığı gereksinimler, nihai kullanıcının nihai ürüne dâhil etmek istediği öğeleri ve koşulları içermektedir. Üreticinin kendine dayattığı gereksinimler ise üreticinin çalışma esnasından deneyimlediği veya öğrendiği ve nihai ürüne dâhil etmek istediği koşulları içermektedir. Her iki gereksinim türü de hem fiyat olarak bilinen satılan malların maliyetine hem de ürünün toplam maliyetine katkı sağlamaktadır. Bu nedenle, öncelikle, her bir gereksinimin keyfi mi yoksa gereklilik mi olduğu tespit edilmeli, sonrasında ise bu gereksinimlerin maliyet üzerindeki etkileri değerlendirilerek her bir maliyetin bu gereksinimler üzerine tahsis edilmesi sağlanmalıdır.

Bilgi toplama aşaması esnasında yardım alacağımız canlı ve cansız kaynakların ele alınan proje ve ürün sürecindeki kullanım durumu ve iş yoğunluğu ise sürecin akmasına ya da özensiz bir veri toplama sürecinin gerçekleşmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle, bilgi toplama aşamasına başlamadan önce, hangi kaynaklara ihtiyaç duyulduğu ve belirlenen bu kaynakların hangisinden hangi bilgilere ihtiyaç duyulduğu mutlaka tespit edilmeli ve süreç içerisinde kullanılan yardımcı dokümanlara kaydedilmelidir.

Ele alınan bu çalışmada ise, gaz türbinli motor projesinde görev alan çalışanlardan elde edilen bilgiler doğrultusunda, projenin sabit maliyetini (işçilik) oluşturan unsurlar ele alınacak ve 3. 20-80 kuralında belirtilen temel ve ikincil fonksiyonların nihai ürünün değeri üzerindeki etkileri incelenecektir.

### **2.3.2. Fonksiyon Analizi Aşaması**

Değer mühendisliği sürecinde projelerin, organizasyonların, sistemlerin, ekipmanların, hizmetlerin ve malzemelerin fonksiyonlarını bağımsız olarak analiz etmeye yönelik çeşitli problem çözme ve karar verme teknikleri kullanılmaktadır. Bu tekniklerden biri de fonksiyon analizi yöntemidir.

Fonksiyon analizi, ele alınan projenin, ürünün ya da sürecin başarılı bir şekilde sonlanması için gerçekleştirilmesi gereken fonksiyonların tanımlanmasını ve sınıflandırılmasını kapsayan süreç olarak tanımlanmaktadır. Bu süreç kapsamında, bilgi toplama aşamasında elde edilen gerçeklerden yararlanılmaktadır. Fonksiyon analiz süreci 4 aşamadan oluşmaktadır ve bu dört aşama, sorunun ve çeşitli parçaların açıkça tanımlanmasına yardımcı olmakla kalmamakta, aynı zamanda bu parçalar arasındaki ilişkinin de belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Bu aşamalar şu şekildedir (Bolton ve ark. 2016):

- Fonksiyonların tanımlanması
- Kaynakların atanması
- Fonksiyonların sınıflandırılması
- FAST diyagramı

Fonksiyon bir proje, ürün ya da sürecin, müşterinin veya kullanıcının bir şey yapmak istediği ya da ihtiyaç duyduğu nedendir. Yani fonksiyonlar soyut, spesifik olmayan şeylerin tanımlarıdır. Bu nedenle fonksiyonları doğru kelimeler seçerek tanımlamak, onlara yüklenen anlam ve bilgilerden projeyi, ürünü ya da süreci doğru bir şekilde anlamamızı sağlamaktadır.

Fonksiyon analizi sürecinin ilk adımı olan fonksiyonların tanımlanması aşamasında takip edilmesi gereken 2 temel kural vardır. Bunlar şu şekildedir (Mudge 2004):

- Kural 1: Tüm fonksiyonlar ikili kelime grupları şeklinde tanımlanmalıdır.
- Kural 2: İş ve satış fonksiyonlarını farklı isim ve fiil kategorileri kullanılarak tanımlanmalıdır.

DM kapsamında fonksiyonlar hatalı iletişimi ve yanlış anlaşılmaları en aza indirmek için ölçülebilir ikili kelime grupları şeklinde tanımlanmaktadır. Bu ikili kelime grubu “isim/isim grubu + fiil” şeklindedir. Bu süreçte fonksiyonun gerçekleştirileceği tek bir yolu ima eden sözcüklerin kullanılmasına özen gösterilmelidir.

Aşama kapsamında ilk olarak, “bu fonksiyon ne yapacak?” sorusunun cevabı olan ikili kelime grubunun “fiil” kısmı belirlenmelidir. Bu soru dikkatleri, incelenmekte olan ögeden gerçekleştirilecek olan işleve çekmektedir. Fonksiyon analizinde bir sonraki adım olan alternatif belirleme sürecinde daha yaratıcı fikirler üretilmesini sağlamak için bu süreçte aktif fiillerin tercih edilmesi, fonksiyonların sistem üzerindeki değerinin ölçülebilmesi için ise bu süreçte ölçülebilir fiillerin tercih edilmesi büyük önem arz etmektedir (Bolton ve ark. 2016).

Fiillerin belirlenmesi sürecindeki bir önemli faktör de fiilin çeşididir. Fonksiyonların iş ya da satış fonksiyonu olmasına göre de fiil tipi değişmektedir. Fonksiyonun bir iş fonksiyonu olması durumunda seçilecek olan fiilin bir eylem/aktif fiil, satış fiillerinde ise pasif fiiller tercih edilmektedir (Mudge 2004).

Fonksiyonun “ne yapacağı” sorusunun cevabı olan fiili seçtikten sonra “bu fonksiyon neyi yapmaya yarar” sorusuna cevap olan “isim” kısmı belirlenmelidir. Yani bu aşamada, fonksiyonun neye etki ettiği açıkça ifade edilecektir (Bolton ve ark. 2016).

Bir fonksiyonu iki kelime ile tanımlanamaması durumunda ya bu fonksiyon hakkında yeterli bilgiye sahip olunmadığı ya da ele alınan süreçteki çok büyük bir fonksiyonun tanımlanmaya çalışıldığı düşünülmelidir ve bu gibi durumlarda yine ikili kelime grupları kullanılarak büyük olan fonksiyon en basit unsurlarına ayrıştırılmalıdır. Bu sürecin rahat ve hızlı bir şekilde yapılabilmesi için bir çalışma sayfasından yararlanılabilmektedir. Bu çalışma sayfasında, fonksiyon tanımlamasının yapılacağı bir bölüm, kaynak atamasının yapılacağı bir bölüm ve çalışmayı gerçekleştiren kişi tarafında girilecek ve sürecin ilerleyen dönemlerinde çalışmaya katkı sağlayacak yorumların ve ek bilgilerin girilebileceği bir açıklama bölümüne yer verilebilir. Bu kapsamda hazırlanmış örnek bir çalışma formu Çizelge 2.2’de verilmektedir.

**Çizelge 2.2.** Fonksiyon tanımlama formu

|                                  |                          |                    |               |                       |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------|---------------|-----------------------|
| <b>Proje:</b>                    |                          | <b>Doküman No:</b> |               |                       |
| <b>Departman:</b>                |                          | <b>Tarih:</b>      |               |                       |
| #                                | <b>FONKSİYON</b>         |                    | <b>KAYNAK</b> | <b>FONKSİYON TİPİ</b> |
|                                  | <b>İsim / İsim grubu</b> | <b>Fiil</b>        |               |                       |
|                                  |                          |                    |               |                       |
|                                  |                          |                    |               |                       |
|                                  |                          |                    |               |                       |
|                                  |                          |                    |               |                       |
|                                  |                          |                    |               |                       |
|                                  |                          |                    |               |                       |
|                                  |                          |                    |               |                       |
| <b>Çalışmayı gerçekleştiren:</b> |                          |                    |               |                       |

Proje, ürün ya da süreç kapsamında “isim+fiil” kalıbı ile tanımlanan fonksiyonlar üzerinde yapılacak bir sonraki işlem, fonksiyonların kaynaklarının atanmasıdır.

Bir ürüne, sürece ya da projeye etki eden birden fazla kaynak çeşidi olmasına rağmen DM çalışmasında ele alınan en yaygın kaynak tipleri fonksiyonları gerçekleştiren ya da fonksiyonlardan sorumlu olan personeller, yani insan kaynağı, fonksiyonların gerçekleştirildiği tezgahlar, ürünlerde kullanılan ham malzemeler, donanım ve yazılımlardır. Literatüre bakıldığında, bir ürün kapsamında kaynak ataması yapıldığında fonksiyonun gerçekleşeceği tezgahların, fonksiyonu gerçekleştiren insan kaynağının ve fonksiyon süresince kullanılan ham malzemelerin ele alındığı, süreç ya da proje kapsamında kaynak ataması yapıldığında ise fonksiyonları gerçekleştiren insan kaynağının ve fonksiyonların gerçekleştirildiği yapıların (imalathane, atölye vb.) ele alındığı görülmüştür. Ancak yapılan bu çalışmada, fonksiyonlara kaynak atama sürecinde sadece insan kaynağı göz önünde bulundurulacaktır.

Proje, ürün ya da sürecin gerçekleşmesi için gerektiği belirlenen fonksiyonların kaynak bilgileri de atandıktan sonra, bu fonksiyonların sınıflandırılması adımına geçilmektedir.

Analiz kapsamında fonksiyonlar 4 kategoriye ayrılmaktadır. Bunlar:

- Temel (birincil) fonksiyonlar
- İkincil fonksiyonlar
- Yüksek dereceli fonksiyonlar
- Düşük dereceli fonksiyonlar

Temel fonksiyonlar, bir işin “ne yapması gerekir” sorusuna verilen cevaptır. Bir şeyin var olduğu özel amacı belirtmektedir.

İşlerin birden fazla temel fonksiyonu olabilmekte ve bunlar müşteri ihtiyaçları ve gereksinimler dikkate alınarak belirlenmektedir. Bir fonksiyonun temel fonksiyon olduğunu belirlemememize yardımcı olacak 4 temel etken bulunmaktadır. Bunlar:

- Temel fonksiyonlar proje, ürün ya da sürecin birincil amacını ya da amaçlarını yerine getirmektedir.
- Müşteri bu fonksiyonları ödemeye razı olmaktadır.
- Temel fonksiyon(lar)ın kaybı değer kaybına neden olmaktadır.

Temel amacı ya da amaçları elde etme sırasında kaldırılabilen fonksiyonlar ise temel (birincil) fonksiyon olmamaktadır.

İkincil fonksiyonlar ise “bu işlev başka ne yapıyor?” sorusunun cevabı olarak karşımıza çıkmaktadır. Genellikle özel bir konfigürasyon tasarımı ya da özel bir yaklaşım durumunda gerçekleştirilen fonksiyonlardır ve temel (birincil) fonksiyonlara destek sağlamak için gerçekleştirilmektedir. Genel olarak gerçekleştirilen projenin, ürünün ya da sürecin değerine katkı sağlamaktadırlar, ancak değer katmayan ikincil fonksiyonlar da olabilmektedir.

Projeye, ürüne ya da sürece değer katan ikincil fonksiyonlar genellikle temel fonksiyonların nasıl gerçekleştirileceğini tanımlayan ve müşteri tarafından zorunlu olarak yerine getirilmesi istenen fonksiyonlardır ve gerekli olan ikincil fonksiyon olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle de projenin, ürünün ya da sürecin değerine katkı sağlamakta ve müşterinin ödemeye razı olduğu maliyet kalemlerini oluşturmaktadır.

İstenmeyen (gerekli olamayan) ikincil fonksiyonlar ise, projenin, ürünün ya da sürecinin değerine katkı sağlamayan fonksiyonlardır ve genellikle temel fonksiyonlar ve gerekli olan ikincil fonksiyonların yan ürünü olarak ortaya çıkmaktadırlar. Bu fonksiyonlar genellikle projeye, ürüne ya da sürece maliyet ekleyerek, projenin, ürünün ya da sürecinin değerini aşağıya çekmektedir. Bu nedenle değer mühendisliği kapsamında yapılan fonksiyon analizi çalışmalarında mutlaka incelenmesi ve eliminasyonuna gidilmesi gereken faaliyetlerdir.

Yüksek dereceli fonksiyonlar ise, temel fonksiyonların var olma nedenlerini tanımlayan fonksiyonlardır. Bir başka deyişle, temel fonksiyonların sonuçlarını tanımlamaktadırlar. Örneğin temel fonksiyonu, ekranı yansıtmak olan bir projeksiyon makinesinin yüksek dereceli fonksiyonu, var olan bilginin paylaşımını sağlamaktır.

Düşük dereceli fonksiyonlar ise, çalışmanın kapsamı dışında kalan, proje, ürün ya da süreç için gerekli olan ancak bu sistemin bir parçası olmayan fonksiyonları tanımlamaktadır. Bir önceki örneğimizi ele alırsak, projeksiyon makinesinin çalışması için ihtiyaç duyulan ancak bu sistem kapsamında bulunmayan veri kaynağı (bilgisayar, laptop vb.) düşük dereceli fonksiyon olarak adlandırılmaktadır.



Yüksek dereceli ve düşük dereceli fonksiyonlar değer mühendisliği çalışması kapsamında ele alınmazken, temel fonksiyon, gerekli olan ve istenmeyen fonksiyonlar ile çalışma kapsamında ele alınmakta ve belirlenen problemin değerini arttırmak için bu fonksiyonlar üzerinde çalışma yapılmaktadır.

Fonksiyonlar sınıflandırıldıktan sonra, Charles W. Bytheway tarafından geliştirilen ve ilk defa 1965 yılında SAVE International yıllık konferansında sunulan Fonksiyon Analiz Sistem Tekniği (FAST)'ne geçilmektedir. Bu teknik projedeki, ürünlerdeki ya da süreçteki fonksiyonları tanımlamak ve sürecin değerini arttırmak adına bu fonksiyonları analiz etmek için kullanılan güçlü bir analiz tekniğidir (Bolton ve ark. 2016).

FAST tekniği, çalışma kapsamında tanımlanan tüm fonksiyonların “neden” ve “nasıl” soruları ile yanıtlanmasını ve böylece, fonksiyonlar arasındaki ilişkileri tespit ederek fonksiyonlar arasındaki hiyerarşinin doğru bir şekilde kurulmasını sağlamaktadır. Buna ek olarak, FAST diyagramı, sadece fonksiyonların mantıksal olarak birbirleri ile nasıl ilişkilendiklerini değil aynı zamanda, çalışma sonrasında, değer analist ekibinin önerdiği değişikliklerin, projenin, ürünün ya da sürecinin değerini nasıl etkileyeceğini de göstermektedir.

Bu çalışma kapsamında da, fonksiyonlar arasındaki ilişkinin tanımlanması ve projenin fonksiyonlarının analiz edilmesi için kullanılan FAST diyagramı “Materyal ve Yöntem” bölümünde detaylı bir şekilde tekrar ele alınacaktır.

### **2.3.3. Yaratıcılık Aşaması**

Doğduğumuz andan itibaren bizimle gelişen 2 farklı temel duygumuz vardır; yaratıcılık ve yargılama duyguları. Doğduğumuz andan, çevremizi bilinçli bir şekilde algılayıp karar verme yetimizi ortaya koyduğumuz zamana kadar ki süreçte yaratıcılık duygumuz ağır basmaktadır. Ancak öncelikle ailemizde, sonrasında ise aldığımız eğitim ile çevremizde beliren kültürel, duygusal algılara, yaptığımız ve yaşadığımız her şeyi sorgulamaya ve bize öğretilmiş olan doğru/yanlış kavramlarına göre hayatımıza ve hareketlerimize yön verme eğilimimiz gelişmektedir. Deneyimli bir değer mühendisi ise, bu iki kavramı doğru

ve orantılı bir şekilde sentezleyerek değer mühendisliği sistem yaklaşımında uygulamalıdır.

İyi bir değer mühendisi, çalışması esnasında ele aldığı her bir fonksiyonun o işte yarattığı değeri sorgulamalı ve bu sorgulama sonucunda o fonksiyonu ele alarak, yapılan işin değerini nasıl arttıracığı hakkında yaratıcılığını kullanarak çözümler aramalıdır. Bu süreçte değer mühendisinin kullanacağı araçlar bulunmaktadır. Bunlar, yaratıcı olmayan zihinsel süreçlerde kullanılan araçlar ve yaratıcı zihinsel süreçleri kapsayan araçlar olarak ikiye ayrılmaktadır (Mudge 2004).

Yaratıcı olmayan zihinsel süreç araçları, mevcut durumda elimizde bulunan bilgi birikimleri ve deneyimlerin sonuçlarından yeni fikirler ürettiğimiz süreçlerde kullanılmaktadır. Bu araçlar aşağıdaki gibi maddelenebilir:

- Hatırlama: Geçmişte elde edilen deneyimleri ve önceden edinilmiş fikirleri zihninizde arama ve geri getirmedir.
- Yansıma: Zihnin içinde yer alan fikir ve bilgi birikimlerinin tamamının gözden geçirilmesidir.
- Gözlem: Çevredeki nesnelerin ve koşulların incelenmesi, gelişen durumlar içerisindeki neden-sonuç ilişkisinin kurulmasıdır.
- İlişki: Mevcutta ele alınan sorun parçalarının, geçmişte ele alınan sorunlar ve çözümleri ile karşılaştırılması ve aralarındaki ortak noktaları göz önünde bulundurarak birbirleri ile bağdaştırılmasıdır.

Yaratıcı zihinsel süreç araçları ise, daha önce var olmayan durum, fikir ve bilgileri ortaya çıkarmak için kullanılan araçlardır. Bu araçlar aşağıda gibi maddelenebilir:

- Hayal gücü: Mevcut ya da yeni elde edilmiş fikir ve bilgileri, yeni kombinasyonlarla harmanlayarak yeni fikir ve bilgilerin elde edilmesidir.
- İlham: Mevcut durumlar karşısında, eski fikir, bilgi ve düşüncelerin aniden ve kendiliğinden yeni durumlar, fikirler ve düşünceler ortaya çıkarmasıdır.
- Aydınlatma: Düşünme süreci durdurulduktan sonra yeni fikirlerin oluşması ve problem üzerinden güçlü uyarıların ve çözüm yöntemlerinin meydana gelmesidir.

Bu aşamada, bir önceki aşamada ikili kelime gurupları şeklinde tanımlanan fonksiyonlar birer problem olarak ele alınmakta ve yukarıda belirtilen araçların yardımı ile, belirlenen problemlerin çözümü için yeni fikirler üretilmektedir. Fikir üretme çalışmasına, değer mühendisliği çalışma grubunda yer alan herkesin katılması, yenilikçi ve farklı fikirlerin ortaya konması gerekmektedir ve bu yaklaşım, problemin efektif çözümüne ulaşılması için büyük önem arz etmektedir.

Bu süreç kapsamında, hiçbir fikir yargılanmamalı ve değerlendirme aşamasında ele alınmak üzere, her bir problem (fonksiyon) başlığı altına fikirlerin not alındığı bir çalışma gerçekleştirilmelidir. Bu çalışma esnasında fikirlerin yargılanması, kişilerin yaratıcılığını kısıtlayabilmekte ve bu durum da yeni fikirlerin ortaya çıkmasını ve projenin, ürünün ya da sürecin değerini arttıracak en efektif problem çözümüne ulaşılmasını engelleyebilmektedir.

#### **2.3.4. Değerlendirme Aşaması**

Ele alınan proses, ürün ya da projenin, daha önceki aşamalarda belirlenen, tanımlanan ve sınıflandırılan fonksiyonların maliyetlerini azaltmak için geliştirilen fikirlerin değerlendirilmesi, değer mühendisliği sistem yaklaşımının bu aşamasında yapılmaktadır. Bu aşamada, fonksiyonlar hem bireysel hem de diğer alternatiflerle çeşitli permütasyonlarla birleştirilerek, fonksiyonun maliyetini azaltma yönünde değerlendirilmektedir. Bu değerlendirme sürecinde 4 farklı teknik kullanılmaktadır (Mudge 2004):

- Fikirleri süzme ve birleştirme
- Fikirlere ait maliyet oluşturma
- Fonksiyon alternatiflerini geliştirme
- Karşılaştırma yolu ile değerlendirme

Sistem mühendisliği yaklaşımı kapsamında bir fonksiyonu, istenen ve belirlenen şartlar ve parametreler altında yerine getirmek için geliştirilen her bir fikir, tek başına ele alınabileceği gibi, çeşitli fikirlerle birleştirilerek de maliyet azaltılması sorununa daha efektif bir çözüm oluşturabilmektedirler. Fikirleri süzme ve birleştirme tekniği de bu

alanda kullanılmaktadır. Bu teknik uygulandıkça, belirli fikir ve fikir grupları problem çözümünde diğer fikirlere ve fikir gruplarına göre daha fazla öne çıkacaklar ya da bilgi ve veri yetersizliği nedeniyle arka plana düşeceklerdir. Ancak burada atlanılmaması gereken en önemli detay, elenen her bir fikir ya da fikir grubunun tamamen ekarte edilmemesi gerektiğidir. Bu fikirler, ilerleyen dönemlerde oluşacak yeni koşullar ve yeni fikirlerle, sorunlara efektif bir çözüm oluşturabilmektedirler.

Bu teknik kapsamında, herhangi bir fikir ya da fikir grubunu en hızlı şekilde geliştirmenin ve değerlendirmenin yolu, fikirlerin avantaj ve dezavantajlarını listelemek ve bu listeye göre problem çözümüne etkilerini değerlendirmektir. Bu şekilde, dezavantajlar avantajlar ile karşılaştırılmakta, yeni fikirler ile birleştirilerek ele alınan fikrin dezavantajları izole edilmekte ve böylece, ele alınan parametrelere göre daha efektif bir çözüm elde edilmesini sağlayan yeni fikir ve fikir grupları belirlenmiş olmaktadır.

Bu aşamada belirlenen fikir ve daha efektif bir çözüm yaratılmasına katkı sağlayan fikir grupları, değerlerinin belirlenmesi için fikirler üzerinde maliyet geliştirme tekniğinin kullanıldığı bir sonraki tekniğe tabi tutulmakta ve böylece, her bir fikir ve(ya) fikir grubunun ele alınan fonksiyon üzerine yaptığı değer hesaplanmaktadır. Bu değer, maliyet azaltılması üzerine yapılan değer mühendisliği çalışmalarında “maliyet” olarak ele alınabileceği gibi, bir fonksiyonunun değerini arttırmak için katma değeri olmayan fonksiyonların eliminasyonu konularında fikir ve fikir gruplarının fonksiyonlara yaptıkları katma değer olarak da alınabilmektedir.

Bu aşamada, her bir fikir ve fikir grubu için değer (maliyet) hesabı yapıldıktan sonra aşamanın 3. tekniği olan alternatifleri geliştirme tekniğine geçilmekte ve alternatiflerin fonksiyonel gelişimine bakılmaktadır. Maliyete göre hesaplama yapıldığında en düşük maliyetli fikir ve fikir grupları, katma değere göre yapılan hesaplamalarda da fonksiyona en büyük katma değeri sağlayan fikir ve fikir gruplarının seçilmesi ile gereksiz maliyetlerin ekarte edilmesi ve değer alternatiflerinin geliştirilmesi süreci başlatılmaktadır.

Bu aşamada odağımızı fikir ve fikir grupları üzerinden fonksiyonların üzerine çekmemiz gerekmektedir çünkü, bundan sonraki diğer aşamaların aksine, üst yönetime ya da karar mercilerine çözümü kabul ettirme fikrinden ziyade yaratıcılığa dayalı çözüme odaklanan fikirler ortaya konmaktadır. Bu aşamaya başlamadan önce, fonksiyonları değerlendirmemiz esnasında bize yol gösterecek ve değerlendirme büyük etkiye sahip olacak değerlendirme parametreleri belirlenmelidir. Bu aşamada, belirtilen sorunun içinde bulunduğu fiziksel parametreler basit bir şekilde tanımlanmakta, sonrasında bu tanımların içerisine geçerli ve gerekli olan şartnameler ve gereksinimler entegre edilmektedir. Ele alınan ürünün, sürecin ya da projenin değerlendirme parametreleri belirlendikten sonra ise fonksiyonların değerlendirilmesi aşamasına geçilmektedir. Bu aşamada, fonksiyon değerlendirme tablosundan yararlanılabilir. Bahsedilen bu tablo Çizelge 2.3'te verilmektedir.

**Çizelge 2.3.** Fonksiyon değerlendirme formu

| <b>Proje:</b>     |           | <b>Doküman No:</b> |                 |
|-------------------|-----------|--------------------|-----------------|
| <b>Departman:</b> |           | <b>Tarih:</b>      |                 |
| #                 | FONKSİYON | ÇÖZÜM ALTERNATİFİ  | TAHMİNİ MALİYET |
|                   |           |                    |                 |
|                   |           |                    |                 |
|                   |           |                    |                 |
|                   |           |                    |                 |
|                   |           |                    |                 |
|                   |           |                    |                 |
| <b>TOPLAM:</b>    |           |                    | _____           |

Bu aşamada ilk olarak temel fonksiyonlar ele alınmaktadır ve yukarıda tabloda bulunan “fonksiyon” sütununa girilmektedir. Yaratıcılık aşamasında türetilen fikirlerin yer aldığı çalışmadan, yazılan bu temel fonksiyona ait olan en düşük maliyeti sağlayabilecek fikir ya da fikirler “çözüm alternatifi” sütununa eklenmektedir. Sonrasında ise, bu fikirlerin gerçekleştirilmesi durumunda oluşacak olan maliyet tahmini “tahmini maliyet” sütununa girilmektedir. Sürece başlamadan önce belirlenen spesifikasyonların ve gereksinimlerin bir fonksiyon ile ilgili olduğu tespit edildiğinde “fonksiyon” sütununa yazılan temel

fonksiyonun altına bu gereksinimler not edilmekte ve üretilen fikirlerin şartnameye ya da gereksinime uygun olup olmadığı, değerlendirme sürecinde gözden geçirilmektedir. Bu çalışma tüm temel fonksiyonlar ele alınana kadar devam ettirilmekte ve tahmini maliyetlerin toplamı, formun en altında bulunan “toplam” kısmına yazılmaktadır.

