

**TEST UÇUŞLARINDA
TELEMETRİ SİSTEMLERİNİN
UÇUŞ EMNİYETİNE KATKISI**

Yüksek Lisans Tezi

Tolga SEZER

Eskişehir, 2017

**TEST UÇUŞLARINDA TELEMETRİ SİSTEMLERİNİN
UÇUŞ EMNİYETİNE KATKISI**

Tolga SEZER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Pilotaj Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa CAVCAR

Eskişehir

Anadolu Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Ocak, 2017

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Tolga SEZER'in "Test Uçuşlarında Telemetri Sistemlerinin Uçuş Emniyetine Katkısı" başlıklı tezi 13/01/2017 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca, Pilotaj Anabilim dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

	<u>Unvanı-Adı-Soyadı</u>	<u>İmza</u>
Üye (Tez Danışmanı)	: Prof. Dr. Mustafa CAVCAR	
Üye	: Prof. Dr. Serkan ÖZGEN	
Üye	: Doç. Dr. Kürşad Melih GÜLEREN	
Üye	: Yard. Doç. Dr. Hatice KÜÇÜKÖNAL	
Üye	: Yard. Doç. Dr. Ertan ÇINAR	

Enstitü Müdürü

ÖZET

TEST UÇUŞLARINDA TELEMETRİ SİSTEMLERİNİN UÇUŞ EMNİYETİNE KATKISI

Tolga SEZER

Pilotaj Anabilim Dalı

Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ocak, 2017

Danışman: Prof. Dr. Mustafa CAVCAR

Hava araçlarında geliştirilen veya sonradan ilave edilecek bir sistemin belirli standartlarda, etkin ve emniyetle kullanılabilmesi için test ve değerlendirme sürecine tabi tutulması gerekmektedir. Test ve değerlendirme safhaları başta uçuş emniyeti, sistemin etkinlikle görevini icra edilebilmesi ve isterleri sağlayabildiğini göstermesi açısından büyük önem arz etmektedir.

Bu tez, test ve değerlendirme, risk analizi ve telemetri sistemleri hakkında bilgi vererek, normal bir uçuşa kıyasla genel risk seviyesi daha yüksek olan test uçuşlarında telemetri sistemlerinin risk azaltıcı bir faktör olarak kullanılması ile uçuş emniyetine katkısının incelenmesi amacıyla hazırlanmıştır.

Bu kapsamda bir test uçuşunun icrası esnasında karşılaşılabilecek söz konusu risklere ilişkin risk azaltıcı tedbirler incelenmiş ve bu noktada telemetri sistemlerinin, uçuş emniyetine olabilecek katkısı üzerinde durulmuştur.

Bu çalışma genel olarak askeri hava araçları ve harici yük sistemleri üzerine yoğunlaşmış olsa da kullanılan teknik ve usuller, askeri ve sivil havacılıkta karşılaşılan birçok probleme de ışık tutmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Test uçuşu, Test ve değerlendirme, Uçuş emniyeti, Telemetri sistemleri

ABSTRACT

THE BENEFITS OF THE USAGE OF TELEMETRY SYSTEMS IN TEST FLIGHTS IN TERMS OF FLIGHT SAFETY

Tolga SEZER

Department of Pilotage
Anadolu University, Graduate School of Sciences, January, 2017

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa CAVCAR

An airvehicle, or an additional system developed to be embedded to an aircraft should be subjected to a test and evaluation process, in order to ensure the use of the air vehicle or the system safely and efficiently in specific standards during the life cycle. Phases of Test and evaluation process is very important since it plays an irreplaceable role in demonstrating the efficient execution of system's intended function full filling the requirements maintaining flight safety.

In this thesis it is aimed to inform about test and evaluation, risk analysis and telemetry systems with to investigate the benefits of the usage of Telemetry Systems as a risk reducing factor in test flights which entertains a high risk level compared to a regular flight.

Risk reducing precautions which can be taken in a test flight are analysed, and the benefits of using telemetry systems in terms of flight safety are investigated with in this aspect.