Tüm temel fonksiyonlar için bu çalışma tamamlandığında ikincil fonksiyonlar ele alınmaktadır. Yukarıda bahsedilen süreç, ikincil fonksiyonlar için de uygulanmakta ve belirlenen spesifikasyonlar ve gereksinimler fonksiyonlar altına not edilmektedir. Bu prosedür tüm ikincil fonksiyonlar ele alınana kadar devam etmekte ve ikincil fonksiyonların toplam tahmini maliyetleri, temel fonksiyonlarda olduğu gibi “toplam” satırına eklenmektedir.

Son olarak, ele alınan bu işlevlerin gerekliliğini, daha önce gerçekleştirilmiş olup olmadıklarını ya da bunlara duyulan ihtiyacın giderilip giderilmediğini anlamak için, ele alınan fonksiyonlar azalan önem sırasına göre fonksiyon geliştirme formunda sıralanmakta ve önerilen alternatif fikirlere ekleme yapılıp yapılmayacağı kararlaştırılmaktadır. Form üzerinde yapılan bu işlev, yaratıcılık aşamasında kaydedilen tüm alternatif fikirlerle tekrar edilmekte ve elde edilen tüm alternatif çözümler ile, değerlendirme aşamasının bir sonraki aşamasına geçilmektedir.

Bir sonraki değerlendirme aşamasına geçmeden önce dikkat edilmesi gereken bir unsur daha vardır. Yukarıda anlatılan değerlendirme çalışması esnasında meydana gelen ve sürece eklenmesi gereken yeni eylemler ortaya çıkabilmektedir. Ortaya çıkabilen yeni eylemler ve bu eylemlerin ortaya çıkması durumunda yapılması gereken ilave süreçler aşağıdaki gibidir (Mudge 2004):

- Verilen fonksiyonlara, şartnamelere ya da gereksinimlerle herhangi bir ekleme yapıldığında temel yaklaşımda bir değişiklik meydana gelebilmektedir. Bu gibi durumlarda bu değişiklik fonksiyon değerlendirme formunda mutlaka belirtilmelidir.
- Herhangi bir değişikliğe neden olan yeni bir fonksiyon eklendiğinde toplam tahmini maliyette de bir değişiklik meydana gelebilir. Böyle bir durumda, maliyet değişikliği mutlaka fonksiyon değerlendirme formuna kaydedilmelidir.



tamamlandıktan sonra tüm alternatiflerin kendi aralarında karşılaştırılmakta ve eklenen eylem planları gözden geçirilmektedir.

Bu çalışma her ne kadar bir karşılaştırma olsa bile numerik bir değerlendirme değildir, aksine sezgisel bir değerlendirme yöntemidir. Bu nedenle çalışma esnasında olumsuz bir bakış açısı yerimle olumlu bir bakış açısı sergilenmelidir. Böylece sadece bir ya da iki tane dezavantajın olması nedeni ile belki de bizi en doğru çözüme götürecek olan alternatiflerin elenmesi engellenmektedir.

Her ne kadar süreç ve projeler için değer mühendisliği yaklaşımı kullanıldığı ifade edilse de literatürde verilen örnek çalışmalar ürün değerini arttırmaya yani ürün maliyetini düşürmeye yönelik çalışmalardır. Bu nedenle, gerçekleştirilen bu değerlendirme aşamasında belki de en dikkat edilmesi gereken şey, belirtilen soruna tam anlamı ile çözüm olabilen yeni patentlerin ortaya çıkıp çıkmama durumudur. Bu aşamada patentlenebilir pek çok çözüm ortaya çıkmakta ve bu çözümler ve patentler mutlaka not edilmelidir.

Bu çalışma esnasında, alınan kararların üst yönetime ya da karar mercilerine yapılacak olan sunum ve ikna durumları göz önünde bulundurulmamalıdır. Alınacak tüm kararlar, ele alınan sürecin, projenin ya da ürünün değerine katkı sağlama amacına hizmet etmelidir. Karar vericilere ya da üst yönetime yapılacak raporlandırma, değer mühendisliğini sürecinin bir sonraki aşamasında ele alınacaktır.

### **2.3.5. Soruşturma Aşaması**

Başarı herkes için göreceli bir kavramdır. Kimine göre mevcut duruma yakın bir hedefe ulaşmak başarılı sayılırken, bazıları için bu hedefe ulaşmak “başarı kriterleri” arasında yer almamaktadır. Aynı başarı skalası, bir önceki bölümde değerlendirilen alternatifler arasında seçilen ve değer mühendisleri tarafından “soruna en fazla değeri katan çözüm” olarak nitelendirilen alternatif fonksiyonlar için de geçerlidir. Bu nedenle bu alternatifleri üst yönetime ya da çalışma esnasında belirlenen karar vericilere sunmadan önce, bu alternatiflerin çalıştığından ve satılabilir, yani üst yönetim ya da karar mercileri tarafında



kabul edilebilir başarı kriterini sağladığından, emin olunması gerekmektedir. Bu aşamada ise bir önceki aşamada değerlendirilen ve ele alınan problemin çözümüne en iyi sonucu verdiği inandırarak seçilen fonksiyonel alternatifler soruşturma teknikleri yardımı ile hayata geçirilebilecek çözümler haline gelmektedir. Bu 3 teknik aşağıdaki gibidir (Mudge 2004):

- Şirket ve sanayi standartlarını kullanma
- Uzmanlara danışma
- Özel ürünleri, işlemleri ve malzemeleri kullanma

Soruşturma aşamasındaki ilk teknik, geliştirme ve takım maliyetlerinin bulunmaması, iyi bir kalite ve güvenilirlik sağlaması, teslim süresi açısından daha kısa sürede tamamlanmaları, performans özelliklerinin kolayca sağlanması ve genellikle evrensel bir rekabet içerisinde bulunulması nedenleri ile şirket ve sanayi standartlarının kullanımınıdır. Bu teknik içerisinde fonksiyonel alternatiflerde uygulanabilir standart parçaların ve işlemlerin, standart ürünlerin, kavramların ve malzemelerin kullanılmasını ve geçerli olmayan standart elemanlarının kullanılmamasını içermektedir. Bu nedenle de bu teknik her zaman daha iyi değer artımı sağlamakta ve soruşturma aşamasında fonksiyonel alternatifler üzerinde en fazla göz önünde bulundurulmuş teknik olmaktadır. Yani özetlemek gerekirse bu teknik ile “Kullanılabilir olan standart bir bileşen veya ürün bulunabilir mi?” sorusunun cevabı aranmaktadır.

Bu aşamada ele alınan ikinci teknik uzmanlara danışma tekniğidir. Bu teknik ile değerlendirilen ve çözüm olarak belirlenen fonksiyonel alternatifin durumu hakkında, bulunduğumuz kurum ya da bulunduğumuz kurum dışında bulunan özel imalatçılar, ticari kuruluşlar ya da danışmanlar tarafından alınan değerlendirmeleri ve yorumları içermektedir.

Bu aşamadaki üçüncü ve son teknik ise özel ürünlerin, işlemlerin ve malzemelerin kullanılmasıdır. Yukarıda bahsedilen ilk teknik ile tezat gibi gözükse de aslında bu iki teknik birbirini tamamlayan iki unsurdur. Bu teknik ile ele alınan özel ürünler, işlemler ve malzemeler, teknolojik gelişmeler ışığında ele alınan fonksiyonel alternatifler üzerinde maliyet azaltıcı ya da değer artırıcı faktörler olarak düşünülmektedir. Bu düşünce aynı

zamanda, bu alanlarda uzmanlaşmış kişilerin bilgi birikiminden yararlanmayı yani uzmanlara danışma tekniğini de beraberinde getirmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken unsur ise bu özel ürünlerin, işlemlerin ve malzemelerin, ele alınan fonksiyonel alternatifte yapacağı değer artışının kanıtlanmış olmasıdır. Herhangi bir araştırma ve değerlendirme aşaması geçirmeden doğrudan ele alınan bu özel faktörler, ele alınan fonksiyonel alternatifte değer arttırmaktan ziyade aksine maliyet arttırıcı bir faktör görevi görerek var olan değer azalmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle, özel faktörler ele alındıktan sonra, mutlaka, ele alınan fonksiyonel alternatifin toplam değeri tekrar gözden geçirilmeli ve özel faktörlerin etkisi kontrol edilmelidir.

### **2.3.6. Sunum Aşaması**

Değer mühendisliğinin son aşaması olan sunum aşamasında, yapılan tüm çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar ve yapılmak istenen değişiklikler karar vericilere sunulmakta ve onların değerlendirmesine göre elde edilen çözümler ürüne, sürece ya da projeye entegre edilmektedir. Bu aşamada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta ise, yapılan değer mühendisliği çalışmasının başarısı, karar vericilere yapılan sunumun başarısına bağlı olmasıdır.

İnsanoğlu doğası gereği değişimi kolaylıkla kabul edememekte ve alışlagelmiş bir sürece getirilen yeni fikirlere ve düzenlemelere karşı direnç göstermektedir. Pek çok sistem mühendisine göre, değer mühendisliği çalışmasındaki en zorlu sürecin sunum aşaması olmasının nedeni de budur. Yapılan çalışmaların karar vericilerin onayından geçmesi ve sonrasında projeye, ürüne ya da sürece entegre edilebilmesi için, yapılan çalışmaların karar vericilere aktarılma aşaması dikkatlice planlanmalı, aktarım esnasından gerçek durumların ve elde edilen gerçek maliyetlerin aktarılmasına özen gösterilmeli ve her şeyden önemlisi de aktarılacak kişi ya da kişilere uygun bir yaklaşım tekniği ile sunumları karar vericilere aktarmak gerekmektedir.

Bu aşamada, ele alınan problemin öncesin ve sonrası, gerçek verilere dayanarak kısa ve anlaşılır bir dille anlatılmaktadır. Ele alınan problemdeki her unsura değinmek yerine, problemin ana nedenini oluşturan maddelere yer verilmeli, sorunu çözmek için

geliştirilen çözümü hayata geçirmek için yapılması planlanan eylem planının ana hatları karar vericilere aktarılmalıdır. Bu aktarım sırasında, çalışmanın yapı taşı olan ve süreç kapsamında hesaplanan tüm maliyet verileri, gerçeği yansıtır şekilde karar vericilere aktarılmalıdır. Maliyet aktarımı sırasında mevcut maliyet, önerilen maliyet (çözümü oluşturan fonksiyonel alternatif maliyetleri), uygulama maliyeti (belirlenen çözümün hayata geçirilmesi için gerekli olan yatırım maliyeti) ve beklenen maliyet tasarrufu konularına mutlaka yer verilmelidir.

Değer mühendisliği çalışması esnasında, çalışmayı gerçekleştiren ekibin kendi içinde tuttuğu ve yaşana ve yaşanması öngörülen problemlerin için hazırladıkları notlar ve öneriler, karar vericilere yapılan sunuma ya da bu sunuma ek olarak karar vericilere sunulmalıdır. Ele alınan konular, aktarım esnasında anlatılan diğer konular gibi açık ve sade bir dil ile kısaca açıklanmalıdır. Ayrıca bu belge, değer mühendisliği ekibini yapan sistem mühendislerine bir bilgi birikimi dokümanı olarak da nitelendirilmektedir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma, gaz türbinli motor ile ilgili çalışmalarının yürütüldüğü bir firmanın ar-ge departmanında gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında, birden fazla gaz türbinli motor projelerinde çalışan bir ekip ele alınmış olup, bu ekibin proje içerisinde gerçekleştirdiği faaliyetler göz önünde bulundurularak, insan kaynağının yaptığı çalışmalarda değer arttırma süreci ele alınmıştır.

Çalışma kapsamında, ele alınan değer mühendisliği çalışması kriterleri aşağıdaki şekildedir:

- İnsan kaynağı: Aynı girdilerden aynı çıktıları sağlamalarına göre gruplandırılmış çeşitli insan kaynağı ekipleri
- Fonksiyon: Ele alınan insan kaynağı grubunun, projeler kapsamında gerçekleştirdiği faaliyetler
- Maliyet: Ele alınan insan kaynağının aylık maaşıdır. Maaş skalası, aynı ekiplerdeki kişilerde kıdemine göre farklılık gösterdiği için bu değer çalışması boyunca belirli bir değere sabitlenecek ve bu değer çalışmada “x” birim olarak ifade edilecektir.

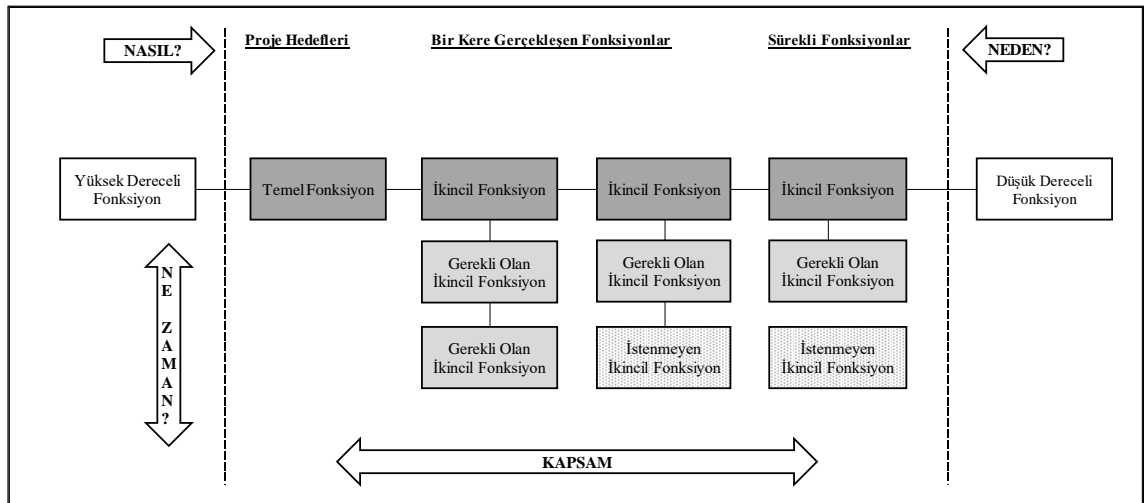
Yukarıda verilen kriterler göz önünde bulundurulduğunda yapılan bu değer mühendisliği çalışmasının, projede görev alan insan kaynağı ekiplerinin aldıkları aylık maaşa göre gerçekleştirdikleri katma değeri olan fonksiyon sayısını arttırmak üzerine olduğu söylenebilmektedir.

Bu çalışma kapsamında, belirlenen fonksiyonlar arasında ilişkinin doğru bir şekilde kurulum gösterilebilmesi için Fonksiyon Analiz Sistemi Tekniği (FAST) kullanılmıştır. Kritik yolu oluşturan fonksiyonları doğrulamak ve doğrulanan fonksiyonlar arasındaki bağımlılıkları ve ilişkileri tanımlamak için sezgisel bir mantık uygulayan FAST ile ilgili ilk çalışmalar 1964 yılında Charles W. Bytheway tarafından yapılmış, 1980 ve 1990lı yıllarda J. Jerry Kaufman tarafından yapılan çalışmalarla da gelişmeye devam etmiştir. Diyagramın amacı, incelenen ögenin veya sürecin her bir bileşeni için fonksiyon ifadesini tanımlamak, geliştirmek ve böylece bu fonksiyonun değerini arttırmaktır. FAST

diyagramını kullanmanın getireceği başlıca yararlar ise literatürde şu şekilde özetlenmiştir:

- Proje faaliyetlerinin mantıksal bir sisteme oturmak ve bu faaliyetleri organize etmek,
- Seçilen faaliyetin geçerliliğini ve ele alınan süreç içerisindeki etkililiğini test etmek,
- Ele alınan süreç kapsamında ekibin içinde bulunduğu iletişim simüle etmek,
- Tüm ekip üyeleri tarafından ortak bir anlayış oluşturmak ve bu anlayışı benimsetmek.

Değer mühendisliği çalışması kapsamında, ele alınan ürün, süreç ya da projenin fonksiyonları belirlendikten, fonksiyonların kaynak ataması yapıldıktan ve fonksiyon sınıflandırması yapıldıktan sonra FAST diyagramı tekniğinin kullanıldığı fonksiyon analizi aşamasına geçilmektedir. Bu teknik ile sistem mühendisleri ya da değer mühendisleri tarafından belirlenen fonksiyonlar arasında mantıksal ilişki, sistematik ve grafiksel bir şekilde ortaya konmaktadır. FAST diyagram tekniği ile oluşturulan bu mantıksal ilişki sistemi Şekil 3.1’de gösterilmektedir.

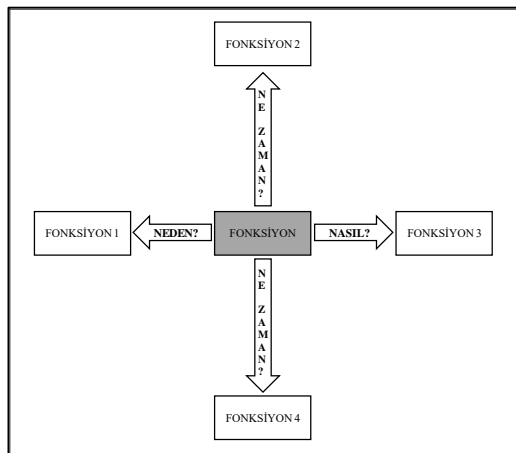


**Şekil 3.1.** FAST diyagramı mantık ilişkisi (Bolton ve ark. 2016'dan değiştirilerek alınmıştır)

Şekil 3.1’de de gösterildiği gibi, FAST diyagramının oluşturulabilmesi için ele alınan süreçlerdeki yüksek dereceli fonksiyon, düşük dereceli fonksiyon, temel fonksiyonlar, gerekli olan ve istenmeyen fonksiyon bilgileri tespit edilmelidir. Tespit edilen bu fonksiyonlar, kapsam çizgileri olarak da adlandırılan ve diyagramda “kesikli çizgi” ile gösterilen çizgiler etrafında mantıksal bir düzene göre yer almaktadır. Bu kapsamda yüksek dereceli fonksiyon kapsam çizgisinin sol tarafına, düşük dereceli fonksiyon ise kapsam çizgisinin sağ tarafına konumlandırılmaktadır.

Kapsam çizgileri arasında kalan bölümde ise, kapsam çizgisinin sol tarafında yer alan yüksek dereceli fonksiyonun gerçekleştirilebilmesi için gereken fonksiyonlar yer almaktadır. Bu fonksiyonların yüksek dereceli fonksiyonları ve düşük dereceli fonksiyonları bağladığı ağ yapısına “kritik fonksiyonların mantıksal yolu” denmektedir.

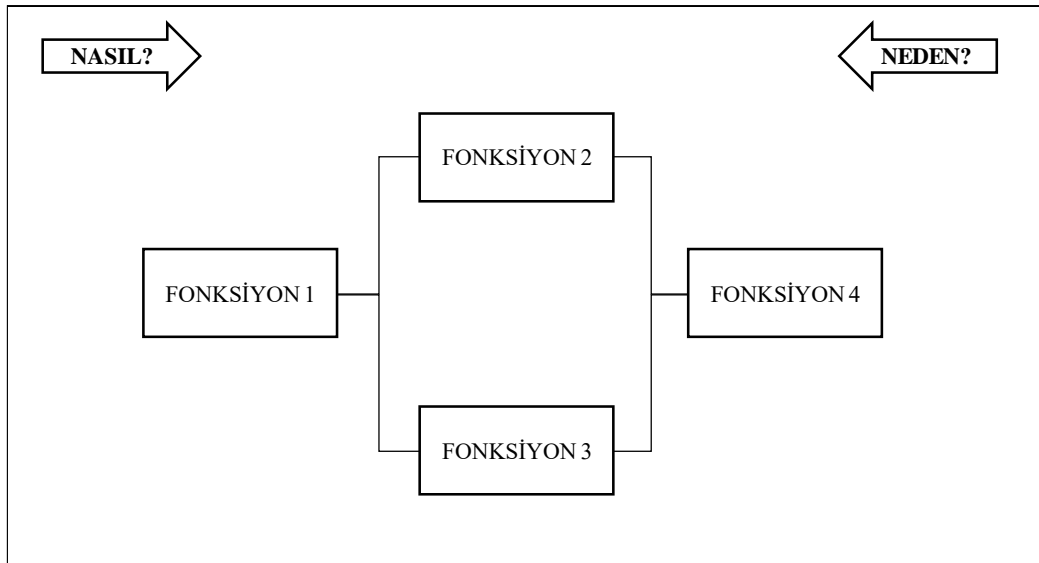
Kritik fonksiyonların mantıksal yolu çerçevesinde 3 farklı soru unsuru çerçevesinde FAST diyagramı oluşturulmaktadır. Bunlar “Nasıl?” sorusu, “Neden?” sorusu ve “Ne zaman?” sorusudur. “Nasıl” ve “Neden” sorusu ile ilişkilendirilen fonksiyonlar FAST diyagramının yatay düzleminde, “Ne zaman” sorusu ile ilişkilendirilen fonksiyonlar ise FAST diyagramının dikey düzleminde fonksiyonel ilişkilerine göre konumlandırılmaktadır. Bu sorular ile kurgulanan grafiksel mantık ilişkisi Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



**Şekil 3.2.** FAST diyagramı mantık ilişkisi kılavuzu (Bolton ve ark. 2016’dan değiştirilerek alınmıştır)

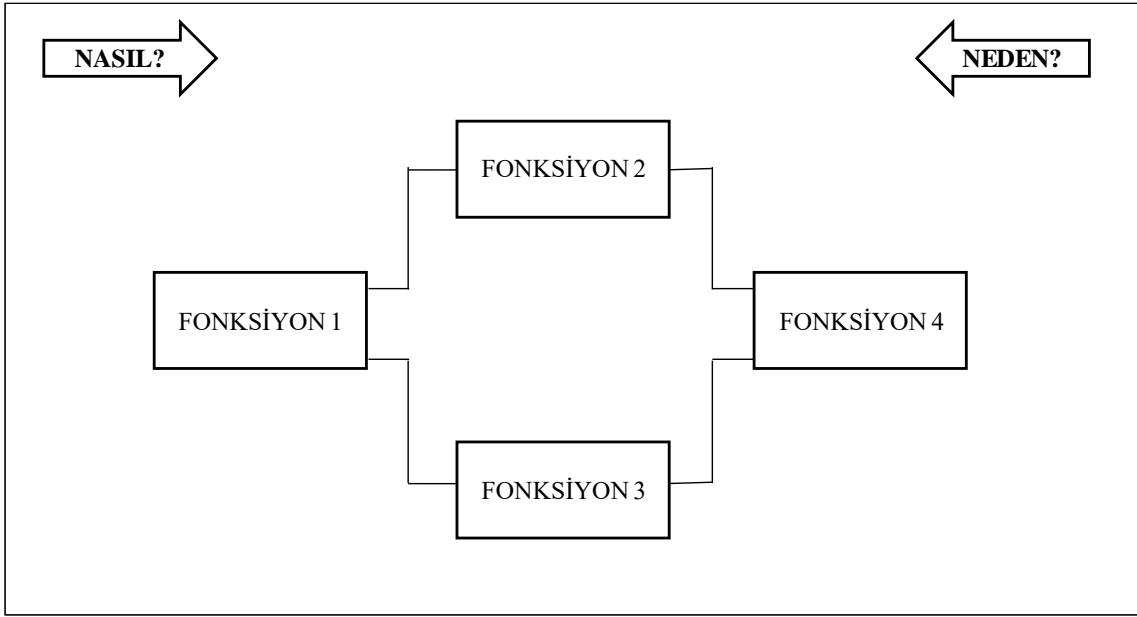
Bu grafiksel mantık ilişkisine göre, FAST diyagramının oluşturulması sırasında şekilde belirtilen fonksiyona sorulan “nasıl” sorusu ile bu fonksiyonun nasıl gerçekleşeceğinin cevabını belirtilen fonksiyon “fonksiyon 3” ile gösterilen bloğa, “neden” sorusu ile bu fonksiyonun neden gerçekleşmesi gerektiğini belirten fonksiyon ise “fonksiyon 1” ile gösterilen bloğa yerleştirilmektedir. Soldan sağa ve sağdan sola şekilde “neden-nasıl” ilişkisi kapsamında hizalanmış olan bu fonksiyon dizisi “soyutlama düzeyi” olarak adlandırılmaktadır (Bolton ve ark. 2016). Şekil 2.3’de belirtilen “fonksiyon” meydana geldiğinde bu fonksiyonla aynı anda gerçekleşmesi gereken fonksiyonlar ya da bu fonksiyonun sonucu olarak gerçekleşen ikincil fonksiyonlar ise “ne zaman” sorusuna cevaben “fonksiyon 2” ya da “fonksiyon 4” bloklarına yerleştirilmektedir.

FAST diyagramının oluşturulmasında bilinmesi gereken bir diğer konu ise “VE” ile “VEYA” kapılarıdır. VE kapısı, kritik fonksiyonların mantıksal yolunda bulunan yatay fonksiyonlardan birinden diğerine geçebilmek için yapılması gereken tüm fonksiyonları gösteren yapı olmakla beraber elektrik devrelerindeki seri bağlı devrelere benzetilebilmektedir. Bu yapı, bir yatay fonksiyondan diğer bir yatay fonksiyona geçiş sırasında “çatal” yapısı ile temsil edilmektedir. Bu gösterim Şekil 3.3’te verilmektedir. Bu yapının kullanıldığı durumlarda, bir sonraki fonksiyona geçebilmek için çatal yapısı içerisindeki tüm fonksiyonların yerine getirilmesi gerekmektedir.



Şekil 3.3. “VE” Kapısı gösterimi (Bolton ve ark. 2016’dan değiştirilerek alınmıştır)

“VEYA” kapıları ise, kritik fonksiyonların mantıksal yolunda, yatay yöndeki fonksiyonların birinden diğerine geçebilmek için, tercihe balı olarak seçilebilecek birden fazla alternatif yolun olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Bu yapı, elektrik devrelerindeki paralel bağlı devrelere benzetilebilmektedir. “VEYA” kapısının gösterimi ise Şekil 3.4’te verilmektedir. Bu yapının kullanıldığı durumlarda, bir sonraki yatay fonksiyona geçebilmek için, çatal yapısı içerisindeki herhangi bir fonksiyonun yerine getirilmesi yeterli olmaktadır.

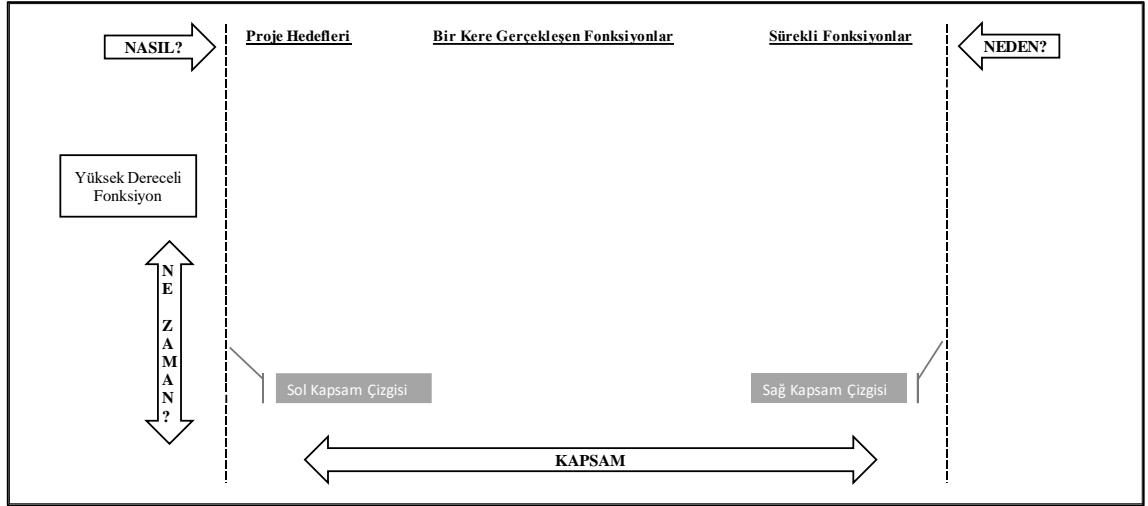


**Şekil 3.4.** “YA DA” Kapısı gösterimi (Bolton ve ark. 2016’dan değiştirilerek alınmıştır)

Değer mühendisliği çalışması kapsamında oluşturulan FAST diyagramı çalışması için aşağıdaki adımlar izlenmektedir:

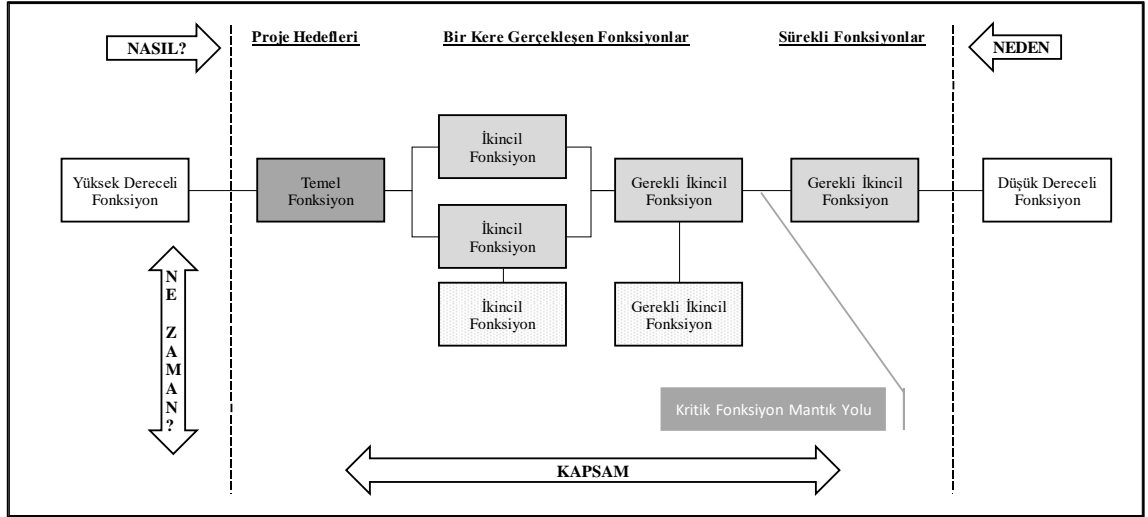
- Adım 1: Şekil 3.5’de belirtilen boş FAST diyagramı tablosu oluşturulur.





**Şekil 3.5.** FAST diyagramı şablonu (Bolton ve ark. 2016'dan değiştirilerek alınmıştır)

- Adım 2: Fonksiyon analizi iş planının ilk aşamasında fonksiyon tanımlama formunda temel fonksiyon olarak belirlenen fonksiyon, sol kapsam çizgisinin hemen sağındaki kritik fonksiyonların mantıksal yolu üzerine konulur. Alınan bu fonksiyonun “temel fonksiyon” olup olmadığını doğrulamak için bu fonksiyona “*Neden* bu işlevi yerine getiriyoruz?” sorusu sorulur. Elde edilen cevap, sol kapsam çizgisinin solunda yer alan yüksek dereceli fonksiyonu veriyorsa, seçilen fonksiyonun temel fonksiyon olduğu doğrulanmış olmaktadır.
- Adım 3: Doğru bir şekilde yerleştirilen temel fonksiyondan sonra, kritik işlem mantık yolundaki bir sonraki işleve, ikincil fonksiyona, geçmek için temel fonksiyona “Bu temel işlev *nasil* yapılır?” sorusu sorulur. Bu soru, sağ kapsam çizgisinin sağında bulunan düşük dereceli fonksiyonlara ulaşılmaya kadar tüm ikincil fonksiyonlara bu soru sorulmaya devam edilir. Eğer iki ikincil işlev arasındaki bağlantıyı sağlamak için birden fazla ikincil fonksiyonun yerine getirilmesi gerekiyorsa, sonraki ikincil fonksiyona geçişte “VE” kapısı ilişkisi kurulur. Eğer bir ikincil fonksiyondan diğer bir ikincil fonksiyona geçiş sırasında birden fazla fonksiyon alternatifinin gerçekleşme durumu söz konusu ise, bir sonraki ikincil fonksiyona geçişte “VEYA” kapısı ilişkisi kurulur. Bu durumların dışındaki diğer ikincil fonksiyonlar birbirileri ile yatay çizgi ile bağlanır. Elde edilmesi gereken örnek bir FAST diyagram görseli Şekil 3.6’da verilmektedir.



**Şekil 3.6.** Örnek FAST diyagramı genel gösterimi (Bolton ve ark. 2016'dan değiştirilerek alınmıştır)

- Adım 4: Yüksek dereceli fonksiyon, düşük dereceli fonksiyon, temel fonksiyon ve tüm ikincil fonksiyonlar FAST diyagramındaki yerini aldıktan sonra FAST diyagramının doğrulaması yapılır. Bu kapsamda, düşük dereceli fonksiyondan başlayarak diyagrama yerleştirilen tüm fonksiyonlara “Neden bu fonksiyonu gerçekleştiriyoruz?” sorusu sorulur ve bu soru sonucunda alınan cevabın, fonksiyonun sol tarafındaki bir önceki fonksiyonu/fonksiyonları vermesi beklenir. Her bir soru sonrasında bu durumun sağlanmasının ardından, FAST diyagramı doğrulanır.
- Adım 5: İkincil fonksiyonlar doğrulandıktan sonra, bu fonksiyonların ihtiyaç duyduğu ve “ne zaman” sorusuna cevap olan gerekli olan ve istenmeyen ikincil fonksiyonlar eklenir.
- Adım 6: Proje veya tasarım hedefleri, müşteri isterleri, kanuni gereklilikler ve standartlar, ele alınan süreci ve fonksiyonları etkileyen unsurlar olarak, kritik fonksiyonların mantıksal yolundan bağımsız olarak sol üst köşesine yazılır.
- Adım 7: Ele alınan ürün, süreç ve proje içerisinde sürekli gerçekleşen ve bu sürecin herhangi bir zamanında ihtiyaç duyulabilecek ikincil fonksiyonlar olan “sürekli fonksiyonlar”, kritik fonksiyonların mantıksal yolundan bağımsız bir şekilde FAST diyagramının sağ üst köşesine yazılır.

- Adım 8: Ele alınan ürün, süreç ve proje kapsamında yalnızca bir kez gerçekleşen ikincil fonksiyonlar, kritik fonksiyonların mantıksal yolundan bağımsız olarak FAST diyagramının üst orta bölümüne yazılır. Tek bir sefer gerçekleşen bu fonksiyon, kritik fonksiyonların mantıksal yolunda bulunan herhangi bir ikincil işlevin gerçekleşmesine neden oluyorsa ya da bu fonksiyondan kaynaklanıyorsa, kritik fonksiyonların mantıksal yolunda bulunan ikincil fonksiyonun altına da yazılabilir. Bu ayrıntıya dikkat edilmeli ve fonksiyon dikkatli bir şekilde analiz edildikten sonra FAST diyagramındaki yerine karar verilmelidir. Aksi takdirde, DM çalışması kapsamında girmesi gereken bir fonksiyonun gözden kaçırılması, yanlış bir çözüm yoluna gidilmesine neden olabilmektedir.

Tüm adımlar takip edildikten ve FAST diyagramı oluşturulduktan sonra, değer mühendisliği çalışmasında yer alan tüm değer mühendisleri ve sistem mühendisleri gerçekleştirilen FAST diyagramı çalışmasını değerlendirmektedir. Bu değerlendirme sonucunda, oluşturulan diyagramın “nasıl-neden” yönlerinin her ikisinde de FAST diyagramı mantıksal kavramıyla bağlı oldukları ve bu çalışma nezdinde başka bir değişime gerek olmadığı fikir birliği oluşursa, FAST diyagramı doğrulanmış olmaktadır.

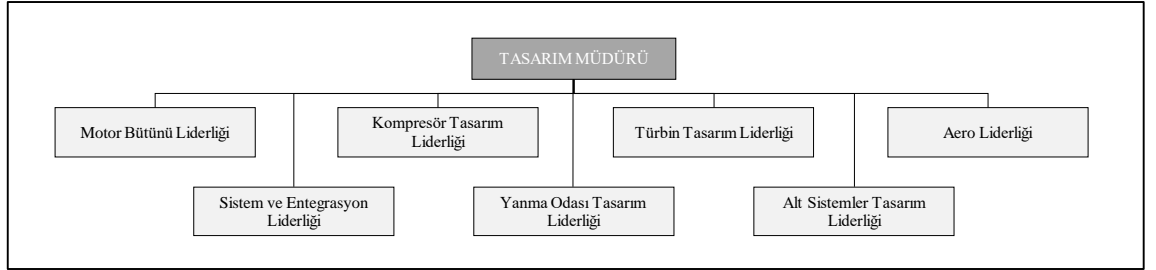
#### 4. BULGULAR

Literatüre yapılan değer mühendisliği çalışmaları genellikle bir nihai ürünün parça başı maliyetini azaltarak ürünün toplam maliyetini azaltıp değerini arttırmaya yönelik yapılan çalışmalardır. Bu çalışmaların temeli, kuramsal temeller bölümünde de verilen

$$değer = \frac{fonksiyon}{maliyet} \quad (2.1)$$

formülüne dayanmaktadır. Gaz türbinli motor projeleri üzerine faaliyet gösteren bir şirketin tasarım müdürlüğü bünyesinde yapılan bu çalışma, literatürün aksine, müdürlük bünyesinde görev alan kişilerin, gaz türbinli prototip motor projeleri süresince gerçekleştirdikleri faaliyetlerin değerini hesaplamak üzerine gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın gerçekleştirildiği müdürlük, prototip bir gaz türbinli motor elde etmek için gerçekleştirilen projelerin tasarım faaliyetlerini yürütmektedir. Bu kapsamda tasarım ekibi, altı farklı liderlik altında bir araya gelmiştir. Bunlar motor bütünü liderliği, sistem ve entegrasyon liderliği, aero liderliği, kompresör tasarım liderliği, türbin tasarım liderliği, yanma odası tasarım liderliği ve alt sistemler tasarım liderliğidir. Ele alınan tasarım müdürlüğündeki liderlik bazlı oluşturulmuş organizasyon şeması Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



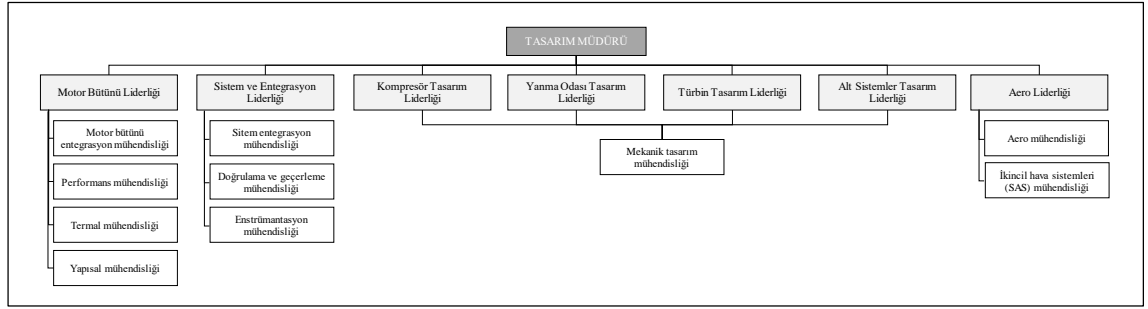
**Şekil 4.1.** Tasarım müdürlüğü organizasyon şeması

Çalışma kapsamında ilk olarak, çalışanların gerçekleştirdikleri fonksiyonlar tanımlanmak istenmiştir. Ancak ele alınan müdürlükte yaklaşık 90 adet çalışanın olması, her bir çalışan için fonksiyonların ayrı ayrı belirlenmesinde zorluk yaratmıştır. Bu nedenle değer mühendisliği çalışmasını ayrı ayrı kişiler üzerinde gerçekleştirmek yerine, aynı girdi ve aynı görev ve sorumluluklarla aynı çıktıları elde eden disiplinler üzerinde uygulanmasına

karar verilmiştir. Bu kapsamda çalışmaya ilk olarak, liderlikler içinde bulunan disiplinlerin tespit edilmesi ile başlanmıştır. Bu disiplinler ve altında oldukları liderlikler şu şekildedir:

- Sistem ve entegrasyon liderliği
  - Sistem entegrasyon mühendisliği
  - Doğrulama ve geçерleme mühendisliği
  - Enstrümantasyon mühendisliği
- Motor bütünü liderliği
  - Performans mühendisliği
  - Motor bütünü entegrasyon mühendisliği
  - Termal mühendisliği
  - Yapısal mühendisliği
- Kompresör tasarım liderliği
  - Mekanik tasarım mühendisliği
- Türbin tasarım liderliği
  - Mekanik tasarım mühendisliği
- Yanma odası tasarım liderliği
  - Mekanik tasarım mühendisliği
- Alt sistemler tasarım liderliği
  - Mekanik tasarım mühendisliği
- Aero liderliği
  - Aero mühendisliği
  - İkincil hava sistemi (SAS) mühendisliği

Elde edilen bu bilgiler doğrultusunda disiplinler ve liderlikler bazlı organizasyon şeması Şekil 4.2.'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.2.** Liderlik ve disiplin bazlı organizasyon şeması

Liderlikler altında bulunan disiplinler belirlendikten sonra, disiplinlerin mevcutta gerçekleştirdikleri görev ve sorumluluklar ekiplerle bir araya gelinerek çıkarılmış, elde edilen bilgiler, fonksiyonu gerçekleştiren kaynak bilgisi de göz önünde bulundurularak, ekip bazlı oluşturulan fonksiyon tanımlama formlarına girilmiştir. Saptanan bu fonksiyonlar, literatürde de bahsedildiği üzere temel fonksiyon, gerekli ikincil fonksiyon ve istenmeyen fonksiyon olarak 3 ana gruba sınıflandırılmıştır. Gerekli ikincil fonksiyon sınıfı çalışma kapsamında “ikincil fonksiyon” olarak kullanılmaktadır. Bu aşamada elde edilen fonksiyon tanımlama formları Ek 1, Ek 2, Ek 3, Ek 4, Ek 5, Ek 6, Ek 7, Ek 8, Ek 9 ve Ek 10 olarak EKLER bölümünde verilmiştir. Fonksiyon tanımlama çalışması sonucunda elde edilen disiplin bazlı sınıflandırılmış fonksiyon adetleri Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Disiplin bazlı sınıflandırılmış fonksiyon adetleri

| Disiplinler                           | Temel Fonksiyon Sayısı | İkincil Fonksiyon Sayısı | İstenmeyen Fonksiyon Sayısı |
|---------------------------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Sistem Entegrasyon Mühendisliği       | 12                     | 16                       | 22                          |
| Doğrulama & Geçerleme Mühendisliği    | 5                      | 14                       | 15                          |
| Enstrümantasyon Mühendisliği          | 5                      | 9                        | 5                           |
| Performans Mühendisliği               | 7                      | 18                       | 3                           |
| Motor Bütünü Entegrasyon Mühendisliği | 9                      | 16                       | 5                           |
| Termal Mühendisliği                   | 3                      | 18                       | 4                           |
| Mekanik Tasarım Mühendisliği          | 6                      | 23                       | 7                           |
| Aero Mühendisliği                     | 3                      | 22                       | 3                           |
| Yapısal Mühendisliği                  | 4                      | 10                       | 5                           |
| SAS Mühendisliği                      | 2                      | 9                        | 3                           |

Disipliner ekiplerle, projenin tasarım fazı boyunca gerçekleştirilen tüm fonksiyonlar belirlendikten sonra, ekiplerin tasarım fazında gerçekleştirdikleri süreç, fonksiyonlar da göz önünde bulundurularak, FAST diyagramı ile betimlenmiştir. Bu kapsamda fonksiyon tanımlama formunda belirtilen fonksiyonlar içerisindeki sürekli fonksiyonlar ve bir kere gerçekleşen fonksiyonlar ayrıştırılmış ve FAST diyagramına eklenmiştir. Bu fonksiyonlara ek olarak, her bir disiplinin yüksek dereceli fonksiyonu, düşük dereceli fonksiyonu ve proje hedefleri de tespit edilmiş ve FAST diyagramına işlenmiştir. Her bir disiplin için oluşturulmuş FAST diyagramları Ek 11, Ek 12, Ek 13, Ek 14, Ek 15, Ek 16, Ek 17, Ek 18, Ek 19 ve Ek 20 olarak EKLER bölümünde verilmiştir.

Yukarıda da bahsedildiği üzere literatür, değer mühendisliği çalışmalarında bir ürünün maliyetine odaklanmakta ve bir ürünün birim maliyetlerini azaltarak toplam maliyeti azaltma böylece de ürünün değerini artırma yoluna gitmektedir. Ancak bu çalışma kapsamında, çalışanların motivasyonları ve süreç içerisinde yaptıkları mesailer göz önünde bulundurularak değer mühendisliği yaklaşımı, tasarım faaliyeti süresince disiplinlerin gerçekleştirmiş oldukları istenmeyen fonksiyonları minimize ederek sürecin değerini arttırmaya yönelik kullanılmıştır. Bu kapsamda literatürde verilen değer formülünde revizyona gidilmiş ve aşağıdaki formül elde edilmiştir.

$$değer = \frac{temel\ fonksiyon\ adedi + ikincil\ fonksiyon\ adedi}{toplam\ fonksiyon\ adedi} \quad (4.1)$$

Bu çerçevede, çalışma içerisindeki bir sonraki adımda projenin tasarım faaliyeti süresince disiplinlerin gerçekleştirdikleri çalışma değerleri yukarıdaki formül ile tek tek hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.2.** Tasarım fazı süresince disiplin bazlı çalışma değerleri

| Disiplin                              | İkincil/Temel Fonksiyon Sayısı | İstenmeyen Fonksiyon Sayısı | Değer  |
|---------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------|
| Sistem Entegrasyon Mühendisliği       | 28                             | 22                          | 56,00% |
| Doğrulama & Geçerleme Mühendisliği    | 19                             | 15                          | 55,88% |
| Enstrümantasyon Mühendisliği          | 14                             | 5                           | 73,68% |
| Performans Mühendisliği               | 25                             | 3                           | 89,29% |
| Motor Bütünü Entegrasyon Mühendisliği | 25                             | 5                           | 83,33% |

**Çizelge 4.2.** Tasarım fazı süresince disiplin bazlı çalışma değerleri (devam)

|                              |    |   |        |
|------------------------------|----|---|--------|
| Termal Mühendisliği          | 21 | 4 | 84,00% |
| Mekanik Tasarım Mühendisliği | 29 | 7 | 80,56% |
| Aero Mühendisliği            | 25 | 3 | 89,29% |
| Yapısal Mühendisliği         | 14 | 5 | 73,68% |
| SAS Mühendisliği             | 11 | 3 | 78,57% |

Ancak gaz türbinli motor projeleri gibi zaman kısıtı olan projelerde, gerçekleştirilen fonksiyonlardan daha da önemli olan şey o fonksiyonlara harcanan efor yani o fonksiyonu gerçekleştirmeleri için harcadıkları süredir. Bu nedenle, çalışanların gerçekleştirdikleri istenmeyen fonksiyon sayılarına ek olarak, bu fonksiyonları gerçekleştirmek için harcadıkları zaman da disiplinlerin çalışma değerini hesaplamada dikkate alınmıştır. Bu kapsamda, çalışma kapsamında kurulan çalışma grubuyla tekrar bir araya gelinmiş ve her bir disiplin için, her bir istenmeyen fonksiyona harcanan çalışma süresi belirlenmiş ve bu çalışma sürelerinin yıllık çalışma süresine oranları hesaplanmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar Ek 21, Ek 22, Ek 23, Ek 24, Ek 25, Ek 26, Ek 27, Ek 28, Ek 29 ve Ek 30 olarak EKLER bölümünde verilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda disiplin bazlı istenmeyen fonksiyon toplam iş yükü yüzdeleri Çizelge 4.3'te verilmiştir.

**Çizelge 4.3.** Disiplin bazlı istenmeyen fonksiyon iş yükü yüzdeleri

| Disiplin                              | Çalışma Yüzdesi |
|---------------------------------------|-----------------|
| Sistem Entegrasyon Mühendisliği       | 58,03%          |
| Doğrulama & Geçerleme Mühendisliği    | 59,14%          |
| Enstrümantasyon Mühendisliği          | 9,56%           |
| Performans Mühendisliği               | 0,21%           |
| Motor Bütünü Entegrasyon Mühendisliği | 11,44%          |
| Termal Mühendisliği                   | 7,73%           |
| Mekanik Tasarım Mühendisliği          | 24,72%          |
| Aero Mühendisliği                     | 1,02%           |
| Yapısal Mühendisliği                  | 7,45%           |
| SAS Mühendisliği                      | 0,74%           |

Yukarıda da bahsedildiği üzere, disiplinlerin çalışma değerlerini hesaplamak için gerçekleştirdikleri temel ve ikincil fonksiyon sayılarına ek olarak, bu fonksiyonları gerçekleştirmek için harcadıkları efor da dikkate alınmalıdır. Bu kapsamda çalışanların



değerini belirlemek için kurulan (4.1) numaralı denkleme, fonksiyonların yıllık bazlı iş yükü yüzdeleri de eklenmiş ve aşağıdaki denklem elde edilmiştir.

$$değer = \frac{temel\ fonksiyon\ adedi + ikincil\ fonksiyon\ adedi}{toplam\ fonksiyon\ adedi} \times (1 - istenmeyen\ fonksiyon\ çalışma\ yüzdesi) \quad (4.2)$$

Bu denklem göz önünde bulundurularak disiplinlerin çalışma değerleri tekrar hesaplanmış ve elde edilen sonuç Çizelge 4.4'te verilmiştir.

**Çizelge 4.4.** İş yükü yüzdesi eklenmiş disiplin bazlı çalışma değerleri

| Disiplin                              | Değer (Formül 4.2'e göre) |
|---------------------------------------|---------------------------|
| Sistem Entegrasyon Mühendisliği       | 23,50%                    |
| Doğrulama & Geçerleme Mühendisliği    | 22,83%                    |
| Enstrümantasyon Mühendisliği          | 66,64%                    |
| Performans Mühendisliği               | 89,10%                    |
| Motor Bütünü Entegrasyon Mühendisliği | 73,80%                    |
| Termal Mühendisliği                   | 77,51%                    |
| Mekanik Tasarım Mühendisliği          | 60,64%                    |
| Aero Mühendisliği                     | 88,38%                    |
| Yapısal Mühendisliği                  | 68,19%                    |
| SAS Mühendisliği                      | 77,99%                    |

Elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, en düşük çalışma değerinden en yüksek çalışma değerine sahip olan disiplin sıralamaları Çizelge 4.5'te verilmiştir.

**Çizelge 4.5.** Çalışma değeri bazlı disiplin sıralaması

| Disiplin                              | Değer (Formül 4.2'e göre) |
|---------------------------------------|---------------------------|
| Doğrulama & Geçerleme Mühendisliği    | 22,83%                    |
| Sistem Entegrasyon Mühendisliği       | 23,50%                    |
| Mekanik Tasarım Mühendisliği          | 60,64%                    |
| Enstrümantasyon Mühendisliği          | 66,64%                    |
| Yapısal Mühendisliği                  | 68,19%                    |
| Motor Bütünü Entegrasyon Mühendisliği | 73,80%                    |
| Termal Mühendisliği                   | 77,51%                    |
| SAS Mühendisliği                      | 77,99%                    |
| Aero Mühendisliği                     | 88,38%                    |
| Performans Mühendisliği               | 89,10%                    |

Elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda en düşük çalışma değerine sahip olan disiplinler sistem entegrasyon mühendisliği disiplini ile doğrulama ve geçerleme mühendisliği disiplini. Bu disiplinleri sırası ile mekanik tasarım mühendisliği, enstrümantasyon mühendisliği, yapısal mühendisliği, motor bütünü entegrasyon mühendisliği, termal mühendisliği ve SAS mühendisliği takip etmektedir. Aero ve performans mühendisliği ise mevcut durumda minimum %80 hedefini karşılamaktadır.