Although in this study it is mainly focused on military air vehicles and external load systems, the technics and the methodolgy used can enlighten a number of problems faced in civil aviation as well.

Keywords: Flight test, Test and evaluation, Flight safety, Systems of telemetry

ÖNSÖZ

Havacılık; artarak devam eden isterler, rekabet ortamı, emniyet ihtiyaçları, vb. nedenler ile beraberinde birçok teknolojik yeniliğin ortaya çıkmasına ve geliştirilmesine öncülük etmektedir.

Bu alanda icra edilen bilimsel çalışmalarda, objektif ve sağlıklı sonuçlar elde edebilmek için araştırma yöntemi ve analiz kadar önemli bir nokta da veri toplamaktır. Uygun veri toplama yolunun veya yollarının tespit edilmesi, araştırmanın temel dayanağı olan verilerin ölçülmesi ve toplanması, bilimsel bir araştırmanın en can alıcı unsurlarındandır.

Doğası gereği, havacılık alanında uygun olmayan ortamlardan alınan verilerin güvenli bir yerde izlenmesi ve kayıt altına alınması gibi ihtiyaçlar doğmuştur. Bir objenin analog ve/veya sayısal verilerinin uzak bir istasyona, hava, uzay, kablo vb. iletim ortam veya ortamları kullanılarak elde edilen verilerin gerçek zamanlı görüntülenmesi, işlenmesi veya kaydı için kullanılan telemetri sistemleri bu noktada büyük önem arz etmektedir.

Telemetri sistemlerinin ilave olarak uçuş emniyetine katkıda bulunabilecek yetenekleri ile özellikle test uçuşlarında büyük faydalar sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

Çalışmalarım sırasında beni yönlendiren ve yardımcı olan değerli danışmanım Sayın Prof. Dr. Mustafa CAVCAR'a, engin bilgi birikimleri ile yardımlarını esirgemeyen Sayın Orhan NADAR'a, 401'inci Test Filo Komutanı Hv. Plt. Yb.Ahmet Yümnü Barbaros DEMİRBAŞ'a, ve Uçak Mühendisi Taner Birtan BALEVİ'ne teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Ayrıca bu yoğun çalışma ortamında beni hoşgörü ile destekleyen sevgili eşim Pınar'a ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

13/01/2017

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmanın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilemeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım be beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

Tolga SEZER

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1.GİRİŞ	1
2. TEST UÇUŞUNA İLİŞKİN GENEL ESASLAR	3
2.1. Test ve Değerlendirme	3
2.1.1. Test ve değerlendirme faaliyetlerinin ana elemanları	3
2.1.2. Test ve değerlendirme tipleri	5
2.1.2.1. Geliştirme test ve değerlendirmeleri	5
2.1.2.1.1. Mühendislik test ve değerlendirmeleri	5
2.1.2.1.2. Sertifikasyon test ve değerlendirmeleri	5
2.1.2.1.3. Seri üretim süreci test ve değerlendirmeleri	6
2.1.2.1.4. İşletme süreci test ve değerlendirmeleri	6
2.1.2.2. Harekât test ve değerlendirmeleri	6
2.1.2.2.1. Erken harekât kıymetlendirmesi	7
2.1.2.2.2. Harekât kıymetlendirmesi	7
2.1.2.2.3. Başlangıç harekât test ve değerlendirmesi	8
2.1.2.2.4. Devam eden harekât test ve değerlendirmesi	8
2.1.2.2.5. Taktik geliştirme ve değerlendirmesi	8
2.1.2.2.6. Kalifikasyon harekât test ve değerlendirmesi	9
2.2. Test ve Değerlendirme Standartları	9
2.2.1. Uçuşa elverişlilik	10
2.3. Test ve Değerlendirme Süreçleri	13
2.3.1. İhtiyaçların belirlenmesi	16

2.3.2. Tedarik süreci	16
2.4. Test ve Değerlendirme Faaliyetleri	17
2.4.1. Yer testleri	18
2.4.1.1. Tasarıma yönelik veri toplama yer testleri	18
2.4.1.2. Sertifikasyon yer testleri	18
2.4.1.3. Uçuş öncesi hazırlık yer testleri	21
2.4.2. Uçuş testleri	21
2.4.2.1. Geliştirme süreçlerinde uygulanan test uçuşları	21
2.4.2.2. Kabul süreçlerinde uygulanan test uçuşları	24
2.4.2.3. Kullanım süreçlerinde uygulanan test uçuşları	24
2.5. Test ve Değerlendirme Faaliyetlerinde Roller ve Dokümantasyon	25
2.5.1. Test faaliyetlerinde roller, yetki ve sorumluluklar	25
2.5.1.1. Test yöneticisi	26
2.5.1.2. Proje sorumlusu	26
2.5.1.3. Test sorumlusu	26
2.5.1.4. Uçuş test mühendisi	26
2.5.1.5. Test pilotu	26
2.5.1.6. Takip pilotu	27
2.5.1.7. Önleyici uçak pilotu	27
2.5.1.8. Uçuş destek personeli	27
2.5.1.9. Ölçümlendirme ve veri toplama sorumlusu	27
2.5.1.10. Veri analizi ve kıymetlendirme sorumlusu	28
2.5.1.11. Test talep eden makam	28
2.5.1.12. Testlere destek veren birim	28
2.5.1.13. Test uçuşunu icra eden birim	28
2.5.2. Dokümantasyon	29
2.5.2.1. Test ve değerlendirme ana planı	29
2.5.2.2. Test ve değerlendirme planı	29
2.5.2.3. Test uçuşlarında kullanılan yapılacaklar listesi	29
2.5.2.4. Proje ceridesi	30
2.5.2.5. Pilot el kitabı	30
2.5.2.6. Bakım el kitabı	30
2.5.2.7. Teknik emirler	30

2.5.2.8. Teknik veri paketi	30
2.5.2.9. Test sonuç raporu	31
2.5.2.10. Ara test sonuç raporu	31
2.5.2.11. Günlük test uçuş raporu	31
2.5.2.12. Tutanak	31
3. RİSK ANALİZİ	32
3.1. Genel Esaslar	32
3.1.1. Gereksiz risk kabul etmemek	34
3.1.2. Risk kararlarını uygun seviyede almak	34
3.1.3. Faydalar maliyetlerden fazla olduğu zaman riski kabul etmek	34
3.1.4. Risk yönetimini, test faaliyetlerinin bir parçası haline getirmek ..	35
3.2. Risk Tipleri	35
3.2.1. Tanımlanmış risk	35
3.2.2. Kabul edilebilir risk	35
3.2.3. Kabul edilemez risk	35
3.2.4. Tanımlanmamış risk	36
3.2.5. Artık risk	36
3.3. Oluşabilecek Risk Kaynaklarının İncelenmesi	36
3.3.1. İnsan faktörü	36
3.3.2. Sistem faktörü	37
3.3.3. Yönetim faktörü	37
3.3.4. Çevre faktörü	37
3.3.5. Görev faktörü	38
3.4. Test ve Değerlendirme Sürecinde Risk Analizinin Faydaları	38
3.5. Risk Tedbirlerinin Belirlenmesi ve Analiz Edilmesi	38
3.5.1. Risk tedbirlerinin analizinde kullanılan yaklaşımlar	39
3.5.1.1. Riskten kaçınma	42
3.5.1.2. Risk kontrolü	43
3.5.1.3. Risk üstlenme	43
3.5.1.4. Risk transferi	43
3.6. Risk Kararlarının Verilmesi	43
4. TELEMETRİ SİSTEMLERİ	45
4.1. Test Faaliyetlerinde Ölçümlendirme	45

4.2. Telemetri Sistemleri	46
4.3. Telemetri Sistemlerinin Ana Elemanları	46
5. TEST UÇUŞLARINDA TELEMETRİ SİSTEMLERİNİN UÇUŞ	
EMNİYETİNE KATKISININ İNCELENMESİ	52
5.1. Örnek Risk Değerlendirmeleri	53
5.2. Örnek Senaryo	55
6. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER	58
6.1. Sonuç	58
6.2. Tartışma	58
6.3. Öneriler	59
KAYNAKÇA	60
EKLER	
ÖZGEÇMİŞ	