Değer arttırma çalışmaları kapsamında ilk olarak, çalışma değeri en düşük olan sistem geçerleme ve doğrulama mühendisliği disiplini ele alınmıştır. Bu kapsamda ele alınan bu disipline ait istenmeyen fonksiyon iş yükü yüzdeleri Çizelge 4.6’da verilmiştir.

**Çizelge 4.6.** Doğrulama ve geçerleme mühendisliği istenmeyen fonksiyon iş yükü yüzdeleri

| <b>İstenmeyen Fonksiyon</b>             | <b>Oran</b> |
|---|-------------|
| Alt sistem gereksinimleri belirlemek    | 3,33%       |
| Tasarım proje planı oluşturmak          | 3,47%       |
| Montaj planı oluşturmak                 | 1,67%       |
| Malzeme planlamak                       | 2,31%       |
| Malzeme planı yönetmek                  | 0,56%       |
| Şirket içi idari entegrasyon sağlamak   | 6,94%       |
| Parça imalat planlaması yapmak          | 1,39%       |
| Parça imalat sürecini takip etmek       | 11,57%      |
| Parça imalat sürecini denetlemek        | 6,94%       |
| Motor montaj sürecini denetlemek        | 1,39%       |
| Motor test sürecini denetlemek          | 13,89%      |
| Fracas oluşturmak                       | 5,56%       |
| Eğitim organizasyonu yapmak             | 0,02%       |
| Yazılım/donanım taleplerini oluşturmak  | 0,05%       |
| Yazılım/donanım taleplerini takip etmek | 0,05%       |

Bu kapsamda ilk olarak, en düşük değere sahip olan doğrulama ve geçerleme mühendisliği ele alınmıştır. Bu disiplinin istenmeyen fonksiyonları incelediği zaman disiplinin sistem entegrasyon mühendisliği ile benzer faaliyetleri gerçekleştirdiği görülmüştür. Daha doğru bir çalışma gerçekleştirmek için doğrulama ve geçerleme mühendisliği çalışma değerini arttırmak için ilk olarak istenmeyen fonksiyonların hangi alanlarda olduğu tespit edilmiş ve bu bilgiler Çizelge 4.7’de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.7.** Doğrulama ve geçерleme mühendisliği istenmeyen fonksiyon çalışma alanları

| <b>İstenmeyen Fonksiyon</b>                | <b>Oran</b> | <b>Çalışma Alanı</b>               |
|--|-------------|------------------------------------|
| Alt sistem gereksinimleri belirlemek       | 3,33%       | Sistem entegrasyon süreci          |
| Modül bazlı tasarım proje planı oluşturmak | 3,47%       | Sistem entegrasyon süreci          |
| Montaj planı oluşturmak                    | 1,67%       | Motor montaj süreci                |
| Malzeme planlamak                          | 2,31%       | Malzeme planlama süreci            |
| Malzeme planı yönetmek                     | 0,56%       | Malzeme planlama süreci            |
| Şirket içi idari entegrasyon sağlamak      | 6,94%       | Proje yönetim süreci               |
| Döküm parça imalat planlaması yapmak       | 1,39%       | Proje yönetim süreci               |
| Parça imalat sürecini takip etmek          | 11,57%      | Sistem entegrasyon süreci          |
| Parça imalat sürecini denetlemek           | 6,94%       | Proje yönetim süreci               |
| Motor montaj sürecini denetlemek           | 1,39%       | Proje yönetim süreci               |
| Motor test sürecini denetlemek             | 13,89%      | Proje yönetim süreci               |
| Fracas oluşturmak                          | 5,56%       | Motor test süreci                  |
| Eğitim organizasyonu yapmak                | 0,02%       | İnsan kaynakları geliştirme süreci |
| Yazılım/donanım taleplerini oluşturmak     | 0,05%       | Bilgi işlem süreci                 |
| Yazılım/donanım taleplerini takip etmek    | 0,05%       | Bilgi işlem süreci                 |

Bu kapsamda elde edilen bilgiler doğrultusunda doğrulama ve geçерleme mühendisliğinin, istenmeyen fonksiyon iş yükünün %30,55'lik kısmını gerçekleştirmemesi gereken proje yönetim faaliyetlerine, %18,37'lik kısmını gerçekleştirmemesi gereken sistem entegrasyon faaliyetlerine, %5,56'lik kısmını gerçekleştirmemesi gereken motor test süreci faaliyetlerine, %2,87'lik kısmını gerçekleştirmemesi gereken malzeme planlama süreci faaliyetlerine, %1,67'lik kısmını gerçekleştirmemesi gereken motor montaj süreci faaliyetlerine, %0,1'lik kısmını gerçekleştirmemesi gereken bilgi işlem süreci faaliyetlerine ve %0,02'lik kısmını ise gerçekleştirmemesi gereken insan kaynağı geliştirme süreci faaliyetlerine harcadığı söylenebilmektedir. Özellikle ele alınan disiplinin gerçekleştirdiği proje yönetimi süreci ve sistem entegrasyon süreci faaliyetleri mevcut durumda sistem entegrasyon disiplini tarafından gerçekleştirildiği ancak doğrulama ve geçерleme mühendisliği disiplininin, insan kaynağı ve zaman kısıtlaması nedeni ile sistem entegrasyon disiplinine destek sağlamak amacı ile bu fonksiyonları gerçekleştirdiği tespit edilmiştir.

Doğrulama ve geçерleme mühendisliğinin değer arttırma çalışmaları kapsamında ikinci olarak, çalışmanın gerçekleştiği firmada faaliyet gösteren, çalışmanın gerçekleştirildiği müdürlük ile proje kapsamında ara yüzü olan ve görev tanımlarına bakıldığında

doğrulama ve geçerleme mühendisliği disiplininin istenmeyen fonksiyonlarından en az birini gerçekleştiren ekipler tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda tespit edilen firma içinde faaliyet gösteren ekipler, bu ekiplerin tanımlı olan görev-sorumlulukları ve bu ekiplerde gerçekleştirilmesi önerilen doğrulama ve geçerleme mühendisliği istenmeyen fonksiyonları aşağıdaki gibidir:

- Programlar ekibi: Şirket içerisinde farklı direktörlükler ve müdürlükler ile birlikte gerçekleştirilen gaz türbinli motorlar projelerini yönetmek ve bu kapsamda gerçekleştirilmesi gereken tüm planlama faaliyetlerini gerçekleştirmek, yürütmek ve yönetmektir. Ekibin devralması önerilen sistem entegrasyon mühendisliğinin istenmeyen fonksiyonları aşağıdaki şekildedir:
  - Şirket içi idari entegrasyon sağlamak
  - Döküm parça imalat planlaması yapmak
  - Parça imalat sürecini denetlemek
  - Motor montaj sürecini denetlemek
  - Motor test sürecini denetlemek
- Sistem entegrasyon mühendisliği ekibi:
  - Alt sistem gereksinimleri belirlemek
  - Modül bazlı tasarım proje planı oluşturmak
  - Parça imalat sürecini takip etmek
- Test ekibi: Montajlanıp teste hazır hala getirilen gaz türbinli motorların test sehpasına entegrasyonu sağlamak, motor testlerinin belirlenen kriterler ve parametreler doğrultusunda gerçekleştirmek ve test sırasında meydana gelen hatalar ve problemler hakkında raporlama yapmaktır. Ekibin devralması önerilen sistem entegrasyon mühendisliğinin istenmeyen fonksiyonu aşağıdaki şekildedir:
  - Fracas oluşturmak
- Malzeme planlama ekibi: Gerçekleştirilen projeler kapsamında kullanılan ham malzeme, sarf malzeme, standart parça vb. malzemeleri planlamak, depolamak, üretim yapılacak birimlere sevk etmek ve SAP üzerindeki güncelliği sağlayarak stok kontrolünü yapmaktır. Ekibin devralması önerilen sistem entegrasyon mühendisliğinin istenmeyen fonksiyonları aşağıdaki şekildedir:
  - Malzeme planlamak
  - Malzeme stoğunu yönetmek

- Montaj ekibi: Projeler kapsamında imal edilen parçaların, belirli kısıtlar ve montajlanabilirlik kriterlerine göre bir araya getirmek ve nihai bir gaz türbinli motor elde etmektir. Ekibin devralması önerilen sistem entegrasyon mühendisliğinin istenmeyen fonksiyonu aşağıdaki şekildedir:
  - Montaj planı oluşturmak
- Bilgi işlem ekibi: Firmada faaliyet gösteren çalışanların yazılım/donanım taleplerini tedarik etmek, yazılım/donanım ihtiyaçlarını gidermek ve çalışma esnasında meydana gelen yazılım/donanım problemlerini çözmektir. Ekibin devralması önerilen sistem entegrasyon mühendisliğinin istenmeyen fonksiyonları aşağıdaki şekildedir:
  - Yazılım/donanım taleplerini oluşturmak
  - Yazılım/donanım taleplerini takip etmek
- İnsan kaynakları – eğitim ekibi: Firmada faaliyet gösteren tüm çalışanların mesleki ve kişisel gelişimine katkı sağlayacak eğitimler planlamak, organize etmek ve çalışanların eğitim planlamalarını yapmaktır. Ekibin devralması önerilen sistem entegrasyon mühendisliğinin istenmeyen fonksiyonu aşağıdaki şekildedir:
  - Eğitim organizasyonu yapmak

Bu önerilerin hayata geçirilmesi durumunda doğrulama ve geçерleme mühendisliği disiplininin istenmeyen fonksiyonlarının tamamının elimine edilmesi ve böylece doğrulama ve geçерleme mühendisliği disiplininin projenin tasarım fazı süresince sadece kendi disipliner faaliyetlerini gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Ek olarak, her disiplinin ortak istenmeyen fonksiyonları olan eğitim organizasyonu yapmak, yazılım/donanım talebi oluşturmak ve yazılım/donanım taleplerini takip etmek fonksiyonlarına getirilen öneri çözüm ile diğer disiplinlerin çalışma değerini de arttırıcı çözümler getirilmiş olmaktadır. Bu kapsamda, doğrulama ve geçерleme mühendisliği istenmeyen fonksiyonlarına getirilen öneri çözümler sonucunda tüm disiplinlerde meydana gelen yeni çalışma değerleri hesaplanmış ve Çizelge 4.8’de verilmiştir.

**Çizelge 4.8.** Doğrulama ve geçерleme disiplini öneri çözümleri ile elde edilen disiplinler bazlı çalışma değerleri

| <b>Disiplin</b>                       | <b>Değer</b> |
|---------------------------------------|--------------|
| Sistem Entegrasyon Mühendisliği       | 50,46%       |
| Doğrulama & Geçerleme Mühendisliği    | 100,00%      |
| Enstrümantasyon Mühendisliği          | 79,24%       |
| Performans Mühendisliği               | 100,00%      |
| Motor Bütünü Entegrasyon Mühendisliği | 82,31%       |
| Termal Mühendisliği                   | 88,38%       |
| Mekanik Tasarım Mühendisliği          | 66,56%       |
| Aero Mühendisliği                     | 100,00%      |
| Yapısal Mühendisliği                  | 83,62%       |
| SAS Mühendisliği                      | 100,00%      |

Öneri olarak sunulan bu çözümler ile doğrulama ve geçерleme mühendisliği, performans mühendisliği, aero mühendisliği ve SAS mühendisliği disiplinlerin çalışma değerlerinin %100 olması sağlanmıştır. Diğer disiplinlere bakıldığında zaman da sistem entegrasyon mühendisliği disiplininde %26,96'lık değer artışı, enstrümantasyon mühendisliği disiplininde %12,60'lık değer artışı, motor bütünü entegrasyon mühendisliği disiplininde %8,51'lik değer artışı, termal mühendisliği disiplininde %10,87'lik değer artışı, mekanik tasarım mühendisliği disiplininde %5,92'lik değer artışı ve yapısal mühendisliği disiplininde %15,43'lük bir değer artışı gözlemlenmiştir. Bu artış sonrasında elde edilen en düşük çalışma değerinden en yüksek çalışma değerine sahip olan disiplin sıralamaları Çizelge 4.9'da verilmiştir.

**Çizelge 4.9.** Doğrulama ve geçерleme disiplini öneri çözümleri sonrası çalışma değeri bazlı disiplin sıralaması

| <b>Disiplin</b>                       | <b>Değer</b> |
|---------------------------------------|--------------|
| Sistem Entegrasyon Mühendisliği       | 50,46%       |
| Mekanik Tasarım Mühendisliği          | 66,56%       |
| Enstrümantasyon Mühendisliği          | 79,24%       |
| Motor Bütünü Entegrasyon Mühendisliği | 82,31%       |
| Yapısal Mühendisliği                  | 83,62%       |
| Termal Mühendisliği                   | 88,38%       |
| Doğrulama & Geçerleme Mühendisliği    | 100,00%      |
| Performans Mühendisliği               | 100,00%      |
| Aero Mühendisliği                     | 100,00%      |
| SAS Mühendisliği                      | 100,00%      |

Elde edilen bilgiler ışığında sistem entegrasyon mühendisliği, mekanik tasarım mühendisliği ve enstrümantasyon mühendisliği disiplinlerinde %80'in altında çalışma değerini sürdürdüğü gözlemlenmiştir. Bu kapsamda ikinci bir çalışma değeri artırma çalışması, yapılan önerilere rağmen en düşük çalışma değerine sahip olan sistem entegrasyon mühendisliği disiplinine uygulanmıştır. Sistem entegrasyon mühendisliği disiplinin öneri sonrası istenmeyen fonksiyon iş yükü yüzde dağılımları Çizelge 4.10'da gösterilmiştir.

**Çizelge 4.10.** Sistem entegrasyon mühendisliği istenmeyen fonksiyon iş yükü yüzdesi

| <b>İstenmeyen Fonksiyon</b>                 | <b>Oran</b> |
|---|-------------|
| Ürün ağacı yönetimini yapmak                | 2,78%       |
| Portföy yönetimi yapmak                     | 5,56%       |
| Program yönetimi yapmak                     | 5,56%       |
| Bütçe planı yönetmek                        | 2,78%       |
| Tasarım proje tasarım kaynaklarını yönetmek | 0,83%       |
| Malzeme stoğunu yönetmek                    | 0,56%       |
| Motor parçası envanter listesini yönetmek   | 2,08%       |
| Çalışma zaman kaydı yönetimi yapmak         | 0,28%       |
| Satın alma talebi Kontrolünü yapmak         | 1,39%       |
| Satın alma talebi veri tabanı oluşturmak    | 2,78%       |
| Satın alma sürecini yönetmek                | 1,11%       |
| Satın alma sürecini denetlemek              | 2,22%       |

Sistem entegrasyon mühendisliği istenmeyen fonksiyonları incelendiği zaman ise projelerin tasarım faaliyetleri süresince bu disiplinin proje yönetim faaliyetlerini de yerine getirdiği tespit edilmiştir. En yüksek çalışma iş yüküne sahip olan ilk iki istenmeyen fonksiyon bu tespiti kanıtlar niteliktedir.

Sistem entegrasyon mühendisliğinin değeri artırma çalışmaları kapsamında ilk olarak istenmeyen fonksiyonların hangi alanlarda olduğu tespit edilmiş ve bilgiler Çizelge 4.11'de verilmiştir.

**Çizelge 4.11.** Sistem entegrasyon mühendisliği istenmeyen fonksiyon çalışma alanları

| <b>İstenmeyen Fonksiyon</b>  | <b>Oran</b> | <b>Çalışma Alanı</b>          |
|------------------------------|-------------|-------------------------------|
| Ürün ağacı yönetimini yapmak | 2,78%       | Konfigürasyon yönetimi süreci |
| Portföy yönetimi yapmak      | 5,56%       | Proje yönetim süreci          |

**Çizelge 4.11.** Sistem entegrasyon mühendisliği istenmeyen fonksiyon çalışma alanları (devam)

|   |       |                                 |
|---|-------|---------------------------------|
| Program yönetimi yapmak                   | 5,56% | Proje yönetim süreci            |
| Bütçe planı yönetmek                      | 2,78% | Proje yönetim süreci            |
| Tasarım projesi kaynaklarını yönetmek     | 0,83% | Proje yönetim süreci            |
| Malzeme stoğunu yönetmek                  | 0,56% | Malzeme planlama süreci         |
| Motor parçası envanter listesini yönetmek | 2,08% | Motor parçası ömür takip süreci |
| Çalışma zaman kaydı yönetimi yapmak       | 0,28% | Proje yönetim süreci            |
| Satın alma talebi kontrolünü yapmak       | 1,39% | Satın alma süreci               |
| Satın alma talebi veri tabanı oluşturmak  | 2,78% | Satın alma süreci               |
| Satın alma sürecini yönetmek              | 1,11% | Satın alma süreci               |
| Satın alma sürecini denetlemek            | 2,22% | Satın alma süreci               |

Bu kapsamda elde edilen bilgiler doğrultusunda sistem entegrasyon mühendisliğinin, istenmeyen fonksiyon iş yükünün %15,01'lik kısmını gerçekleştirmemesi gereken proje yönetim faaliyetlerine, %7,5'lik kısmını gerçekleştirmemesi gereken satın alma faaliyetlerine, %2,78'lik kısmını gerçekleştirmemesi gereken konfigürasyon yönetimi faaliyetlerine, %2,08'lik kısmı gerçekleştirmemesi gereken motor parçası ömür takip süreci faaliyetlerine ve %0,56'lık kısmı gerçekleştirmemesi gereken malzeme planlama süreci faaliyetlerine harcadığı söylenebilmektedir.

Sistem entegrasyon mühendisliğinin için de ilk olarak çalışmanın gerçekleştiği firmada faaliyet gösteren, ele alınan müdürlük ile proje kapsamında ara yüzü olan ve görev tanımlarına bakıldığında sistem entegrasyon mühendisliği disiplininin istenmeyen fonksiyonlarından en az birini gerçekleştiren ekipler tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda, tespit edilen ekipler ve bu ekiplerde gerçekleştirilmesi önerilen sistem entegrasyon mühendisliği istenmeyen fonksiyonları aşağıdaki gibidir:

- Programlar ekibi: Programlar ekibinin gerçekleştirdiği görev ve sorumluluklar doğrulama ve geçiş mühendisliği için yapılan değer mühendisliği çalışmasının anlatıldığı bölümde belirtilmişti. Ekibin devralması önerilen sistem entegrasyon mühendisliğinin istenmeyen fonksiyonları aşağıdaki şekildedir:
  - Portföy yönetimi yapmak
  - Program yönetimi yapmak
  - Bütçe planı yönetmek
  - Tasarım proje tasarım kaynaklarını yönetmek



- Çalışma zaman kaydı yönetimi yapmak
- Konfigürasyon ekibi: Geliştirilen gaz türbinli motorların modül bazlı üretim ürün ağacını çıkarmak, ürün ağacı içerisindeki parçaların parça kodu ve parça isimlendirmesini gerçekleştirmek ve atamalarını yapmak, ürün ağacı içerisindeki değişiklikleri değişiklik yönetim sürecine uygun olarak yürütmek ve yönetmek ve ürün ağacının güncelliğini sağlamaktır. Ekibin devralması önerilen sistem entegrasyon mühendisliğinin istenmeyen fonksiyonu aşağıdaki şekildedir:
  - Ürün ağacı yönetimini yapmak
- Malzeme planlama ekibi: Malzeme planlama ekibinin gerçekleştirdiği görev ve sorumluluklar doğrulama ve geçirme mühendisliği için yapılan değer mühendisliği çalışmasının anlatıldığı bölümde belirtilmişti. Ekibin devralması önerilen sistem entegrasyon mühendisliğinin istenmeyen fonksiyonları aşağıdaki şekildedir:
  - Malzeme stoğunu yönetmek

Sistem entegrasyon mühendisliği tarafından gerçekleştirilen satın alma süreci ve motor parçası ömür takibi süreci istenmeyen fonksiyonları ise firma içerisinde faaliyet gösteren ve müdürlük ile proje ara yüzü olan herhangi bir ekip tarafından gerçekleştirilememektedir. Ancak bu fonksiyonlar INCOSE vb. sistem mühendisliği kılavuzları çerçevesinde sistem entegrasyon mühendisliği görev ve sorumlulukları arasında yer almaması gerektiği de bilinmektedir. Bu nedenle, disiplinde faaliyet gösteren çalışanların hem motivasyonları hem de bu istenmeyen fonksiyonların çalışma iş yükü yüzdeleri dikkate alındığı zaman bu fonksiyonların da başka bir ekip tarafından üstlenilmesi gerektiği tespit edilmiştir. Ek olarak satın alma sürecinde yer alan istenmeyen fonksiyonlar, çalışma değeri düşük diğer 4 disiplin için de istenmeyen fonksiyon olarak belirtilmiştir. Tüm bu durumlar göz önünde bulundurulduğunda, bu çalışmaları gerçekleştirecek ve müdürlük bünyesinde faaliyet gösterecek yeni bir ekip kurulması ve bu ekibin görev ve sorumlulukları dikkate alındığı zaman bu ekibin yine sistem ve entegrasyon liderliğine bağlı çalışması önerilmektedir.

Bu önerilerin hayata geçirilmesi durumunda sistem entegrasyon mühendisliği disiplininin yanı sıra enstrümantasyon mühendisliği, motor bütünü entegrasyon mühendisliği ve

yapısal mühendisliği disiplinlerinin de istenmeyen fonksiyonlarının tamamının elimine edilmesi ve böylece ilgili disiplinlerin projenin tasarım fazı süresince sadece kendi disiplinler faaliyetlerini gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Bu çalışma sonucunda, sistem entegrasyon mühendisliği istenmeyen fonksiyonlarına getirilen öneri çözümler sonucunda tüm disiplinlerde meydana gelen yeni çalışma değerleri hesaplanmış ve Çizelge 4.12’de verilmiştir. Verilen bu tabloda, doğrulama ve geçirme mühendisliği disiplinine getirilen öneri çözümler sonrası %100 çalışma değerine ulaşan disiplinler eklenmemiştir.

**Çizelge 4.12.** Sistem entegrasyon mühendisliği disiplini öneri çözümleri ile elde edilen disiplinler bazlı çalışma değerleri

| Disiplin                              | Değer   |
|---------------------------------------|---------|
| Sistem Entegrasyon Mühendisliği       | 100,00% |
| Enstrümantasyon Mühendisliği          | 100,00% |
| Motor Bütünü Entegrasyon Mühendisliği | 100,00% |
| Termal Mühendisliği                   | 88,38%  |
| Mekanik Tasarım Mühendisliği          | 82,29%  |
| Yapısal Mühendisliği                  | 100,00% |

Öneri olarak sunulan bu çözümler ile sistem entegrasyon mühendisliği, enstrümantasyon mühendisliği, motor bütünü entegrasyon mühendisliği ve yapısal mühendisliği disiplinlerinin çalışma değerlerinin %100 olması sağlanmıştır. Diğer disiplinlere bakıldığı zaman da termal mühendisliği disiplininde herhangi bir değer artışı sağlanamazken mekanik tasarım mühendisliği disiplininde %15,73’lük bir değer artışı gözlemlenmiştir. Bu çalışma ile birlikte ele alınan disiplinlerin %80’inde %100 çalışma değeri elde edilmiştir. %100 çalışma değeri elde edilmeyen diğer disiplinlerin çalışma değeri ve istenmeyen fonksiyon iş yükü oranları Çizelge 4.13’te verilmiştir.

**Çizelge 4.13.** Sistem entegrasyon disiplini öneri çözümleri sonrası disiplinler ve iş yükü oranları

| Disiplin                     | Değer  | İstenmeyen Fonksiyon              | İş Yükü Oranı |
|------------------------------|--------|-----------------------------------|---------------|
| Termal Mühendisliği          | 88,38% | 2B yerleşim oluşturmak            | 7,41%         |
| Mekanik Tasarım Mühendisliği | 82,29% | Parça imalat sürecini takip etmek | 8,33%         |
|                              |        | Motor montaj sürecini takip etmek | 3,70%         |

Bu iki disiplin her ne kadar minimum %80 çalışma değeri hedefini sağlamış olsa da, daha yüksek bir çalışma değeri elde edilip edilmeyeceğini tespit edebilmek için bu disiplinlere de çalışma değeri artırma çalışması gerçekleştirilmiştir . Bu çalışma kapsamında ilk olarak, verilen istenmeyen fonksiyonların çalışma alanları tespit edilmiştir. Termal mühendisliği disiplinin tarafından gerçekleştirilen 2B yerleşim oluşturma fonksiyonunun çalışmanın gerçekleştirildiği müdürlükte görev alan ancak farklı liderliklerde farklı alanlarda çalıştığı için çalışma kapsamına dâhil edilmemesi kararlaştırılan teknik ressamın çalışma alanına girdiği tespit edilmiştir. Mekanik tasarım mühendisliği tarafından gerçekleştirilen parça imalat sürecini takip etme ve motor montaj sürecini takip etme fonksiyonlarının ise, imalat ve montaj sırasında meydana gelen aksaklıklar ve problemleri gözlemleme, gerekli durumlarda bu sorunlara getirilen önleyici aksiyonları parça tasarımlarına, düzeltici aksiyonları de montaj şemalarına yansıtılabilmeleri için mekanik tasarım mühendisliği disiplininde kalması gerektiği tespit edilmiştir. Bu tespitler sonucunda, termal mühendisliği disiplini tarafından gerçekleştirilen 2 boyutlu yerleşim oluşturma görevini teknik ressamın üstlenmesi gerektiği, mekanik tasarım mühendisliği tarafından gerçekleştirilen parça imalat süreci ve motor montaj süreci takip fonksiyonlarının, belirli bir sistem geliştirilene kadar, yine mekanik tasarım mühendisliği disiplini tarafından takip edilmesi önerilmiştir. Bu öneriler sonucunda termal mühendisliği disiplininde de tüm istenmeyen fonksiyonların eliminasyonu sağlanmıştır.

Gerçekleştirilen son çalışma sonrasında ele alınan bu iki disiplin için de çalışma değeri tekrar hesaplanmış ve son durumda disiplinler nezdinde elde edilen çalışma değerleri Çizelge 4.14’da verilmiştir.

**Çizelge 4.14.** Çalışma değeri artırma çalışması sonrasında disiplin bazlı çalışma değerleri

| Disiplin                              | Değer   |
|---------------------------------------|---------|
| Sistem Entegrasyon Mühendisliği       | 100,00% |
| Doğrulama & Geçerleme Mühendisliği    | 100,00% |
| Enstrümantasyon Mühendisliği          | 100,00% |
| Performans Mühendisliği               | 100,00% |
| Motor Bütünü Entegrasyon Mühendisliği | 100,00% |
| Termal Mühendisliği                   | 100,00% |
| Mekanik Tasarım Mühendisliği          | 82,29%  |

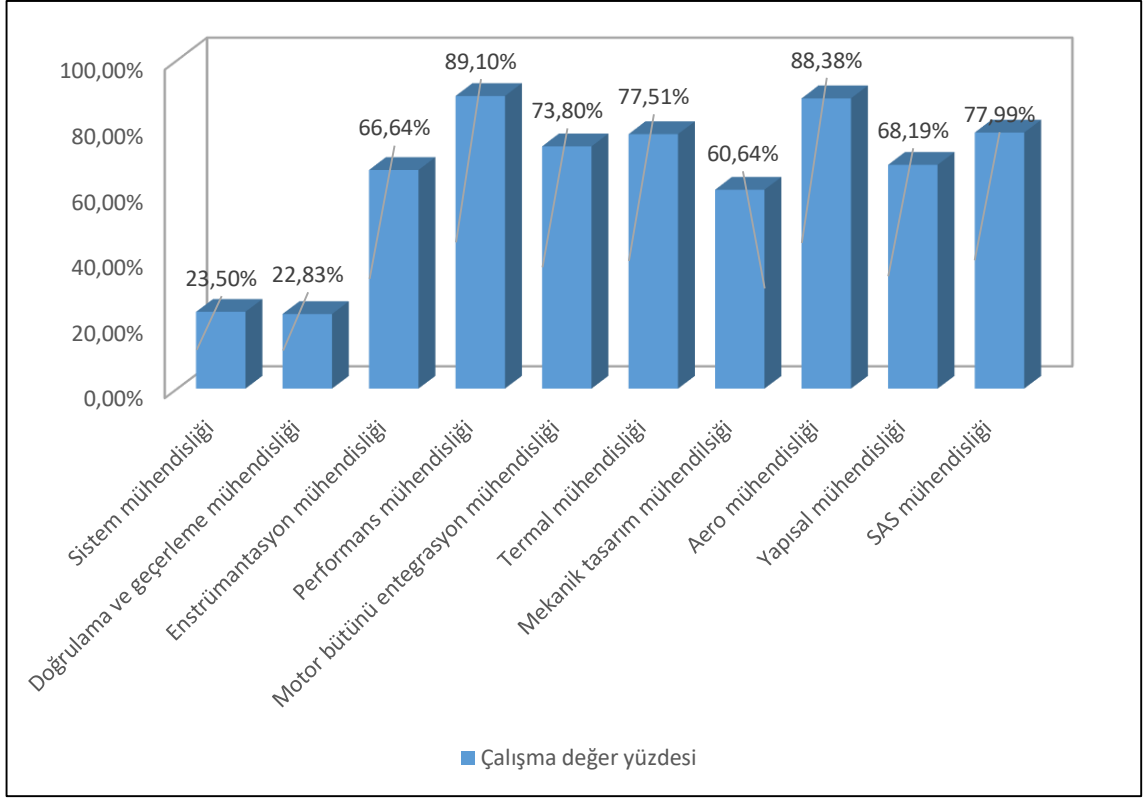
**Çizelge 4.14.** Çalışma değeri arttırma çalışması sonrasında disiplin bazlı çalışma değerleri (devam)

|                      |         |
|----------------------|---------|
| Aero Mühendisliği    | 100,00% |
| Yapısal Mühendisliği | 100,00% |
| SAS Mühendisliği     | 100,00% |

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Gerçekleştirilen çalışma kapsamında sistem mühendisliğinin yaklaşımlarından biri olan değer mühendisliği yaklaşımı, gaz türbinli motor projeleri yürüten bir firmanın tasarım müdürlüğünde gerçekleştirilmiştir. Literatürde gerçekleştirilen çalışmaların çoğu yurt dışı kaynaklı olup genellikle bir ürünün, projenin ya da sürecin değerini arttırmak için faaliyetlerin birim maliyetini azaltarak toplam maliyeti azaltma yöntemine başvurulmuştur. Ancak bu çalışmada, bir projenin tasarım süreci ele alınmış olup, süreçte faaliyet gösteren çalışanların motivasyonu ve gerçekleştirdikleri mesai saatleri göz önünde bulundurularak istenmeyen fonksiyon sayılarına ve bu fonksiyonların çalışanlar üzerindeki iş yüküne, yani çalışma eforuna, odaklanılmıştır. Bu sayede bu çalışmanın, Türkiye’de gerçekleştirilen ve bir projesinin tasarım sürecinde faaliyet gösteren insan kaynaklarına odaklanan nadir çalışmalardan biri olduğu söylenebilmektedir.

Bu çalışmada ilk olarak, çalışmanın gerçekleştirildiği müdürlükteki liderlikler ve bu liderlikler içinde bulunan disiplinler belirlenmiştir. Sonrasında disiplinlerin, projelerin tasarım fazında gerçekleştirdikleri fonksiyonları belirlenmiş ve FAST diyagramları çıkarılmıştır. Literatürde verilen fonksiyonun maliyete oranı olarak tanımlanan değer formülü, çalışmanın gerçekleştirildiği müdürlüğün durumu ve çalışmanın yapılma amacı göz önünde bulundurularak temel ve gerekli fonksiyonların yüzdesi ile temel ve gerekli fonksiyonların iş yükü oranının çarpımı olarak tanımlanmıştır. Elde edilen bu formülle her bir disiplinin mevcut çalışma değerleri hesaplanmıştır. Bu kapsamda müdürlük bazında hazırlanan disiplin bazlı çalışma yüzdesel grafiği Şekil 5.1’de verilmiştir.



**Şekil 5.1.** Disiplin bazlı çalışma yüzdesel grafiği

Belirlenen çalışma değerleri doğrultusunda, en az çalışma değerine sahip olan disiplin ilk olarak ele alınmak üzere çalışma değeri artırma süreci ile çalışmaya devam edilmiştir. Değer artırma çalışması, her bir disiplin ele alınıncaya kadar devam ettirilmiş ve çalışma sonucunda elde edilen disiplin bazlı çalışma değeri yüzdeleri ve disiplinlerde gerçekleştirilen iyileşme yüzdeleri Çizelge 5.1’de verilmiştir.

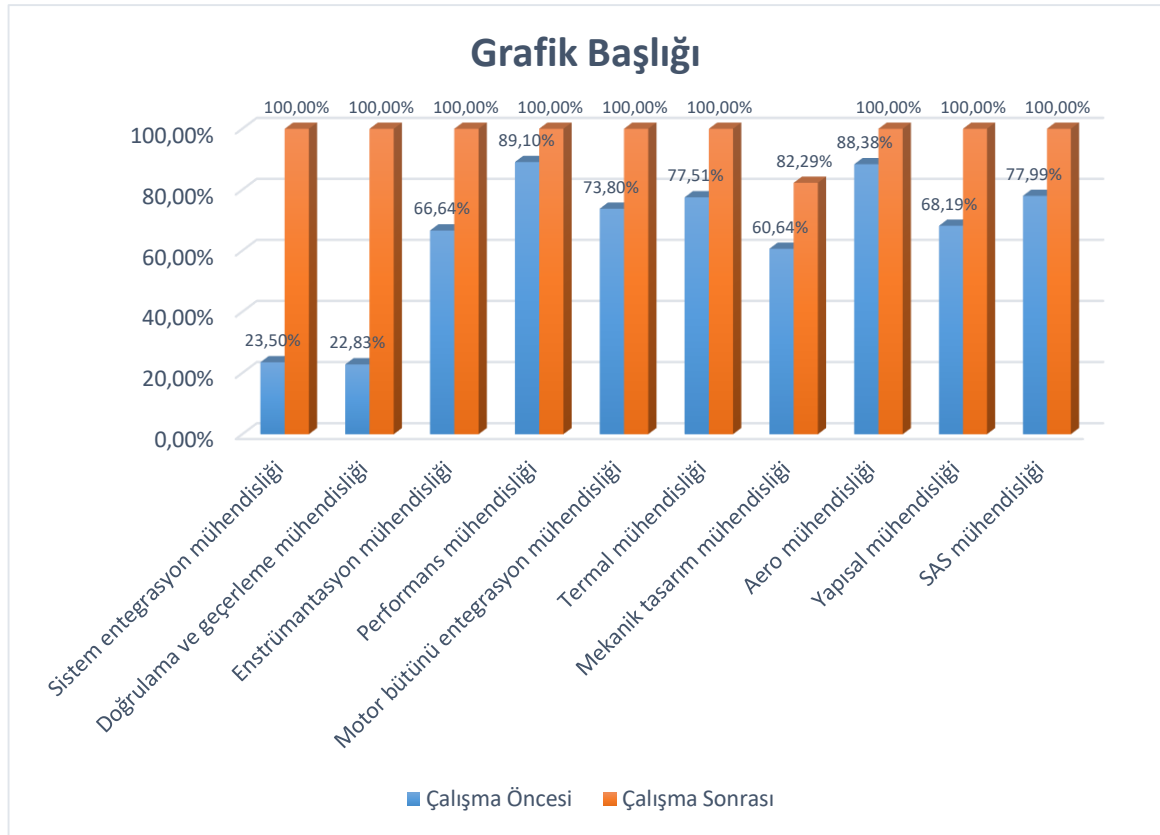
**Çizelge 5.1.** Disiplin bazlı çalışma öncesi ve sonrası durumlar ve elde edilen çalışma değeri yüzde artışları

| Disiplin                              | Çalışma Değeri İlk Durum | Çalışma Değeri Son Durum | Çalışma Sonucu Yüzde Fark |
|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Sistem Entegrasyon Mühendisliği       | 23,50%                   | 100,00%                  | 76,50%                    |
| Doğrulama & Geçerleme Mühendisliği    | 22,83%                   | 100,00%                  | 77,17%                    |
| Enstrümantasyon Mühendisliği          | 66,64%                   | 100,00%                  | 33,36%                    |
| Performans Mühendisliği               | 89,10%                   | 100,00%                  | 10,90%                    |
| Motor Bütünü Entegrasyon Mühendisliği | 73,80%                   | 100,00%                  | 26,20%                    |
| Termal Mühendisliği                   | 77,51%                   | 100,00%                  | 22,49%                    |
| Mekanik Tasarım Mühendisliği          | 60,64%                   | 82,29%                   | 21,65%                    |
| Aero Mühendisliği                     | 88,38%                   | 100,00%                  | 11,62%                    |

**Çizelge 5.1.** Disiplin bazlı çalışma öncesi ve sonrası durumlar ve elde edilen çalışma değeri yüzde artışları (devam)

|                      |         |        |        |
|----------------------|---------|--------|--------|
| Yapısal Mühendisliği | 100,00% | 68,19% | 31,81% |
| SAS Mühendisliği     | 100,00% | 77,99% | 22,01% |

Elde edilen bu bilgiler doğrultusunda çalışma öncesi ve çalışma sonrası disiplin bazlı çalışma yüzdeleri Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



**Şekil 5.2.** Çalışma öncesi ve çalışma sonrası disiplin bazlı çalışma yüzdeleri

Çalışma değeri artırma çalışması sonucunda, disiplinlerin belirtmiş oldukları ve şirket içerisindeki farklı ekipler tarafından gerçekleştirilmesi gereken görev ve sorumluluklar belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, disiplinlerin belirtmiş oldukları istenmeyen fonksiyonlar ve bu fonksiyonlara getirilen yeni ekip önerileri Çizelge 5.2’de belirtilmiştir.

**Çizelge 5.2. İstenmeyen fonksiyonlar ve bu fonksiyonlara getirilen yeni ekip önerileri**

| <b>Disiplin</b>   | <b>İstenmeyen Fonksiyon</b>                | <b>Ekip Önerisi</b>       |
|---|--|---------------------------|
| Sistem entegrasyon disiplini  | Ürün ağacı yönetimini yapmak               | Konfigürasyon ekibi       |
| Sistem entegrasyon disiplini  | Portföy yönetimi yapmak                    | Programlar ekibi          |
| Sistem entegrasyon disiplini  | Program yönetimi yapmak                    | Programlar ekibi          |
| Sistem entegrasyon disiplini  | Bütçe planı yönetmek                       | Programlar ekibi          |
| Sistem entegrasyon disiplini  | Tasarım proje kaynaklarını yönetmek        | Programlar ekibi          |
| Sistem entegrasyon disiplini  | Malzeme stoğunu yönetmek                   | Malzeme planlama ekibi    |
| Sistem entegrasyon disiplini  | Motor parçası envanter listesini yönetmek  | Yeni kurulacak ekip       |
| Sistem entegrasyon disiplini  | Çalışma zaman kaydı yönetimi yapmak        | Programlar ekibi          |
| Sistem entegrasyon disiplini  | Satın alma talebi kontrolü yapmak          | Yeni kurulacak ekip       |
| Sistem entegrasyon disiplini  | Satın alma talebi veri tabanı oluşturmak   | Yeni kurulacak ekip       |
| Sistem entegrasyon disiplini  | Satın alma sürecini yönetmek               | Yeni kurulacak ekip       |
| Sistem entegrasyon disiplini  | Satın alma sürecini denetlemek             | Yeni kurulacak ekip       |
| Doğrulama ve geçерleme disiplini  | Alt sistem gereksinimleri belirlemek       | Sistem entegrasyon ekibi  |
| Doğrulama ve geçерleme disiplini  | Modül bazlı tasarım proje planı oluşturmak | Sistem entegrasyon ekibi  |
| Doğrulama ve geçерleme disiplini  | Malzeme planı yönetmek                     | Malzeme planlama ekibi    |
| Doğrulama ve geçерleme disiplini  | Parça imalat sürecini takip etmek          | Programlar ekibi          |
| Doğrulama ve geçерleme disiplini  | Fracas oluşturmak                          | Test ekibi                |
| Termal disiplini  | 2B yerleşim oluşturmak                     | Teknik ressam ekibi       |
| Mekanik tasarım disiplini   | Parça imalat sürecini takip etmek          | Mekanik tasarım disiplini |
| Mekanik tasarım disiplini   | Motor montaj sürecini takip etmek          | Mekanik tasarım disiplini |
| Sistem entegrasyon disiplini<br>Doğrulama ve geçерleme disiplini  | Şirket içi idari entegrasyon sağlamak      | Programlar ekibi          |
| Sistem entegrasyon disiplini<br>Doğrulama ve geçерleme disiplini  | Montaj planı oluşturmak                    | Montaj ekibi              |
| Sistem entegrasyon disiplini<br>Doğrulama ve geçерleme disiplini  | Malzeme planlamak                          | Malzeme planlama ekibi    |
| Sistem entegrasyon disiplini<br>Doğrulama ve geçерleme disiplini  | Döküm parça imalat planlaması yapmak       | Programlar ekibi          |
| Sistem entegrasyon disiplini<br>Doğrulama ve geçерleme disiplini  | Parça imalat sürecini denetlemek           | Programlar ekibi          |
| Sistem entegrasyon disiplini<br>Doğrulama ve geçерleme disiplini  | Motor montaj sürecini denetlemek           | Programlar ekibi          |
| Sistem entegrasyon disiplini<br>Doğrulama ve geçерleme disiplini  | Motor test sürecini denetlemek             | Programlar ekibi          |
| Enstrümantasyon disiplini<br>Motor bütünü entegrasyon disiplini<br>Mekanik tasarım disiplini<br>Yapısal disiplini | Satın alma talebi oluşturmak               | Yeni kurulacak ekip       |
| Enstrümantasyon disiplini<br>Motor bütünü entegrasyon disiplini<br>Mekanik tasarım disiplini<br>Yapısal disiplini | Satın alma süreci takip etmek              | Yeni kurulacak ekip       |



**Çizelge 5.2.** İstenmeyen fonksiyonlar ve bu fonksiyonlara getirilen yeni ekip önerileri (devam)

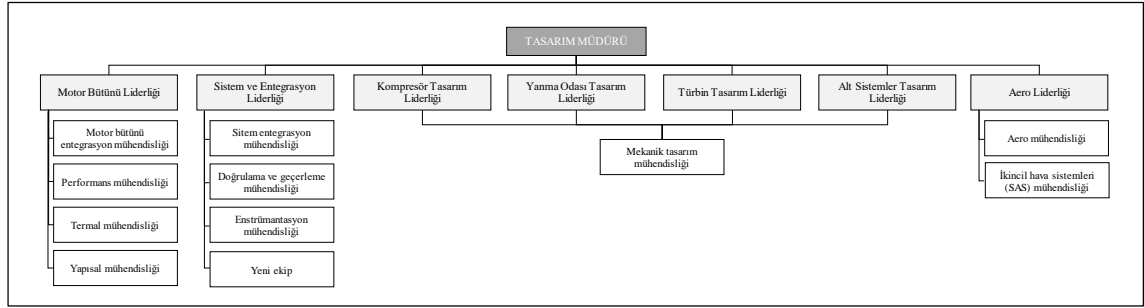
|  |   |                        |
|--|---|------------------------|
| Sistem entegrasyon disiplini<br>Doğrulama ve geçерleme disiplini<br>Enstrümantasyon disiplini<br>Performans disiplini<br>Motor bütünü entegrasyon disiplini<br>Termal disiplini<br>Mekanik tasarım disiplini<br>Aero disiplini<br>Yapısal disiplini<br>SAS disiplini | Eğitim organizasyonu yapmak             | İnsan kaynakları ekibi |
| Sistem entegrasyon disiplini<br>Doğrulama ve geçерleme disiplini<br>Enstrümantasyon disiplini<br>Performans disiplini<br>Motor bütünü entegrasyon disiplini<br>Termal disiplini<br>Mekanik tasarım disiplini<br>Aero disiplini<br>Yapısal disiplini<br>SAS disiplini | Yazılım/donanım taleplerini oluşturmak  | Bilgi işlem ekibi      |
| Sistem entegrasyon<br>Doğrulama ve geçерleme<br>Enstrümantasyon<br>Performans<br>Motor bütünü ent.<br>Termal<br>Mekanik tasarım<br>Aero<br>Yapısal<br>SAS  | Yazılım/donanım taleplerini takip etmek | Bilgi işlem ekibi      |

Çalışma kapsamında ek olarak, Çizelge 5.2’de belirtilen önerilerin hayata geçirilmesi safhasında uygulanabilecek bir plan faaliyetleri önerilmektedir. Önerilen bu plan faaliyetleri aşağıda sıralanmıştır:

- Çalışmanın gerçekleştirildiği ekip ile fonksiyonlar için önerilen ekiplerin bir araya getirildiği ve çalışmanın ve önerilerin açıklanıp sunulduğu bir çalıştay organize edilmesi

- Çalışmanın gerçekleştiği müdürlük içerisinde yapılması önerilen önerilerin gerçekleştirilmesi ve görev atamalarının yapılması
- Her disiplinde saptanan istenmeyen fonksiyonlara getirilen önerilerin gerçekleştirilmesi
- Çalışma değeri en düşük olan disiplinler için çalışmanın gerçekleştirildiği müdürlük dışında belirlenen ekipler ile çalışmalar gerçekleştirilerek fonksiyon atamalarının hayata geçirilmesi ve görev atamalarının yapılması

Sonuç olarak, yapılan çalışmada getirilen öneriler doğrultusunda yeni tasarım müdürlüğü disiplin bazlı organizasyon şeması Şekil 5.3’de verilmiştir.



**Şekil 5.3.** Çalışma sonrası liderlik ve disiplin bazlı organizasyon şeması



## KAYNAKLAR

- Anonim. 2013.** A Guided to the Project Management Body of Knowledge. Project Management Institute, Pennsylvania, USA, 589 pp.
- Anonim. 2017.** A Guided to the Project Management Body of Knowledge. Project Management Institute, Pennsylvania, USA, 756 pp.
- Bolton, J.D., Harrington, R.A., Kirk, S.J., Lenzer, B.L., Rains, J.A., Stewart, R.B. 2016.** Function Analysis Guide: A Supplement to the SAVE Body of Knowledge. SAVE International, Michigan, USD, 148 pp.
- Graaf, R., Linde, G., Jong, H., Vogt, B. 2019.** Value Engineering as a Specialty for Systems Engineering: Exploring Opportunities. *Insight*, 22(1): 41-44.
- Gräßler, I., Hentze, J.F. 2018.** Application Potentials of Systems Engineering for Small and middle-sized Enterprises. *Procedia CIRP*, 67(2018): 510-515.
- Gräßler, I., Oleff, C., Hentze, J.F. 2019.** Role Model for System Engineering Application. International Conference on Engineering Design, ICED19, 5-8 August 2019, Delft, Hollanda.
- Manea, D. 2017.** Value Analysis or Value Engineering – Establishing The Nomenclator and The Importance Level of The Functions. *Review of General Management*, 26(2): 97-105.
- Manea, D. 2019.** Value Analysis or Value Engineering – Determination of The Economic Dimension and The Systematic Function Analysis. *Review of General Management*, 29(1): 61-69.
- Mugde, A.E. 2004.** Value Engineering: A Systematic Approach. J. Pohl Associates, Pennsylvania, USD, 286 pp.
- Pinto, J.K. 2016.** Project Management: Achieving Competitive Advantage. Pennsylvania State University, Pennsylvania, USD, 562 pp.
- Sheard, S.A. 1996.** Twelve Systems Engineering Roles. Sixth Annual International Symposium, 7–11 July 1996, Boston, Massachusetts, USA.
- Suvacı, E., Lezki, Ş., Uysal, O., Önce, S., Er, F., Şıklar, E. 2013.** Proje Yönetimi. Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye, 200 pp.
- Teller, J., Kock, A., Gemünden, H.G. 2014.** Risk Management in Project Portfolios Is More Than Managing Project Risk: A Contingency Perspective on Risk Management. *Project Management Journal*, 45(4): 67-80.

**Walden, D.D., Roedler, G.J., Forsberg, K.J., Hamelin, R.D., Shortell, T.M. 2015.**  
System Engineering Handbook: A Guide for Life Cycle Processes and Activities. Wiley,  
San Diego, CA, USA, 290 pp.