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. HYS Kapsamında İcra Edilen Testler (MIL-HDBK-1763)	10
Çizelge 2.2. Bazı Ülkelerdeki Uçuşa Elverişlilik Otoriteleri	11
Çizelge 2.3. EASA Tarafından Uçuşa Elverişlilik Kapsamında Verilen Sertifikalar	12
Çizelge 2.4. T&D Faaliyetlerinde Tasarım Sürecinin Fonksiyonları	14
Çizelge 2.5. T&D Faaliyetlerinde Tasarım Sürecinin Genel Yapısı	14
Çizelge 2.6. T&D Faaliyetlerinde İcra Sürecinin Genel Yapısı	15
Çizelge 2.7. T&D Faaliyetlerinde Sonuç Sürecinin Genel Yapısı	15
Çizelge 2.8. Yeni Geliştirilen Sistemler için T&D Faaliyetlerinin Tedarik Sürecindeki Yeri	16
Çizelge 3.1. Riskin Gerçekleşme Olasılığı	40
Çizelge 3.2. Risk Beklentisi	40
Çizelge 3.3. Riskin Gerçekleşme Etkisi	41
Çizelge 3.4. Risk Değerlendirme Matrisi	41
Çizelge 3.5. Örnek Risk Kıymetlendirmesi	42
Çizelge 4.1. Almaçlardan Elde Edilen Verilerin, Vericiye Kadar İletilmesi Süreci	48
Çizelge 4.2. PCM ile Alınan Sinyalin Kullanıcıya Ulaştırılması Süreci.....	50
Çizelge 4.3. Telemetri Konusunda Standartları Olan Bazı Kurum/Kuruluşlar	51
Çizelge 5.1. Örnek Risk Değerlendirmelerinde Telemetri Sistemlerinin Uçuş Emniyetine Katkısı	53

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Zaman ve Riske Bağlı, Maliyet/Karmaşıklık İlişkisi	5
Şekil 4.1. Telemetry Sistemlerinin Ana Elemanları	47
Şekil 4.2. PCM ile Gönderilen Sinyalin Eşlenmesi Adımları	49

KISALTMALAR DİZİNİ

AGARD	: Advisory Group for Aerospace Research and Development (Havacılık Araştırma ve Geliştirmeleri için Danışma Grubu)
ASIC	: Airand Space Interoperability Council (Hava ve Uzay BirlikteÇalışabilirlik Konsülü)
CFD	: Computational Fluid Dynamics (Akışkanlar Dinamiği Hesaplamaları)
EMI	: Electromagnetic Interference (Elektromanyetik Girişim)
EMC	: Electromagnetic Compatibility (Elektromanyetik Uyumluluk)
HERO	: Hazards of Electromagnetic Radiaiton to Ordnance (Elektromanyetik Radyasyonun Cihazlar Üzerine Etkisi)
MAWA	: European Military Airworthiness Authorities Forum (Avrupa Birliği Askeri Havacılık Otoriteleri Forumu)
MIL-HDBK	: Military Handbook (Askeri Rehber/El Kitabı)
MIL-STD	: Military Standart (Askeri Standart)
NATO	: North Atlantic Treaty Organization (Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü)
PAM	: Pulse Amplitude Modulation (Darbe Genlik Modülasyonu)
PCM	: Pulse Code Modulation (Darbe Kod Modülasyonu)
STANAG	: Standardization Agreement (Standardizasyon Bildirimi)
TDM	: Time-Division Multiplexing (Zaman Bölmeli Çoklama)

1. GİRİŞ

İnsanlık tarihinin günümüz medeniyet seviyesine ulaşmasındaki en önemli etkenlerden birisi hiç şüphesiz doğamız gereği bitmeyen ve sürekli artan ihtiyaçlarımız doğrultusundaki çözüm arayışlarımızdır. İlk dönemlerde bu çalışmalar daha çok deneme yanılma yöntemi ve tesadüfler üzerinden gerçekleştirilmiştir. İlerleyen dönemlerde ise icra edilen birçok bilimsel araştırmanın temelinde, doğru cevabın seçenekler arasından bulunması yer almaktadır. Bilimin ilerlemesi ve oluşan bilgi birikimi ile objektif ve sağlıklı sonuçlar elde edebilmek için araştırma ve analiz yöntemleri üzerinde durulmuştur. Bunun yanında çeşitli disiplinler için uzmanlık alanları gelişmiş, eksiklikler deneysel yöntemlerle giderilmeye başlanmıştır.

Havacılık, insanlık tarihimizde kısa bir geçmişi olsa da, sahip olduğu potansiyel ile artan bir hızla gelişmektedir. Bunun yanı sıra günümüzde havacılık; yüksek yatırımları, çok uluslu organizasyonları ve farklı disiplinleri bünyesinde barındıran bir sektör haline dönüşmüştür.

20. yüzyılın ilk çeyreğinde geliştirilen sistemlerin, basit yapılardan karmaşık ve farklı disiplinleri bünyesinde barındıran sistemlere dönüşmeye başlaması ile test ve değerlendirme (T&D) faaliyetlerinin de bu alandaki önemi giderek artmıştır.

Günümüzde test ve değerlendirme faaliyetleri temel olarak geliştirme test ve değerlendirme faaliyetleri, harekât test ve değerlendirme faaliyetleri ile taktik geliştirme /müşterek test ve değerlendirme faaliyetleri gibi başlıklara ayrılmaktadır [1]. Bu tanımlar ilk başta askeri havacılıkta kullanılıyor gibi görünse de aslında temel prensipleri ve kavram açısından sivil havacılık alanındaki ürün ve sistemler içinde geçerlidir.

Uçuş testleri esas olarak iyi bir kaynak yönetimi gerektiren, tüm süreçlerinde etkin bir risk analizini bünyesinde barındırmak zorunda olan ve alanında uzmanların oluşturduğu bir ekip işidir. Ülkemizde test ve değerlendirme alanındaki çalışmaların özellikle son dönemlerde olumlu bir şekilde artmasının yanı sıra bu alandaki akademik çalışmaların nispeten kısıtlı olması ve konunun daha iyi anlaşılabilmesi için ikinci bölümde test ve değerlendirme süreci, içeriği ve günümüzde kabul görmüş standartlarından bahsedilmiştir.

Gerçekleştirilen test ve değerlendirme faaliyetleri süresince öncelikli olarak göz önünde bulundurulması gereken konu emniyettir. Uçuş ve yer emniyeti, en öncelikli husus olmakla birlikte, doğası gereği test uçuşu faaliyetlerinin diğer uçuşlu faaliyetlere

göre daha riskli olduğu ise aşikâr bir gerçektir. Bu kapsamda amaç, icra edilen faaliyetler boyunca etkin ve başarılı bir risk analizi yaparak risk azaltıcı tedbirler ve önlemler ile riski kabul edilebilir seviyede tutmaktır. Üçüncü bölümde tüm bu işlemler hakkında bilgi verilmiştir.

Hava araçlarının gelişmesi ve sahip olduğu sistemlerin günümüz isterlerini karşılamaya çalışması, artan emniyet standartları ve teknolojik yenilikler ile birçok veriye ihtiyaç duyulması kaçınılmaz bir hal almıştır. Bu noktada veri toplama ve bu verinin gösterimi, analiz ve kayıt edilmesi hatta başka bir yere aktarılması ihtiyacı doğmuştur. Özellikle test uçuşları için yerinde ölçümün tehlikeli ya da uygulanabilir olmadığı durumlarda söz konusu ölçümler telemetri sistemleri ile gerçekleştirilmektedir. Dördüncü bölümde test uçuşlarında telemetri sistemlerinin uçuş emniyetine katkısı konusunu incelemeden önce telemetri sistemleri ile kullanım alanları hakkında bilgi verilmiş, bu sayede elde edilen kazanımlara değinilmiştir.