## **EKLER**

- EK 1** Sistem entegrasyon mühendisliği fonksiyon tanımlama formu
- EK 2** Doğrulama ve geçерleme mühendisliği fonksiyon tanımlama formu
- EK 3** Enstrümantasyon mühendisliği fonksiyon tanımlama formu
- EK 4** Performans mühendisliği fonksiyon tanımlama formu
- EK 5** Motor bütünü entegrasyon mühendisliği fonksiyon tanımlama formu
- EK 6** Termal mühendisliği fonksiyon tanımlama formu
- EK 7** Mekanik tasarım mühendisliği fonksiyon tanımlama formu
- EK 8** Aero mühendisliği fonksiyon tanımlama formu
- EK 9** Yapısal mühendisliği fonksiyon tanımlama formu
- EK 10** SAS mühendisliği fonksiyon tanımlama formu
- EK 11** Sistem entegrasyon mühendisliği FAST diyagramı
- EK 12** Doğrulama ve geçерleme mühendisliği FAST diyagramı
- EK 13** Enstrümantasyon mühendisliği FAST diyagramı
- EK 14** Performans mühendisliği FAST diyagramı
- EK 15** Motor bütünü entegrasyon mühendisliği FAST diyagramı
- EK 16** Termal mühendisliği FAST diyagramı
- EK 17** Mekanik tasarım mühendisliği FAST diyagramı
- EK 18** Aero mühendisliği FAST diyagramı
- EK 19** Yapısal mühendisliği FAST diyagramı
- EK 20** SAS mühendisliği FAST diyagramı
- EK 21** Sistem entegrasyon mühendisliği istenmeyen fonksiyon iş yükü yüzdeleri
- EK 22** Doğrulama ve geçерleme mühendisliği istenmeyen fonksiyon iş yükü yüzdeleri
- EK 23** Enstrümantasyon mühendisliği istenmeyen fonksiyon iş yükü yüzdeleri
- EK 24** Performans mühendisliği istenmeyen fonksiyon iş yükü yüzdeleri
- EK 25** Motor bütünü entegrasyon mühendisliği istenmeyen fonksiyon iş yükü yüzdeleri
- EK 26** Termal mühendisliği istenmeyen fonksiyon iş yükü yüzdeleri
- EK 27** Mekanik tasarım mühendisliği istenmeyen fonksiyon iş yükü yüzdeleri
- EK 28** Aero mühendisliği istenmeyen fonksiyon iş yükü yüzdeleri

- EK 29** Yapısal mühendisliği istenmeyen fonksiyon iş yükü yüzdeleri  
**EK 30** SAS mühendisliği istenmeyen fonksiyon iş yükü yüzdeleri

**EK 1** Sistem entegrasyon mühendisliği fonksiyon tanımlama formu

| <b>Disiplinin Olduğu Liderlik: Sistem &amp; Entegrasyon Liderliği</b> |                                  |             |                              |                       |
|---|----------------------------------|-------------|------------------------------|-----------------------|
| #   | <b>FONKSİYON</b>                 |             | <b>Kaynak</b>                | <b>Fonksiyon Tipi</b> |
|   | <b>İsim / İsim grubu</b>         | <b>Fiil</b> |                              |                       |
| 1   | Fizibilite çalışması             | Yapmak      | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 2   | Müşteri isterlerini              | Tanımlamak  | Sistem Entegrasyon Mühendisi | Temel fonksiyon       |
| 3   | Sistem gereksinimleri            | Belirlemek  | Sistem Entegrasyon Mühendisi | Temel fonksiyon       |
| 4   | Altsistem gereksinimlerini       | Belirlemek  | Sistem Entegrasyon Mühendisi | Temel fonksiyon       |
| 5   | Parça-bileşen seviyesi isterleri | Belirlemek  | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 6   | Sistem gereksinimleri            | Yönetmek    | Sistem Entegrasyon Mühendisi | Temel fonksiyon       |
| 7   | Altsistem gereksinimleri         | Yönetmek    | Sistem Entegrasyon Mühendisi | Temel fonksiyon       |
| 8   | Operasyonel konsept tanımını     | Yapmak      | Sistem Entegrasyon Mühendisi | Temel fonksiyon       |
| 9   | Ürün ağacı (e-BOM)               | Oluşturmak  | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 10  | Ürün ağacı yönetimini            | Yapmak      | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon  |
| 11  | m-BOM                            | Oluşturmak  | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 12  | Portföy yönetimi                 | Yapmak      | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon  |
| 13  | Program yönetimi                 | Yapmak      | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon  |
| 14  | Projeyi teknik                   | Yönetmek    | Sistem Entegrasyon Mühendisi | Temel fonksiyon       |
| 15  | Tasarım proje planını            | Oluşturmak  | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 16  | Montaj planı                     | Oluşturmak  | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon  |
| 17  | Tasarım bütçesini                | Oluşturmak  | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 18  | Bütçe planı                      | Yönetmek    | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon  |
| 19  | Proje tasarım kaynaklarını       | Planlamak   | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 20  | Tasarım projesi kaynaklarını     | Yönetmek    | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon  |
| 21  | Malzeme                          | Planlamak   | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon  |
| 22  | Malzeme stoğunu                  | Yönetmek    | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon  |
| 23  | Entegrasyonu                     | Sağlamak    | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 24  | Disiplinler arası entegrasyon    | Sağlamak    | Sistem Entegrasyon Mühendisi | Temel fonksiyon       |



**EK 1** Sistem entegrasyon mühendisliği fonksiyon tanımlama formu (devam)

|                                   |                                  |                                     |                              |  |
|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|--|
| 25                                | Şirket içi teknik entegrasyon    | Sağlamak                            | Sistem Entegrasyon Mühendisi | Temel fonksiyon                        |
| 26                                | Şirket içi idari entegrasyon     | Sağlamak                            | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                   |
| 27                                | Uygulamayı                       | Takip etmek                         | Sistem Entegrasyon Mühendisi | Temel fonksiyon                        |
| 28                                | İmalat periyodunu                | Planlamak                           | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon                      |
| 29                                | Döküm parça imalat planlaması    | Yapmak                              | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                   |
| 30                                | Parça imalat sürecini            | Takip etmek                         | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon                      |
| 31                                | Parça imalat sürecini            | Denetlemek                          | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                   |
| 32                                | Doğrulama ve geçerleme sürecini  | Takip etmek                         | Sistem Entegrasyon Mühendisi | Temel fonksiyon                        |
| 33                                | Motor montaj sürecini            | Takip etmek                         | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon                      |
| 34                                | Motor montaj sürecini            | Denetlemek                          | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                   |
| 35                                | Motor parçası envanter listesini | Yönetmek                            | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                   |
| 36                                | Motor test sürecini              | Takip etmek                         | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon                      |
| 37                                | Motor test sürecini              | Denetlemek                          | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                   |
| 38                                | Ara yüz yönetimi                 | Yapmak                              | Sistem Entegrasyon Mühendisi | Temel fonksiyon                        |
| 39                                | Çalışma zaman kaydı yönetimi     | Yapmak                              | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                   |
| 40                                | Çalışma zaman kaydı              | Takibi yapmak                       | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon                      |
| 41                                | Çalışma zamanı                   | Girişi yapmak                       | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon                      |
| 42                                | Satın alma talebi                | Kontrolünü yapmak                   | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                   |
| 43                                | Satın alma talebi veri tabanı    | Oluşturmak                          | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                   |
| 44                                | Satın alma sürecini              | Yönetmek                            | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                   |
| 45                                | Satın alma sürecini              | Denetlemek                          | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                   |
| 46                                | Satın alma sürecini              | Takip etmek                         | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon                      |
| 47                                | Eğitim organizasyonu             | Yapmak                              | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                   |
| 48                                | Danışman organizasyonu           | Yapmak                              | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon                      |
| 49                                | Yazılım/donanım taleplerini      | Oluşturmak                          | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                   |
| 50                                | Yazılım/donanım taleplerini      | Takip etmek                         | Sistem Entegrasyon Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                   |
| <b>Temel Fonksiyon Sayısı: 12</b> |                                  | <b>İkincil Fonksiyon Sayısı: 16</b> |                              | <b>İstenmeyen Fonksiyon Sayısı: 22</b> |

**EK 2 Doğrulama ve geçерleme mühendisliği fonksiyon tanımlama formu**

| <b>Disiplinin Olduğu Liderlik: Sistem &amp; Entegrasyon Liderliği</b> |                                      |                 |                                 |                       |
|---|--------------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------------|
| #   | <b>FONKSİYON</b>                     |                 | <b>Kaynak</b>                   | <b>Fonksiyon Tipi</b> |
|   | <b>İsim / İsim grubu</b>             | <b>Fil</b>      |                                 |                       |
| 1   | Alt sistem gereksinimleri            | Belirlemek      | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon  |
| 2   | Geçerleme planı                      | Oluşturmak      | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | Temel fonksiyon       |
| 3   | Geçerleme metodunun                  | Belirlemek      | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 4   | Geçerleme başarı kriterlerini        | Belirlemek      | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 5   | Doğrulama planı                      | Oluşturmak      | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | Temel fonksiyon       |
| 6   | Doğrulama metodunun                  | Belirlemek      | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 7   | Doğrulama başarı kriterlerini        | Belirlemek      | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 8   | Geçerleme verisini                   | Yönetmek        | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 9   | Modül bazlı tasarım proje planı      | Oluşturmak      | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon  |
| 10  | Montaj planı                         | Oluşturmak      | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon  |
| 11  | Test planı                           | Oluşturmak      | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 12  | Malzeme                              | Planlamak       | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon  |
| 13  | Malzeme planı                        | Yönetmek        | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon  |
| 14  | Disiplinler arası entegrasyon        | Sağlamak        | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 15  | Şirket içi teknik entegrasyon        | Sağlamak        | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 16  | Şirket içi idari entegrasyon         | Sağlamak        | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon  |
| 17  | Montaj listesini                     | Hazırlamak      | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 18  | Doğrulama faaliyetleri istek formunu | Gözden geçirmek | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 19  | Geçerleme faaliyetleri istek formunu | Gözden geçirmek | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 20  | Döküm parça imalat planlaması        | Yapmak          | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon  |
| 21  | Parça imalat sürecini                | Takip etmek     | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon  |
| 22  | Parça imalat sürecini                | Denetlemek      | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon  |
| 23  | Motor montaj sürecini                | Takip etmek     | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 24  | Motor montaj sürecini                | Denetlemek      | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon  |
| 25  | Motor test sürecini                  | Takip etmek     | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | Temel fonksi9yon      |

**EK 2 Doğrulama ve geçерleme mühendisliği fonksiyon tanımlama formu (devam)**

|                                  |                             |                                     |                                 |  |
|----------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|--|
| 26                               | Motor test sürecini         | Denetlemek                          | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                   |
| 27                               | Fracas                      | Oluşturmak                          | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                   |
| 28                               | Fracas sürecini             | Yönetmek                            | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | Temel fonksiyon                        |
| 29                               | Arayüz doğrulamalarını      | Yapmak                              | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | Temel fonksiyon                        |
| 30                               | Çalışma zaman               | Girişini yapmak                     | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | İkincil fonksiyon                      |
| 31                               | Eğitim organizasyonu        | Yapmak                              | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                   |
| 32                               | Danışman organizasyonu      | Yapmak                              | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | İkincil fonksiyon                      |
| 33                               | Yazılım/donanım taleplerini | Oluşturmak                          | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                   |
| 34                               | Yazılım/donanım taleplerini | Takip etmek                         | Doğrulama & Geçerleme Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                   |
| <b>Temel Fonksiyon Sayısı: 5</b> |                             | <b>İkincil Fonksiyon Sayısı: 14</b> |                                 | <b>İstenmeyen Fonksiyon Sayısı: 15</b> |

**EK 3** Enstrümantasyon mühendisliği fonksiyon tanımlama formu

| <b>Disiplinin Olduğu Liderlik: Sistem &amp; Entegrasyon Liderliği</b> |                                   |                                    |                                       |                       |
|---|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| #   | <b>FONKSİYON</b>                  |                                    | <b>Kaynak</b>                         | <b>Fonksiyon Tipi</b> |
|   | <b>İsim / İsim grubu</b>          | <b>Fiil</b>                        |                                       |                       |
| 1   | Disiplinler arası entegrasyon     | Sağlamak                           | Enstrümantasyon Mühendisi             | İkincil Fonksiyon     |
| 2   | Enstrümantasyonları               | Belirlemek                         | Enstrümantasyon Mühendisi             | Temel Fonksiyon       |
| 3   | Enstrümantasyon Şeması            | Hazırlamak                         | Enstrümantasyon Mühendisi             | Temel Fonksiyon       |
| 4   | Rework parça resmi                | Hazırlamak                         | Enstrümantasyon Mühendisi             | Temel Fonksiyon       |
| 5   | Enstrümantasyon Adaptörlerin      | Tasarlamak                         | Enstrümantasyon Mühendisi             | Temel Fonksiyon       |
| 6   | Adaptörlerin Teknik Resimlerini   | Oluşturmak                         | Enstrümantasyon Mühendisi             | İkincil Fonksiyon     |
| 7   | Enstrümantasyon imalat sürecini   | Takip etmek                        | Enstrümantasyon Mühendisi             | İkincil Fonksiyon     |
| 8   | Kalibrasyon işlemleri             | Gerçekleştirmek                    | Enstrümantasyon Mühendisi             | İkincil Fonksiyon     |
| 9   | Enstrümantasyon montaj sürecini   | Takip etmek                        | Enstrümantasyon Mühendisi             | Temel Fonksiyon       |
| 10  | Montaj uygunsuzluğu               | Değerlendirmek                     | Enstrümantasyon Mühendisi             | İkincil Fonksiyon     |
| 11  | Yeni Enstrümantasyon Kabiliyetini | Arttırmak                          | Enstrümantasyon Mühendisi             | İkincil Fonksiyon     |
| 12  | Enstrümantasyon Sürecini          | İyileştirmek                       | Enstrümantasyon Mühendisi             | İkincil Fonksiyon     |
| 13  | Satın alma talebi                 | Oluşturmak                         | Enstrümantasyon Mühendisi             | İstenmeyen fonksiyon  |
| 14  | Satın alma süreci                 | Takip etmek                        | Enstrümantasyon Mühendisi             | İstenmeyen fonksiyon  |
| 15  | Eğitim organizasyonu              | Yapmak                             | Enstrümantasyon Mühendisi             | İstenmeyen fonksiyon  |
| 16  | Çalışma zamanı                    | Girişi yapmak                      | Enstrümantasyon Mühendisi             | İkincil fonksiyon     |
| 17  | Danışman organizasyonu            | Yapmak                             | Enstrümantasyon Mühendisi             | İkincil fonksiyon     |
| 18  | Yazılım/donanım taleplerini       | Oluşturmak                         | Enstrümantasyon Mühendisi             | İstenmeyen fonksiyon  |
| 19  | Yazılım/donanım taleplerini       | Takip etmek                        | Enstrümantasyon Mühendisi             | İstenmeyen fonksiyon  |
| <b>Temel Fonksiyon Sayısı: 5</b>                                      |                                   | <b>İkincil Fonksiyon Sayısı: 9</b> | <b>İstenmeyen Fonksiyon Sayısı: 5</b> |                       |

**EK 4** Performans mühendisliği fonksiyon tanımlama formu

| <b>Disiplinin Olduğu Liderlik: Motor Bütünü Liderliği</b> |  |                                     |                      |                                       |
|---|--|-------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|
| #   | <b>FONKSİYON</b>                         |                                     | <b>Kaynak</b>        | <b>Fonksiyon Tipi</b>                 |
|   | <b>İsim / İsim grubu</b>                 | <b>Fiil</b>                         |                      |                                       |
| 1   | Fizibilite çalışmasına                   | Destek vermek                       | Performans Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 2   | Performans çevrimini                     | Hesaplamak                          | Performans Mühendisi | Temel fonksiyon                       |
| 3   | Çevrim marjinlerini                      | Hesaplamak                          | Performans Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 4   | Sistem isterlerine                       | Girdi sağlamak                      | Performans Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 5   | Alt sistem isterlerine                   | Girdi sağlamak                      | Performans Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 6   | Çalışma zarfı içindeki motor davranışını | İncelemek                           | Performans Mühendisi | Temel fonksiyon                       |
| 7   | Aero isterlerine                         | Girdi sağlamak                      | Performans Mühendisi | Temel fonksiyon                       |
| 8   | Çalışabilirliği                          | Kontrol etmek                       | Performans Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 9   | Kompresör-türbin uygunluğu               | Sağlamak                            | Performans Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 10  | Motoru                                   | Simüle etmek                        | Performans Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 11  | Kontrol algoritmasına                    | Girdi Sağlamak                      | Performans Mühendisi | Temel fonksiyon                       |
| 12  | Motor çalışma limitlerini                | Belirlemek                          | Performans Mühendisi | Temel fonksiyon                       |
| 13  | Termal analizlere                        | Girdi sağlamak                      | Performans Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 14  | Nihai performans çevrimini               | Hesaplamak                          | Performans Mühendisi | Temel fonksiyon                       |
| 15  | Test istek formuna                       | Girdi sağlamak                      | Performans Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 16  | Bremze isterlerine                       | Girdi sağlamak                      | Performans Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 17  | Enstrümantasyon şemasına                 | Girdi sağlamak                      | Performans Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 18  | Tasarım olgunluğu gözden geçirme sunumu  | Yapmak                              | Performans Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 19  | İmalat uygunsuzluğu                      | Değerlendirmek                      | Performans Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 20  | Montaj uygunsuzluğu                      | Değerlendirmek                      | Performans Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 21  | Performans çevrimini                     | Doğrulamak                          | Performans Mühendisi | Temel fonksiyon                       |
| 22  | Motor test verilerini                    | Değerlendirmek                      | Performans Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 23  | Düzeltici aksiyonlar                     | Almak                               | Performans Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 24  | Çalışma zamanı                           | Girişi yapmak                       | Performans Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 25  | Eğitim organizasyonu                     | Yapmak                              | Performans Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                  |
| 26  | Danışman organizasyonu                   | Yapmak                              | Performans Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 27  | Yazılım/donanım taleplerini              | Oluşturmak                          | Performans Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                  |
| 28  | Yazılım/donanım taleplerini              | Takip etmek                         | Performans Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                  |
| <b>Temel Fonksiyon Sayısı: 7</b>                          |  | <b>İkincil Fonksiyon Sayısı: 18</b> |                      | <b>İstenmeyen Fonksiyon Sayısı: 3</b> |

**EK 5** Motor bütünü entegrasyon mühendisliği fonksiyon tanımlama formu

| <b>Disiplinin Olduğu Liderlik: Motor Bütünü Liderliği</b> |   |                |                          |                       |
|---|---|----------------|--------------------------|-----------------------|
| #   | <b>FONKSİYON</b>                        |                | <b>Kaynak</b>            | <b>Fonksiyon Tipi</b> |
|   | <b>İsim / İsim grubu</b>                | <b>Fiil</b>    |                          |                       |
| 1   | Benchmark çalışması                     | Yapmak         | MB Entegrasyon Mühendisi | Temel Fonksiyon       |
| 2   | Fizibilite çalışması                    | Yapmak         | MB Entegrasyon Mühendisi | Temel Fonksiyon       |
| 3   | 1B yerleşimini                          | Çıkarmak       | MB Entegrasyon Mühendisi | Temel Fonksiyon       |
| 4   | Rotordinamiği iterasyonları             | Girdi sağlamak | MB Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 5   | Müşteri arayüzlerini teknik             | Değerlendirmek | MB Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 6   | Taslak 2B motor bütünü yerleşimini      | Çıkarmak       | MB Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 7   | Modül ağırlık kısımlarını               | Desteklemek    | MB Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 8   | Montaj edilebilirliğe                   | Girdi sağlamak | MB Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 9   | 2B motor bütünü yerleşimini             | Tasarlamak     | MB Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 10  | Hot to Cold dönüşümü                    | Yapmak         | MB Entegrasyon Mühendisi | Temel Fonksiyon       |
| 11  | İmaledilebilirliğe                      | Girdi sağlamak | MB Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 12  | Clearance hesapları                     | Yapmak         | MB Entegrasyon Mühendisi | Temel Fonksiyon       |
| 13  | Mounting stratejisi                     | Oluşturmak     | MB Entegrasyon Mühendisi | Temel Fonksiyon       |
| 14  | Fonksiyonel ara yüzlere                 | Girdi sağlamak | MB Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 15  | Mekanik ara yüzlere                     | Girdi Sağlamak | MB Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 16  | Elektrik ara yüzlerine                  | Girdi Sağlamak | MB Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 17  | 3B motor bütünü yerleşimini             | Tasarlamak     | MB Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 18  | Tasarım olgunluğu gözden geçirme sunumu | Yapmak         | MB Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 19  | Montaj uygunsuzluğu                     | Değerlendirmek | MB Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 20  | Motor bütünü balance şemasını           | Çıkarmak       | MB Entegrasyon Mühendisi | Temel Fonksiyon       |
| 21  | Montaj sürecini                         | Desteklemek    | MB Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon     |
| 22  | Motor bütünü yerleşim şemasını          | Çıkarmak       | MB Entegrasyon Mühendisi | Temel Fonksiyon       |
| 23  | Motor test verilerini                   | İncelemek      | MB Entegrasyon Mühendisi | Temel Fonksiyon       |
| 24  | Çalışma zamanı                          | Girişi yapmak  | MB Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon     |

**EK 5** Motor bütünü entegrasyon mühendisliği fonksiyon tanımlama formu (devam)

|                                  |                             |                                     |                          |                                       |
|----------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| 25                               | Satın alma talebi           | Oluşturmak                          | MB Entegrasyon Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                  |
| 26                               | Satın alma süreci           | Takip etmek                         | MB Entegrasyon Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                  |
| 27                               | Eğitim organizasyonu        | Yapmak                              | MB Entegrasyon Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                  |
| 28                               | Danışman organizasyonu      | Yapmak                              | MB Entegrasyon Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 29                               | Yazılım/donanım taleplerini | Oluşturmak                          | MB Entegrasyon Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                  |
| 30                               | Yazılım/donanım taleplerini | Takip etmek                         | MB Entegrasyon Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                  |
| <b>Temel Fonksiyon Sayısı: 9</b> |                             | <b>İkincil Fonksiyon Sayısı: 16</b> |                          | <b>İstenmeyen Fonksiyon Sayısı: 5</b> |

**EK 6** Termal mühendisliği fonksiyon tanımlama formu

| <b>Disiplinin Olduğu Liderlik: Motor Bütünü Liderliği</b> |   |                                     |                  |                                       |
|---|---|-------------------------------------|------------------|---------------------------------------|
| #   | <b>FONKSİYON</b>                        |                                     | <b>Kaynak</b>    | <b>Fonksiyon Tipi</b>                 |
|   | <b>İsim / İsim grubu</b>                | <b>Fiil</b>                         |                  |                                       |
| 1   | 2B yerleşim                             | Oluşturmak                          | Termal Mühendisi | İstenmeyen Fonksiyon                  |
| 2   | Aero girdileri                          | Toplamak                            | Termal Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 3   | SAS girdileri                           | Toplamak                            | Termal Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 4   | Malzeme bilgisi                         | Toplamak                            | Termal Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 5   | Performans çevrimi bilgisi              | Almak                               | Termal Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 6   | Geometri bilgisi                        | Hesaplamak                          | Termal Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 7   | Yakıt yağlama oranını                   | Belirlemek                          | Termal Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 8   | Termal modeli                           | Kurmak                              | Termal Mühendisi | Temel Fonksiyon                       |
| 9   | 2'B termal sonuçlarını                  | Yayınlamak                          | Termal Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 10  | Blade CP&CG lokasyonlarını              | Almak                               | Termal Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 11  | Bağlantı tiplerini                      | Toplamak                            | Termal Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 12  | Aero yüklerini                          | Almak                               | Termal Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 13  | Termo-mekanik modelini                  | Kurmak                              | Termal Mühendisi | Temel fonksiyon                       |
| 14  | Deplasman değerleri                     | Yayınlamak                          | Termal Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 15  | Aero iterasyonu                         | Yapmak                              | Termal Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 16  | Mekanik iterasyon                       | Yapmak                              | Termal Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 17  | Yapısal iterasyon                       | Yapmak                              | Termal Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 18  | 3B spesifik parça termal modeli         | Kurmak                              | Termal Mühendisi | Temel fonksiyon                       |
| 19  | 3B parça modeline                       | girdi sağlamak                      | Termal Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 20  | Tasarım olgunluğu gözden geçirme sunumu | Yapmak                              | Termal Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 21  | Çalışma zamanı                          | Girişi yapmak                       | Termal Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 22  | Eğitim organizasyonu                    | Yapmak                              | Termal Mühendisi | İstenmeyen Fonksiyon                  |
| 23  | Danışman organizasyonu                  | Yapmak                              | Termal Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 24  | Yazılım/donanım taleplerini             | Oluşturmak                          | Termal Mühendisi | İstenmeyen Fonksiyon                  |
| 25  | Yazılım/donanım taleplerini             | Takip etmek                         | Termal Mühendisi | İstenmeyen Fonksiyon                  |
| <b>Temel Fonksiyon Sayısı: 3</b>                          |   | <b>İkincil Fonksiyon Sayısı: 18</b> |                  | <b>İstenmeyen Fonksiyon Sayısı: 4</b> |



**EK 7** Mekanik tasarım mühendisliği fonksiyon tanımlama formu

| <b>Disiplinin Olduğu Liderlik:</b> Kompresör & Türbin & Yanma Odası & Alt Sistemler Liderliği |   |                |                           |                   |
|---|---|----------------|---------------------------|-------------------|
| #   | FONKSİYON                               |                | Kaynak                    | Fonksiyon Tipi    |
|   | İsim / İsim grubu                       | Fiil           |                           |                   |
| 1   | Taslak 2B model                         | Kurmak         | Mekanik Tasarım Mühendisi | İkincil fonksiyon |
| 2   | Parça boyutlarını elle                  | Hesaplamak     | Mekanik Tasarım Mühendisi | İkincil fonksiyon |
| 3   | Parça arayüzlerini                      | Sağlamak       | Mekanik Tasarım Mühendisi | İkincil fonksiyon |
| 4   | Sistem isterlerini                      | Sağlamak       | Mekanik Tasarım Mühendisi | Temel fonksiyon   |
| 5   | Ham malzeme                             | Seçimi yapmak  | Mekanik Tasarım Mühendisi | Temel fonksiyon   |
| 6   | Alt sistem isterlerini                  | Sağlamak       | Mekanik Tasarım Mühendisi | Temel fonksiyon   |
| 7   | El hesapları                            | Yapmak         | Mekanik Tasarım Mühendisi | İkincil fonksiyon |
| 8   | Parça imaledilebilirliğini              | Değerlendirmek | Mekanik Tasarım Mühendisi | İkincil fonksiyon |
| 9   | Parça montaj edilebilirliğini           | Değerlendirmek | Mekanik Tasarım Mühendisi | İkincil fonksiyon |
| 10  | Parça fonksiyonalitesini                | Değerlendirmek | Mekanik Tasarım Mühendisi | İkincil fonksiyon |
| 11  | CAT programında                         | Çizim yapmak   | Mekanik Tasarım Mühendisi | İkincil fonksiyon |
| 12  | 2B model                                | Kurmak         | Mekanik Tasarım Mühendisi | Temel fonksiyon   |
| 13  | Farklı yerleşim tasarımlarını           | Değerlendirmek | Mekanik Tasarım Mühendisi | İkincil fonksiyon |
| 14  | Tasarım oldunluğu gözden geçirme sunumu | Hazırlamak     | Mekanik Tasarım Mühendisi | İkincil fonksiyon |
| 15  | Taslak 3B tasarım                       | Yapmak         | Mekanik Tasarım Mühendisi | İkincil fonksiyon |
| 16  | İsterleri sağlamak için analizler       | Yapmak         | Mekanik Tasarım Mühendisi | İkincil fonksiyon |
| 17  | Dayanım hesapları                       | Yapmak         | Mekanik Tasarım Mühendisi | İkincil fonksiyon |
| 18  | Düşük çevrimli ömür hesapları           | Yapmak         | Mekanik Tasarım Mühendisi | İkincil fonksiyon |
| 19  | Yüksek çevrimli ömür hesapları          | Yapmak         | Mekanik Tasarım Mühendisi | İkincil fonksiyon |
| 20  | Sürünme hesapları                       | Yapmak         | Mekanik Tasarım Mühendisi | İkincil fonksiyon |
| 21  | Parça infilak hesabı                    | Yapmak         | Mekanik Tasarım Mühendisi | İkincil fonksiyon |
| 22  | Parça hapsedme hesabı                   | Yapmak         | Mekanik Tasarım Mühendisi | İkincil fonksiyon |
| 23  | Modal analizi                           | Yapmak         | Mekanik Tasarım Mühendisi | İkincil fonksiyon |
| 24  | 3B model                                | Kurmak         | Mekanik Tasarım Mühendisi | Temel fonksiyon   |