Bu çalışmanın sonunda ise telemetri sistemlerinin uçuş emniyetine olan katkısının incelenmesi amacıyla bir test uçuşunun icrası esnasında karşılaşılabilecek söz konusu risklere ilişkin risk azaltıcı tedbirler incelenmiş ve bu noktada telemetri sistemlerinin, uçuş emniyetine olabilecek katkısı araştırılmış ve olası kurgusal senaryolar ile açıklanmaya çalışılmıştır.

2. TEST UÇUŞUNA İLİŞKİN GENEL ESASLAR

Bu bölümde genel olarak test ve değerlendirme faaliyetlerinin yapısı hakkında bilgi verilmiş ve genel esaslardan bahsedilmiştir.

2.1. Test ve Değerlendirme

Havacılık sektöründe icra edilen test faaliyetleri genel olarak, belirlenmiş bir ihtiyacı karşılamak için temin edilen, geliştirilen ya da üretilen bir ürünün (platform, mühimmat, yazılım, pod, vb.) öngörülen kabiliyetlerinin doğrulanmasına yönelik belirli standartlar çerçevesinde yerde veya uçuşta yapılan tüm işlemleri kapsar [2]. Testin başarı ile icra edilebilmesi için test öncesi öngörülerin ve ihtiyaçların hangilerinin, çıkacak sonuçlar ile uyumlu olduğu ortaya konmalı ve ihtiyaç duyulması halinde düzeltici işlemler yapılarak aksaklıkların giderildiği doğrulanmalıdır. Testin hangi ortamda, hangi gereçler kullanılarak, nasıl icra edileceğini belirleyebilmek için ihtiyaçların belirlenmesi, tedarik süreçleri ve ihtiyaç duyulan ürüne ait doğrulama süreçleri kavranmalıdır.

Testler sonucunda elde edilen verilerin test ihtiyaçları doğrultusunda işlenerek analiz edilmesi ve analiz sonucunda ürünün isterleri karşılama noktasında karar verilmesine değerlendirme denir [1].

Devamlı gelişen teknolojinin ihtiyaçları karşılamaya yönelik kullanımında karmaşık sistemlerin tasarım, üretim, teknoloji geliştirme, temin ve ömür belirleme gibi bütün süreçleri içerisinde test ve değerlendirme faaliyetlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Test ve değerlendirme faaliyetlerinin uyum içerisinde yürütülmesi, istenen sonucun etkin ve emniyetli olabilmesi için elzemdir. Bu sebepten test ve değerlendirme faaliyetleri bir bütün olarak değerlendirilmelidir.

2.1.1. Test ve değerlendirme faaliyetlerinin ana elemanları

Genel olarak test ve değerlendirme faaliyetleri, problemlerin belirlenmesi, çözülmesi, tedarik risklerinin azaltılması ve karar vericilere tedarik süreciyle ilgili destek sağlanması amacıyla icra edilir. Bunun yanı sıra modellemeler sonrası elde edilen öngörülerin, icra edilen testler sonrası elde edilen verilerle karşılaştırılması ve analiz edilerek değerlendirilmesi faaliyetlerini de içerir [2]. Bu bağlamda temelde test ve değerlendirme faaliyetlerinin modelleme, test, veri toplama ve analiz ile karşılaştırma bölümlerinden meydana geldiği söylenebilir.

Sistem modellemesi test ve değerlendirmenin temeli olması, risklerin benzetim yoluyla gösterilebilmesi, testlerden önce sonuçların öngörebilmesi, erken çözümler için problem sahalarının ortaya çıkarılabilmesi, tasarımı yapılan sistemin isterleri karşıladığına dair güven vermesi ve ihtiyaç duyulan test miktarını azaltması maksadıyla uygulanabilir. Test ve değerlendirme sürecinin modelleme bölümü, benzetimler ve daha önce icra edilmiş test sonuçları ile desteklenebilir. Benzer olarak, modelleme esnasında testi yapılan sistemin çevresel tehditler ve diğer sistemler ile etkileşimi sağlanarak, sistem performansı hesaplanabilir.