**EK 7** Mekanik tasarım mühendisliği fonksiyon tanımlama formu (devam)

|                                  |                             |                                     |                           |                                       |
|----------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| 25                               | Parça imalat sürecini       | Takip etmek                         | Mekanik Tasarım Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                  |
| 26                               | İmalat uygunsuzluğu         | Değerlendirmek                      | Mekanik Tasarım Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 27                               | Parça şema resmi            | Oluşturmak                          | Mekanik Tasarım Mühendisi | Temel fonksiyon                       |
| 28                               | Motor montaj sürecini       | Takip etmek                         | Mekanik Tasarım Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                  |
| 29                               | Montaj uygunsuzluğu         | Değerlendirmek                      | Mekanik Tasarım Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 30                               | Satın alma talebi           | Oluşturmak                          | Mekanik Tasarım Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                  |
| 31                               | Satın alma süreci           | Takip etmek                         | Mekanik Tasarım Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                  |
| 32                               | Çalışma zamanı              | Girişi yapmak                       | Mekanik Tasarım Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 33                               | Eğitim organizasyonu        | Yapmak                              | Mekanik Tasarım Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                  |
| 34                               | Danışman organizasyonu      | Yapmak                              | Mekanik Tasarım Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 35                               | Yazılım/donanım taleplerini | Oluşturmak                          | Mekanik Tasarım Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                  |
| 36                               | Yazılım/donanım süreçlerini | Takip etmek                         | Mekanik Tasarım Mühendisi | İstenmeyen fonksiyon                  |
| <b>Temel Fonksiyon Sayısı: 6</b> |                             | <b>İkincil Fonksiyon Sayısı: 23</b> |                           | <b>İstenmeyen Fonksiyon Sayısı: 7</b> |

**EK 8** Aero mühendisliği fonksiyon tanımlama formu

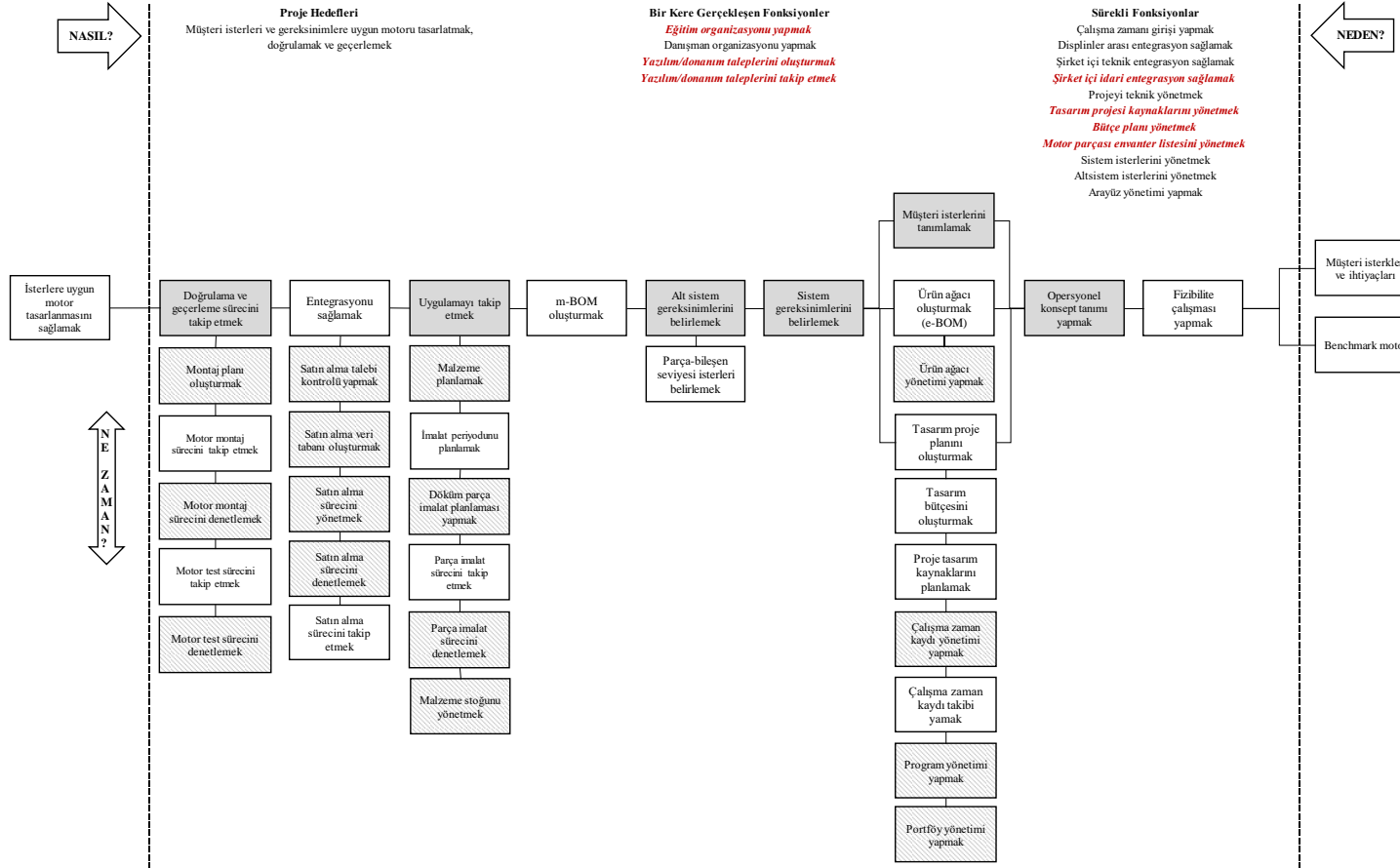
| <b>Disiplinin Olduğu Liderlik: Aero Liderliği</b> |   |                                     |                                       |                       |
|---|---|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| #   | <b>FONKSİYON</b>                        |                                     | <b>Kaynak</b>                         | <b>Fonksiyon Tipi</b> |
|   | <b>İsim / İsim grubu</b>                | <b>Fiil</b>                         |                                       |                       |
| 1   | 1B Kompresör boyutlandırmasını          | Yapmak                              | Aero Mühendisi                        | Temel fonksiyon       |
| 2   | Kaba profil tasarımı                    | Yapmak                              | Aero Mühendisi                        | İkincil Fonksiyon     |
| 3   | Taslak Kompresör performans haritasını  | Yapmak                              | Aero Mühendisi                        | İkincil Fonksiyon     |
| 4   | Aero mekanik itesasyonlarının           | Yapmak                              | Aero Mühendisi                        | İkincil Fonksiyon     |
| 5   | Aero termal iterasyonlarını             | Yapmak                              | Aero Mühendisi                        | İkincil Fonksiyon     |
| 6   | Aero SAS iterasyonlarını                | Yapmak                              | Aero Mühendisi                        | İkincil Fonksiyon     |
| 7   | Aero performans iterasyonlarını         | Yapmak                              | Aero Mühendisi                        | İkincil Fonksiyon     |
| 8   | Kompresör-yanma aero iterasyonları      | Yapmak                              | Aero Mühendisi                        | İkincil Fonksiyon     |
| 9   | 2B aero yerleşimi                       | Tasarlamak                          | Aero Mühendisi                        | Temel fonksiyon       |
| 10  | Kompresör performans haritasını         | Yapmak                              | Aero Mühendisi                        | İkincil Fonksiyon     |
| 11  | Detaylı profil tasarımı                 | Yapmak                              | Aero Mühendisi                        | İkincil Fonksiyon     |
| 12  | 3B blade tasarımı                       | Yapmak                              | Aero Mühendisi                        | İkincil Fonksiyon     |
| 13  | Değişken açılı kanatçık programını      | Çıkarmak                            | Aero Mühendisi                        | İkincil Fonksiyon     |
| 14  | Değişken debili tahliye vanası programı | Çıkarmak                            | Aero Mühendisi                        | İkincil Fonksiyon     |
| 15  | Gerçek kompresör (motor) haritasının    | Çıkarmak                            | Aero Mühendisi                        | Temel fonksiyon       |
| 16  | Zamana bağlı etkilerin modellemesini    | Yapmak                              | Aero Mühendisi                        | İkincil Fonksiyon     |
| 17  | Giriş bozuntu etkilerinin modellemesi   | Yapmak                              | Aero Mühendisi                        | İkincil Fonksiyon     |
| 18  | Tasarım olgunluğu gözden geçirme sunumu | Yapmak                              | Aero Mühendisi                        | İkincil Fonksiyon     |
| 19  | 3B pmotor bütünü modeline               | Girdi sağlamak                      | Aero Mühendisi                        | İkincil Fonksiyon     |
| 20  | İmalat uygunluğunu                      | Değerlendirmek                      | Aero Mühendisi                        | İkincil Fonksiyon     |
| 21  | Enstrümantasyon taleplerini             | Yapmak                              | Aero Mühendisi                        | İkincil Fonksiyon     |
| 22  | Test taleplerini                        | Yapmak                              | Aero Mühendisi                        | İkincil Fonksiyon     |
| 23  | Motor test verilerini                   | İncelemek                           | Aero Mühendisi                        | İkincil Fonksiyon     |
| 24  | Çalışma saati                           | Girişi yapmak                       | Aero Mühendisi                        | İkincil Fonksiyon     |
| 25  | Eğitim organizasyonu                    | Yapmak                              | Aero Mühendisi                        | İstenmeyen foksiyon   |
| 26  | Danışman organizasyonu                  | Yapmak                              | Aero Mühendisi                        | İkincil Fonksiyon     |
| 27  | Yazılım/donanım taleplerini             | Oluşturmak                          | Aero Mühendisi                        | İstenmeyen foksiyon   |
| 28  | Yazılım/donanım taleplerini             | Takip etmek                         | Aero Mühendisi                        | İstenmeyen foksiyon   |
| <b>Temel Fonksiyon Sayısı: 3</b>                  |   | <b>İkincil Fonksiyon Sayısı: 22</b> | <b>İstenmeyen Fonksiyon Sayısı: 3</b> |                       |

**EK 9** Yapısal mühendisliği fonksiyon tanımlama formu

| <b>Disiplinin Olduğu Liderlik: Motor Bütünü Liderliği</b> |   |                                     |                                       |                       |
|---|---|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| #   | <b>FONKSİYON</b>                        |                                     | <b>Kaynak</b>                         | <b>Fonksiyon Tipi</b> |
|   | <b>İsim / İsim grubu</b>                | <b>Fiil</b>                         |                                       |                       |
| 1   | Rotordinamiği analizi                   | Yapmak                              | Yapısal Mühendisi                     | Temel fonksiyon       |
| 2   | 1B motor yerleşimine girdi              | Sağlamak                            | Yapısal Mühendisi                     | İkincil Fonksiyon     |
| 3   | Disk parçalarının kütlelerini           | Belirlemek                          | Yapısal Mühendisi                     | İkincil Fonksiyon     |
| 4   | Disk parçalarının atalet momentlerini   | Belirlemek                          | Yapısal Mühendisi                     | İkincil Fonksiyon     |
| 5   | Rulman yerlerini                        | Belirlemek                          | Yapısal Mühendisi                     | İkincil Fonksiyon     |
| 6   | Rulman özelliklerini                    | Belirlemek                          | Yapısal Mühendisi                     | İkincil Fonksiyon     |
| 7   | Taslak 2B parça tasarımına              | Girdi Sağlamak                      | Yapısal Mühendisi                     | İkincil Fonksiyon     |
| 8   | Termal-mekanik davranış analizi         | Yapmak                              | Yapısal Mühendisi                     | Temel fonksiyon       |
| 9   | 3B parça tasarımına                     | Girdi Sağlamak                      | Yapısal Mühendisi                     | İkincil Fonksiyon     |
| 10  | Parça stres analizleri                  | Yapmak                              | Yapısal Mühendisi                     | Temel fonksiyon       |
| 11  | Parça ömür analizleri                   | Yapmak                              | Yapısal Mühendisi                     | Temel fonksiyon       |
| 12  | Tasarım olgunluğu gözden geçirme sunumu | Yapmak                              | Yapısal Mühendisi                     | İkincil Fonksiyon     |
| 13  | Satın alma talebi                       | Oluşturmak                          | Yapısal Mühendisi                     | İstenmeyen Fonksiyon  |
| 14  | Satın alma süreci                       | Takip etmek                         | Yapısal Mühendisi                     | İstenmeyen Fonksiyon  |
| 15  | Çalışma saati                           | Girişi yapmak                       | Yapısal Mühendisi                     | İkincil Fonksiyon     |
| 16  | Eğitim organizasyonu                    | Yapmak                              | Yapısal Mühendisi                     | İstenmeyen Fonksiyon  |
| 17  | Danışman organizasyonu                  | Yapmak                              | Yapısal Mühendisi                     | İkincil Fonksiyon     |
| 18  | Yazılım/donanım taleplerini             | Oluşturmak                          | Yapısal Mühendisi                     | İstenmeyen Fonksiyon  |
| 19  | Yazılım/donanım taleplerini             | Takip etmek                         | Yapısal Mühendisi                     | İstenmeyen Fonksiyon  |
| <b>Temel Fonksiyon Sayısı: 4</b>                          |   | <b>İkincil Fonksiyon Sayısı: 10</b> | <b>İstenmeyen Fonksiyon Sayısı: 5</b> |                       |

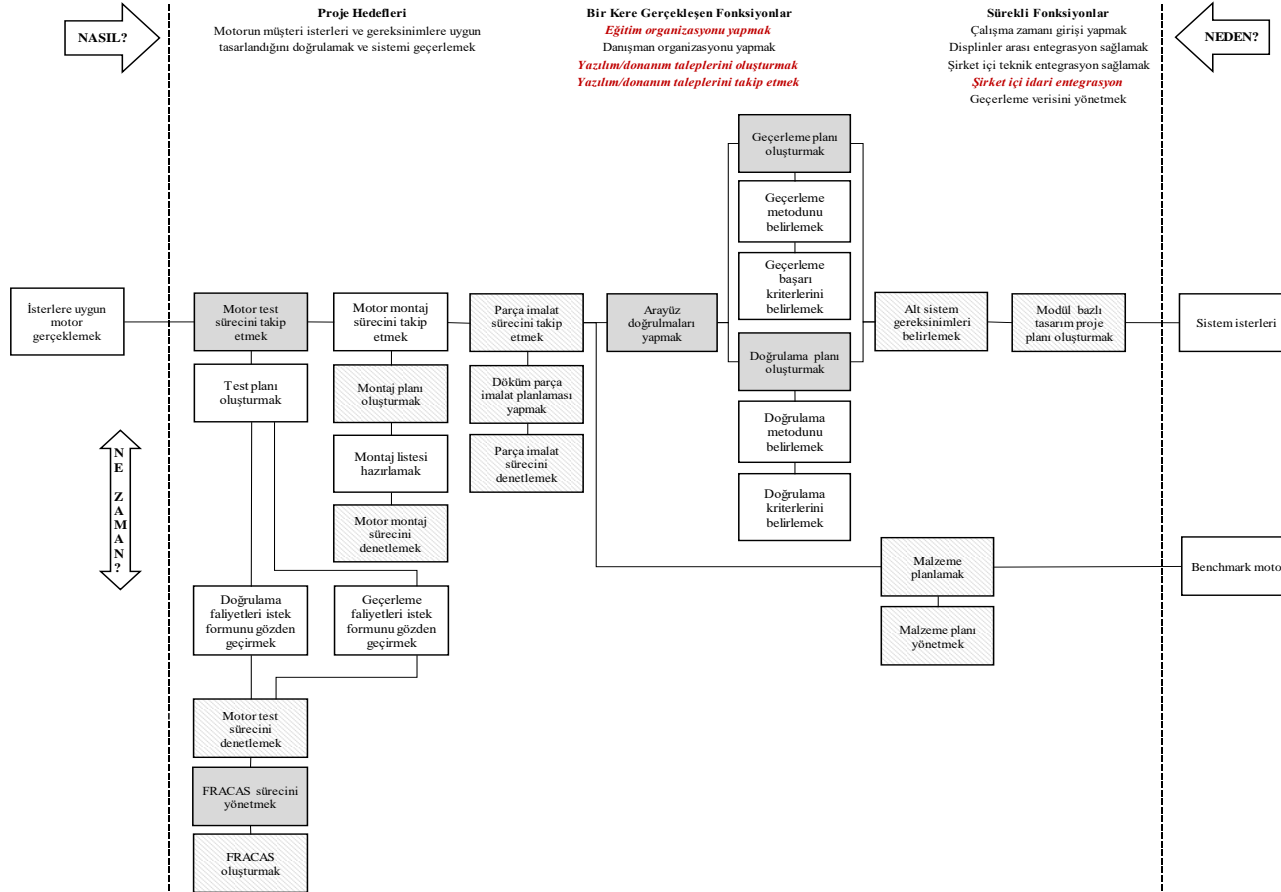
**EK 10 SAS mühendisliği fonksiyon tanımlama formu**

| <b>Disiplinin Olduğu Liderlik: Aero Liderliği</b> |   |                                    |               |                                       |
|---|---|------------------------------------|---------------|---------------------------------------|
| #   | <b>FONKSİYON</b>                        |                                    | <b>Kaynak</b> | <b>Fonksiyon Tipi</b>                 |
|   | <b>İsim / İsim grubu</b>                | <b>Fiil</b>                        |               |                                       |
| 1   | SAS modeli                              | Kurmak                             | SAS Mühendisi | Temel Fonksiyon                       |
| 2   | Eksenel yük hesabı                      | Yapmak                             | SAS Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 3   | 2B SAS sonuçlarını                      | Yayınlamak                         | SAS Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 4   | Aero iterasyonu                         | Yapmak                             | SAS Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 5   | Mekanik iterasyon                       | Yapmak                             | SAS Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 6   | Termal iterasyonu                       | Yapmak                             | SAS Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 7   | 3B spesifik parça SAS akışı modeli      | Kurmak                             | SAS Mühendisi | Temel Fonksiyon                       |
| 8   | 3B parça modeline                       | Girdi sağlamak                     | SAS Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 9   | Tasarım olgunluğu gözden geçirme sunumu | Yapmak                             | SAS Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 10  | Çalışma zamanı                          | Girişi yapmak                      | SAS Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 11  | Eğitim organizasyonu                    | Yapmak                             | SAS Mühendisi | İstenmeyen Fonksiyon                  |
| 12  | Danışman organizasyonu                  | Yapmak                             | SAS Mühendisi | İkincil fonksiyon                     |
| 13  | Yazılım/donanım taleplerini             | Oluşturmak                         | SAS Mühendisi | İstenmeyen Fonksiyon                  |
| 14  | Yazılım/donanım taleplerini             | Takip etmek                        | SAS Mühendisi | İstenmeyen Fonksiyon                  |
| <b>Temel Fonksiyon Sayısı: 2</b>                  |   | <b>İkincil Fonksiyon Sayısı: 9</b> |               | <b>İstenmeyen Fonksiyon Sayısı: 3</b> |



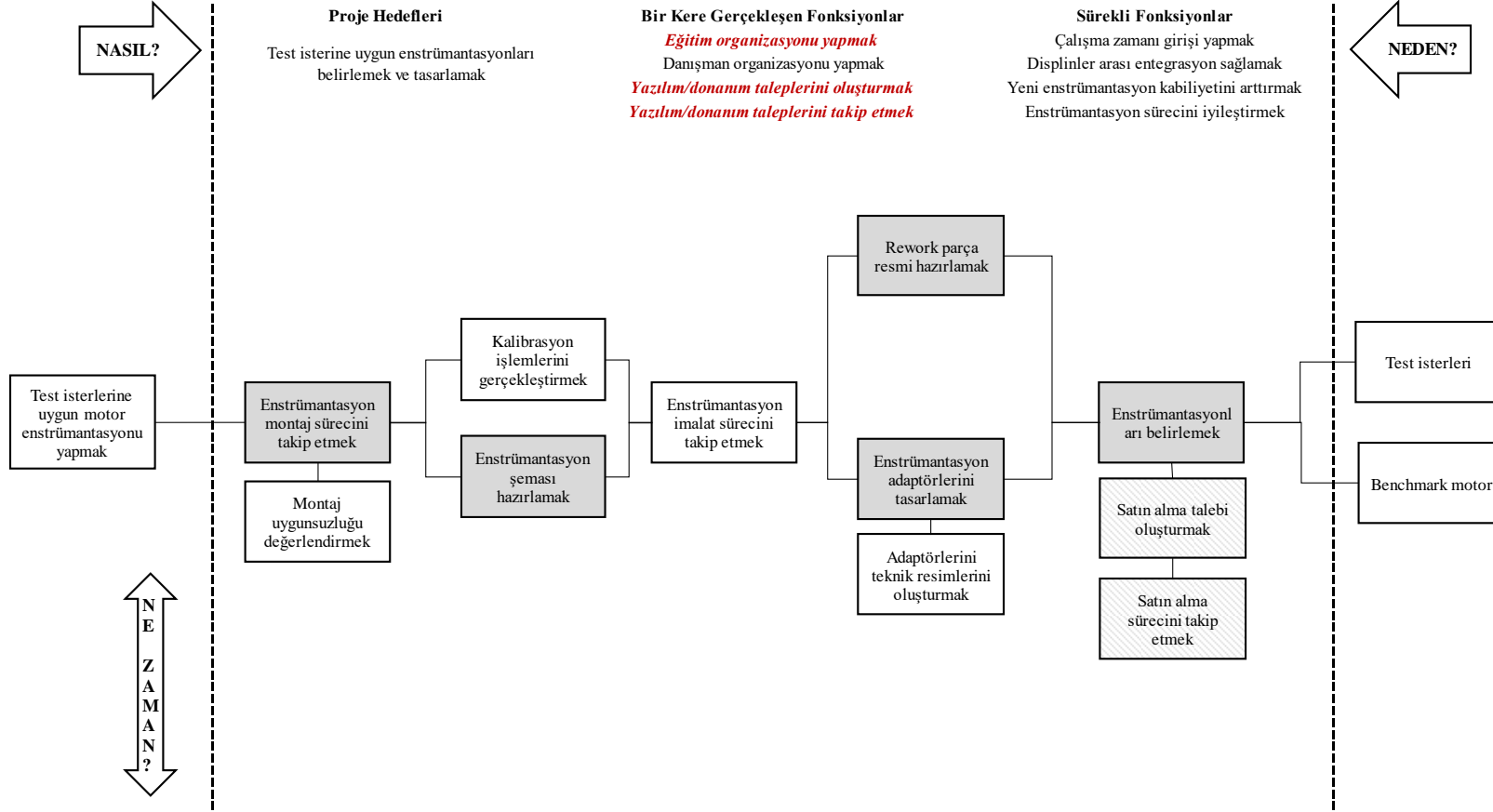
**EK 12**

**Doğrulama ve geçeleme mühendisliği FAST diyagramı**

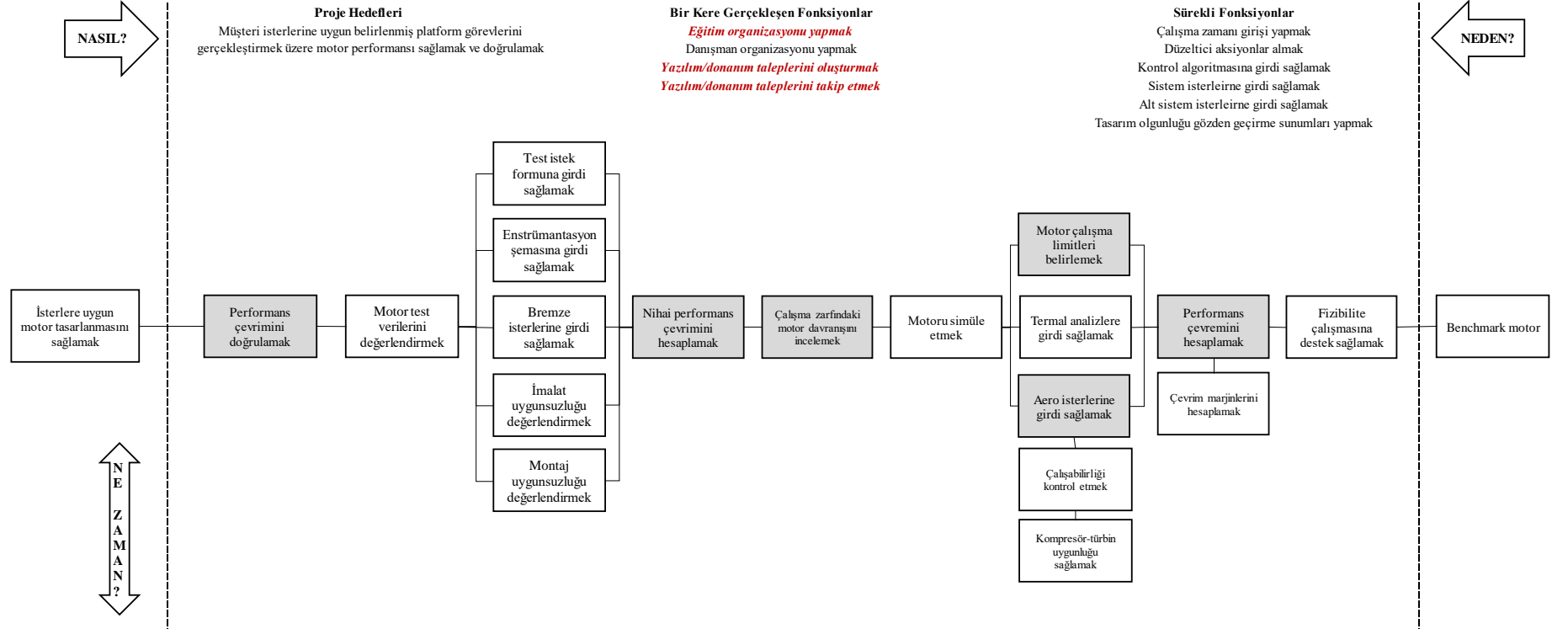


# EK 13

## Enstrümantasyon mühendisliği FAST diyagramı

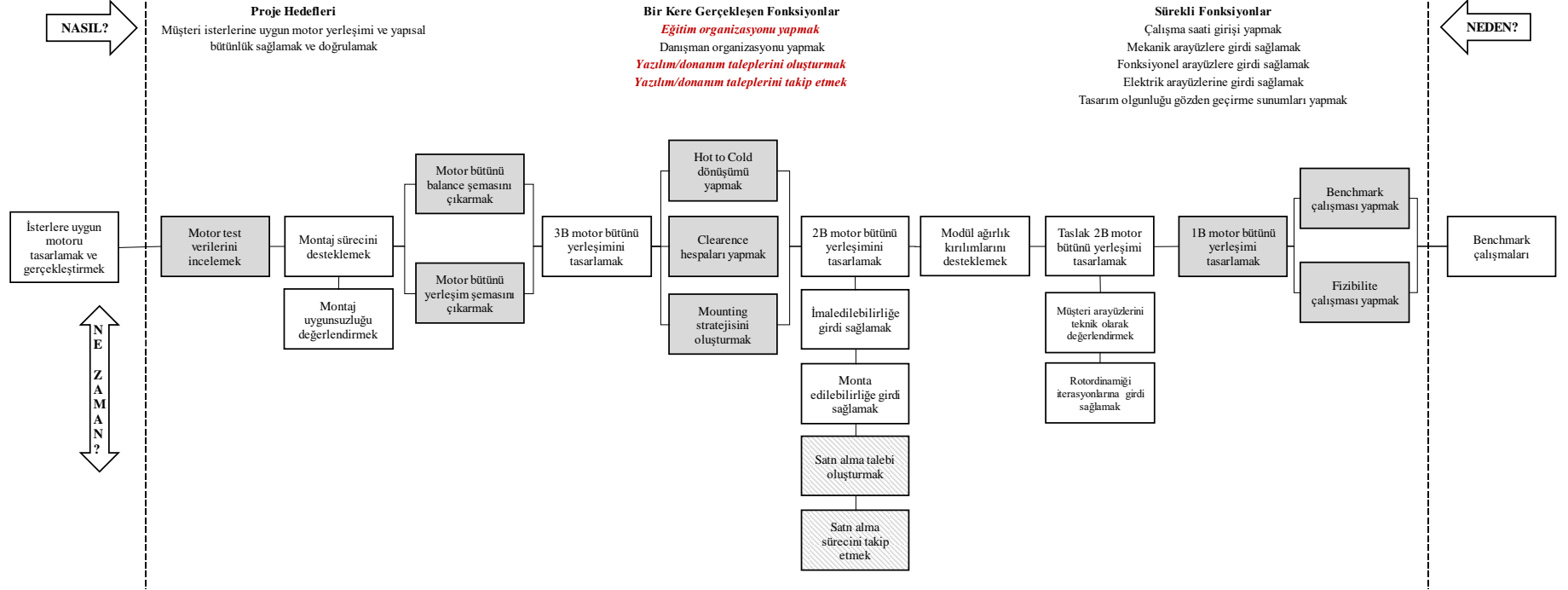






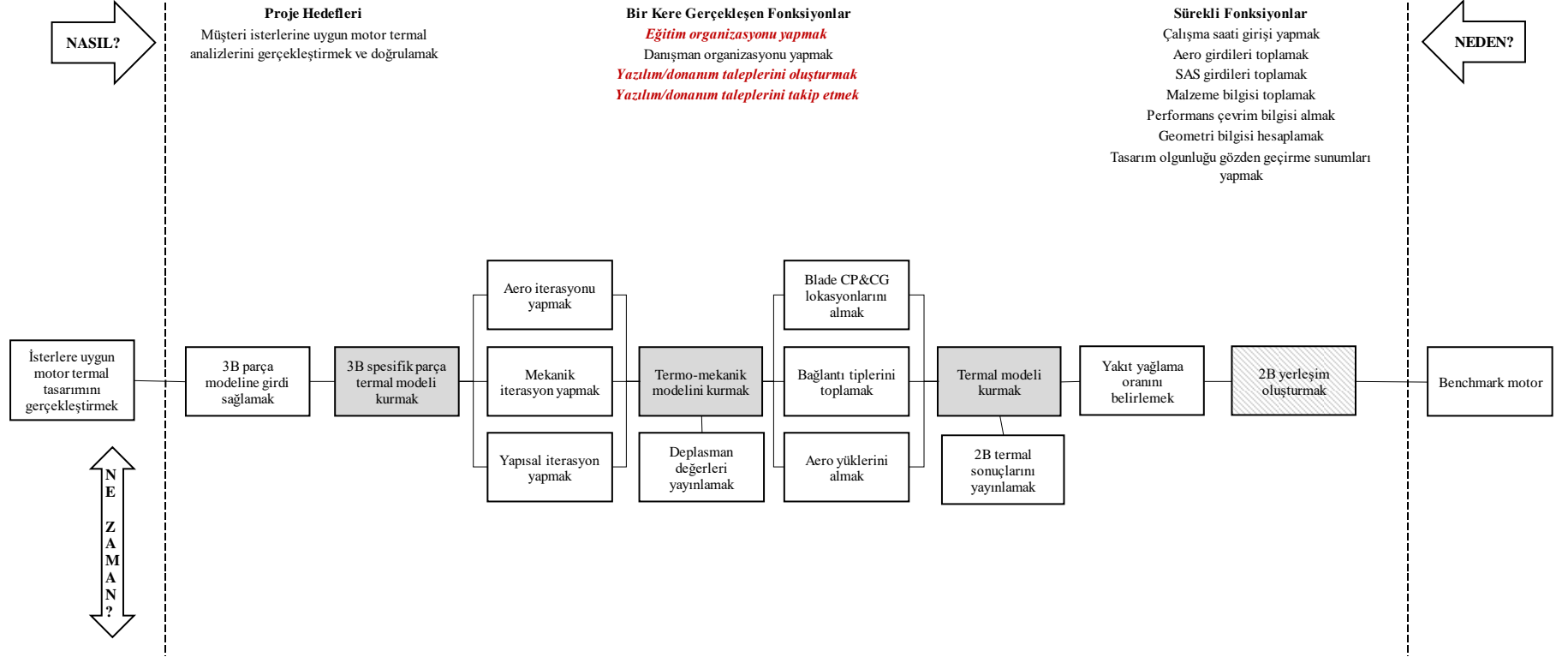
# EK 15

## Motor bütünü entegrasyon mühendisliği FAST diyagramı



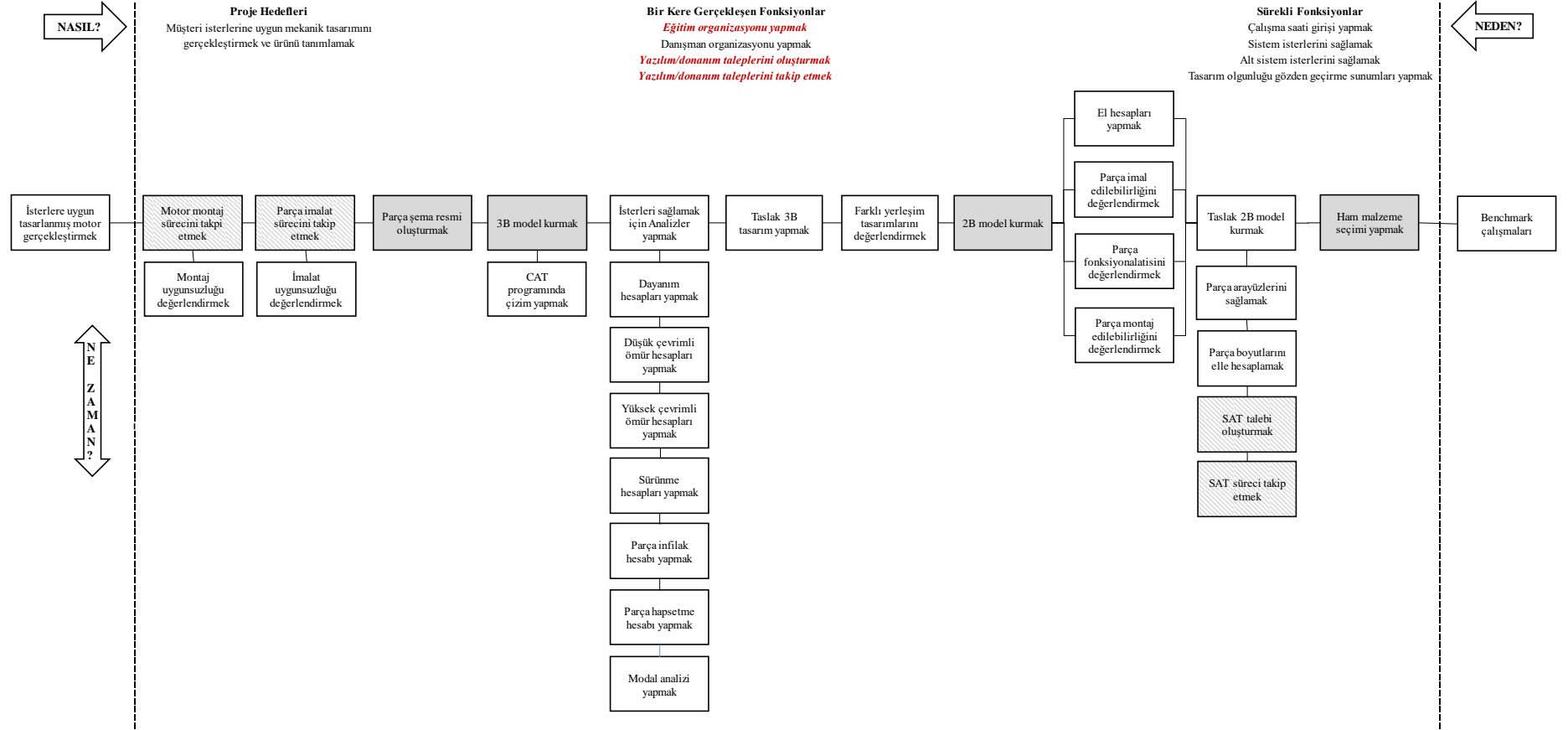
## EK 16

## Termal mühendisliği FAST diyagramı



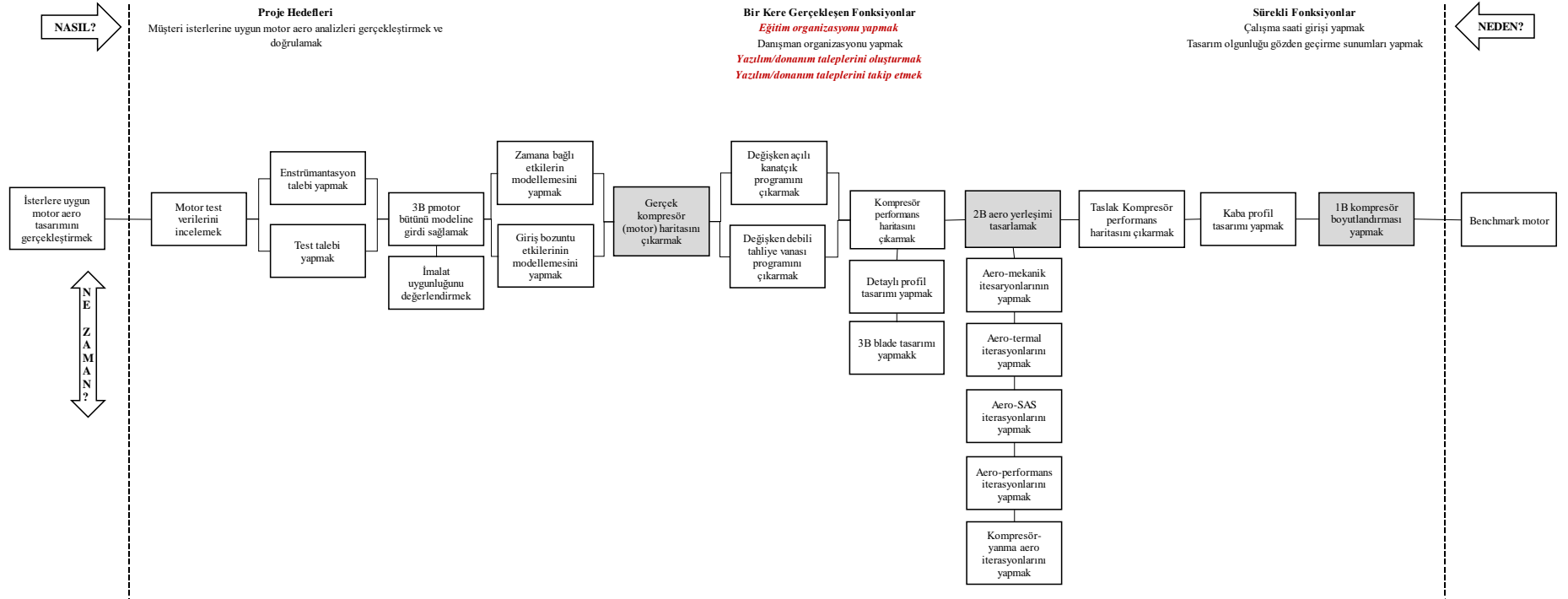
**EK 17**

**Mekanik tasarım mühendisliği FAST diyagramı**



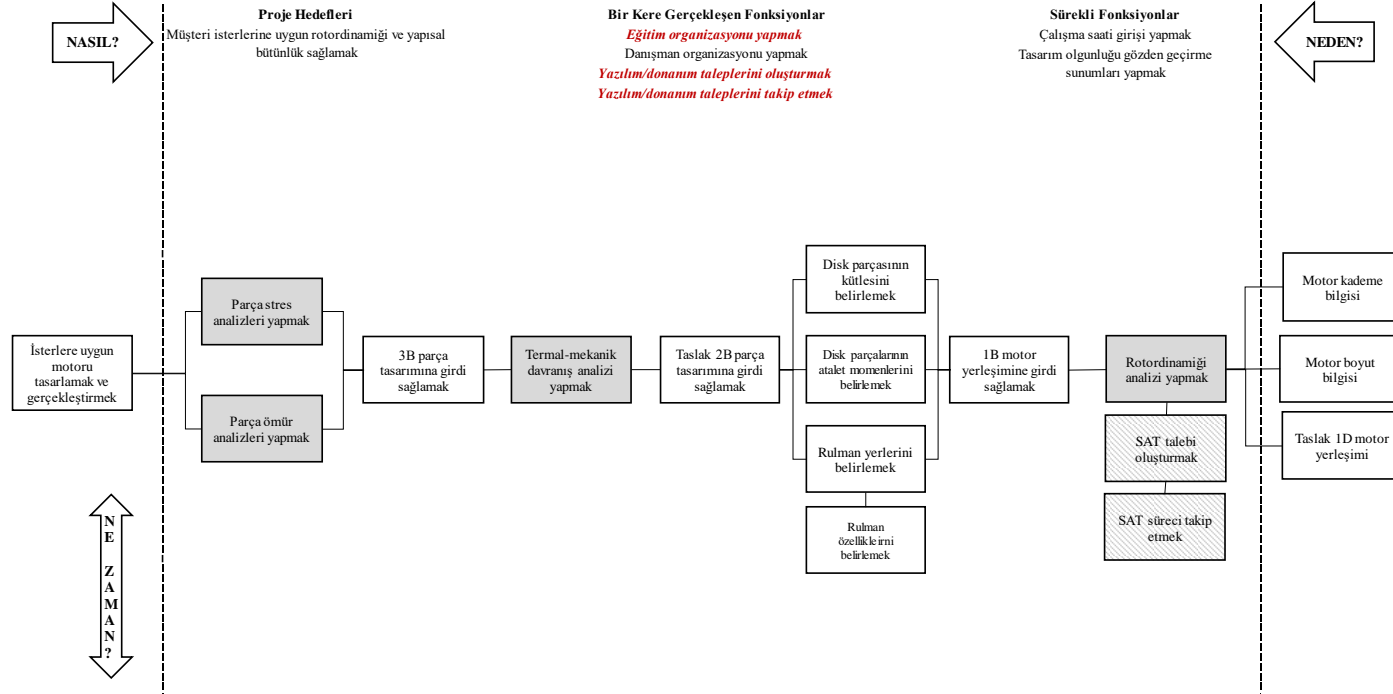
# EK 18

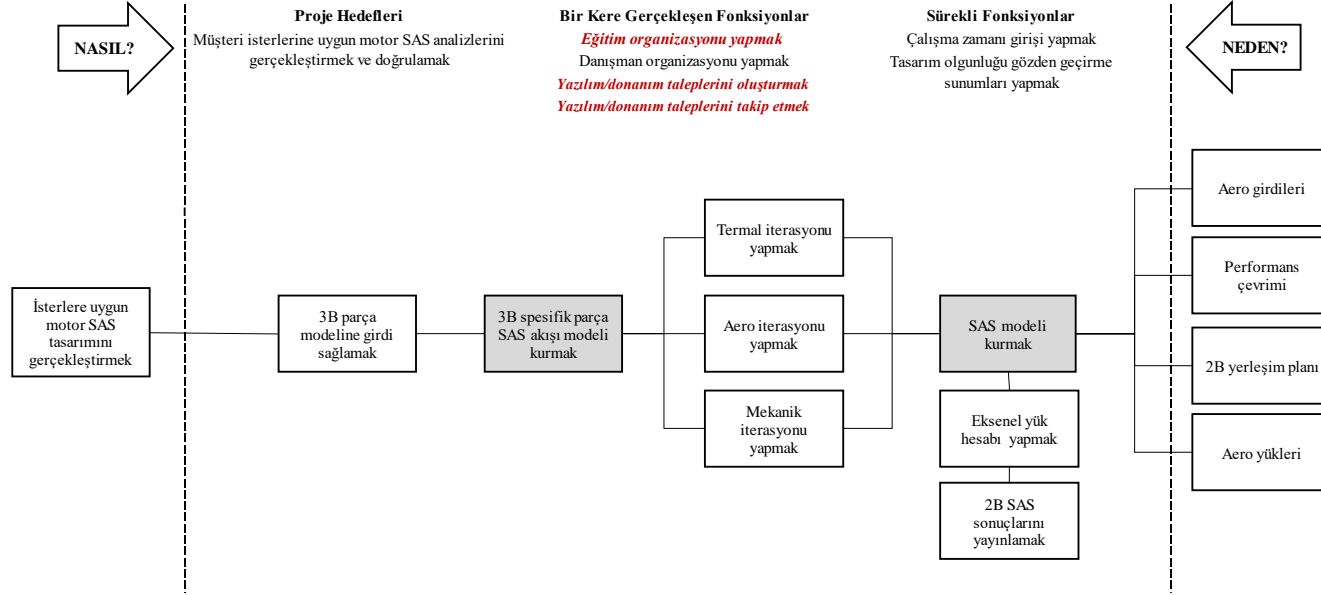
## Aero mühendisliği FAST diyagramı



# EK 19

## Yapısal mühendisliği FAST diyagramı





**EK 21**

Sistem entegrasyon mühendisliği istenmeyen fonksiyon iş yükü yüzdeleri

| <b>İstenmeyen Fonksiyon</b>               | <b>Oran</b> |
|---|-------------|
| Ürün ağacı yönetimini yapmak              | 2,78%       |
| Portföy yönetimi yapmak                   | 16,67%      |
| Program yönetimi yapmak                   |             |
| Şirket içi idari entegrasyon sağlamak     |             |
| Montaj planı oluşturmak                   | 1,67%       |
| Bütçe planı yönetmek                      | 2,78%       |
| Tasarım projesi kaynaklarını yönetmek     | 0,83%       |
| Malzeme planlamak                         | 2,31%       |
| Malzeme stoğunu yönetmek                  | 0,56%       |
| Döküm parça imalat planlaması yapmak      | 1,39%       |
| Parça imalat sürecini denetlemek          | 11,57%      |
| Motor montaj sürecini denetlemek          | 6,94%       |
| Motor parçası envanter listesini yönetmek | 2,08%       |
| Motor test sürecini denetlemek            | 0,56%       |
| Çalışma zaman kaydı yönetimi yapmak       | 0,28%       |
| Satın alma talebi kontrolünü yapmak       | 1,39%       |
| Satın alma talebi veri tabanı oluşturmak  | 2,78%       |
| Satın alma sürecini yönetmek              | 1,11%       |
| Satın alma sürecini denetlemek            | 2,22%       |
| Eğitim organizasyonu yapmak               | 0,02%       |
| Yazılım/donanım taleplerini oluşturmak    | 0,05%       |
| Yazılım/donanım taleplerini takip etmek   | 0,05%       |



**EK 22**

Doğrulama ve geçерleme mühendisliği istenmeyen fonksiyon iş yükü yüzdeleri

| <b>İstenmeyen Fonksiyon</b>                | <b>Oran</b> |
|--|-------------|
| Alt sistem gereksinimleri belirlemek       | 3,33%       |
| Modül bazlı tasarım proje planı oluşturmak | 0,00%       |
| Montaj planı oluşturmak                    | 1,67%       |
| Malzeme planlamak                          | 2,31%       |
| Malzeme planı yönetmek                     | 0,56%       |
| Şirket içi idari entegrasyon sağlamak      | 8,33%       |
| Döküm parça imalat planlaması yapmak       | 1,39%       |
| Parça imalat sürecini takip etmek          | 11,57%      |
| Parça imalat sürecini denetlemek           | 6,94%       |
| Motor montaj sürecini denetlemek           | 3,47%       |
| Motor test sürecini denetlemek             | 13,89%      |
| Fracas oluşturmak                          | 5,56%       |
| Eğitim organizasyonu yapmak                | 0,02%       |
| Yazılım/donanım taleplerini oluşturmak     | 0,05%       |
| Yazılım/donanım taleplerini takip etmek    | 0,05%       |

**EK 23**

Enstrümantasyon mühendisliği istenmeyen fonksiyon iş yükü yüzdeleri

| <b>İstenmeyen Fonksiyon</b>             | <b>Oran</b> |
|---|-------------|
| Satın alma talebi oluşturmak            | 1,11%       |
| Satın alma süreci takip etmek           | 8,33%       |
| Eğitim organizasyonu yapmak             | 0,02%       |
| Yazılım/donanım taleplerini oluşturmak  | 0,05%       |
| Yazılım/donanım taleplerini takip etmek | 0,05%       |

**EK 24**

Performans mühendisliği istenmeyen fonksiyon iş yükü yüzdeleri

| <b>İstenmeyen Fonksiyon</b>             | <b>Oran</b> |
|---|-------------|
| Eğitim organizasyonu yapmak             | 0,02%       |
| Yazılım/donanım taleplerini oluşturmak  | 0,09%       |
| Yazılım/donanım taleplerini takip etmek | 0,09%       |

**EK 25** Motor bütünü entegrasyon mühendisliği istenmeyen fonksiyon iş yükü yüzdeleri

| <b>İstenmeyen Fonksiyon</b>             | <b>Oran</b> |
|---|-------------|
| Satın alma talebi oluşturmak            | 4,44%       |
| Satın alma süreci takip etmek           | 6,67%       |
| Eğitim organizasyonu yapmak             | 0,14%       |
| Yazılım/donanım taleplerini oluşturmak  | 0,09%       |
| Yazılım/donanım taleplerini takip etmek | 0,09%       |

**EK 26**

Termal mühendisliği istenmeyen fonksiyon iş yükü yüzdeleri

| <b>İstenmeyen Fonksiyon</b>             | <b>Oran</b> |
|---|-------------|
| 2B yerleşim oluşturmak                  | 7,41%       |
| Eğitim organizasyonu yapmak             | 0,14%       |
| Yazılım/donanım taleplerini oluşturmak  | 0,09%       |
| Yazılım/donanım taleplerini takip etmek | 0,09%       |

**EK 27**

Mekanik tasarım mühendisliği istenmeyen fonksiyon iş y¼k¼ y¼zdeleri

| <b>İstenmeyen Fonksiyon</b>             | <b>Oran</b> |
|---|-------------|
| Parça imalat sürecini takip etmek       | 8,33%       |
| Motor montaj sürecini takip etmek       | 3,70%       |
| Satın alma talebi oluşturmak            | 1,11%       |
| Satın alma süreci takip etmek           | 11,11%      |
| Eğitim organizasyonu yapmak             | 0,28%       |
| Yazılım/donanım taleplerini oluşturmak  | 0,09%       |
| Yazılım/donanım süreçlerini takip etmek | 0,09%       |

**EK 28**

Aero mühendisliği istenmeyen fonksiyon iş yükü yüzdeleri

| <b>İstenmeyen Fonksiyon</b>             | <b>Oran</b> |
|---|-------------|
| Eğitim organizasyonu yapmak             | 0,56%       |
| Yazılım/donanım taleplerini oluşturmak  | 0,23%       |
| Yazılım/donanım süreçlerini takip etmek | 0,23%       |

**EK 29**

Yapısal mühendisliği istenmeyen fonksiyon iş yükü yüzdeleri

| <b>İstenmeyen Fonksiyon</b>             | <b>Oran</b> |
|---|-------------|
| Satın alma talebi oluşturmak            | 1,11%       |
| Satın alma süreci takip etmek           | 3,33%       |
| Eğitim organizasyonu yapmak             | 0,14%       |
| Yazılım/donanım taleplerini oluşturmak  | 0,56%       |
| Yazılım/donanım taleplerini takip etmek | 2,31%       |



**EK 30**

SAS mühendisliği istenmeyen fonksiyon iş yükü yüzdeleri

| <b>İstenmeyen Fonksiyon</b>             | <b>Oran</b> |
|---|-------------|
| Eğitim organizasyonu yapmak             | 0,23%       |
| Yazılım/donanım taleplerini oluşturmak  | 0,05%       |
| Yazılım/donanım taleplerini takip etmek | 0,46%       |

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İlayda TABAN  
Doğum Yeri ve Tarihi : Akşehir / 07.08.1993  
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu  
Lise : Ali Karasu Lisesi / Sayısal Bilimler  
Lisans : Uludağ Üniversitesi / Endüstri Mühendisliği Bölümü  
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi / Endüstri Mühendisliği Bölümü

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Ermaksan Yüksek Teknoloji Ar-Ge Merkezi (2017-2018)  
Tusaş Motor Sanayii A.Ş. (2018 – Halen)

İletişim (e-posta) : ilaydataban78@gmail.com