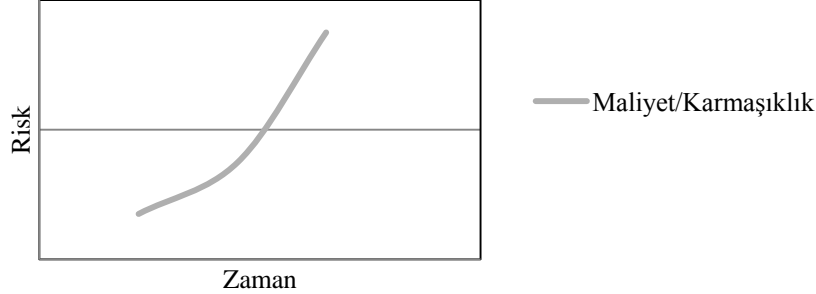
Testin icrası bölümünde, sistemin testi ile test öncesi öngörülen ve isterler doğrultusunda ortaya çıkan sonuçların uyumlu olduğu doğrulanır, bu kapsamda eksiklikler ve mevcut durum belirlenir. Hazırlanan raporlara bağlı olarak düzeltici işlemler yapılabilir ve güncelleme sonucu söz konusu sistem tekrar doğrulanabilmek üzere test edilebilir.

Veri toplama ve analiz bölümünde ise testin ihtiyaçlarına yönelik olarak ilgili sistem üzerinden test öncesinde, esnasında veya sonrasında veri toplama işlemi gerçekleştirilir. Toplanan veriler genel olarak, uygun destek teçhizatları ve yazılımlar ile anlamlandırılır.

Karşılaştırma, esas olarak öngörülen sonuçlar ile test sonucu elde edilen verilerin mukayese edilerek sonuçların değerlendirilmesidir. Test ve değerlendirme sürecinin karşılaştırma bölümü; ihtiyaç duyulan dokümanlar, test planları, test sonuçları, sayısal sistem modellemeleri, analitik ve istatistiksel araçlar ve değerlendirmeler ile desteklenebilir. Karşılaştırma işlemleri sonrasında arzu edilenden isterlerden farklı sonuçlar ile karşılaşılması mümkündür. Bu sebepten, karşılaştırma sonucunda hazırlanan raporlar ile karar vericilere zamanında, doğru ve öz bilgilerin verilmesi sağlanabilir.

Özellikle havacılık sektöründe icra edilen faaliyetlerin maliyetli ve riskli olduğu göz önüne alındığında, test ve değerlendirme faaliyetlerinin olabildiğince düşük maliyetli ve çoklu tekrarlardan oluşan modelleme ve benzetimler ile başlaması, az tekrarlı, yüksek maliyetli ve karmaşık testler ile devam etmesi genel olarak uygulanan bir yöntemdir. Bu yöntem benzetilmiş kullanım ortamında icra edilecek testler ile devam etmelidir.

Özellikle bünyesinde farklı birçok disiplini bulunduran karmaşık sistemler için Şekil 2.1’de sunulan grafikte, zaman ve riske bağlı, maliyet/karmaşıklık ilişkisi gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Zaman ve Riske Bağlı, Maliyet/Karmaşıklık İlişkisi

2.1.2. Test ve değerlendirme tipleri

T&D faaliyetleri genel olarak geliştirme T&D faaliyetleri ile harekât T&D faaliyetleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bunun yanı sıra son dönemlerde müşterek T&D faaliyetleri de ayrı bir başlık olarak incelenmektedir [3].

2.1.2.1. Geliştirme test ve değerlendirme faaliyetleri

Geliştirme test ve değerlendirme faaliyetleri sistemlerin tedariki ve idamesi boyunca, mühendislik tasarım ve geliştirme faaliyetlerine yönelik teknik parametrelerin elde edilmesi ve doğrulanması amacıyla icra edilir.

Bu kapsamda donanım, alt sistemler, örnekler ve ön üretim modellerinin niceliksel ve niteliksel ölçümleri ile değerlendirmeleri yapılır. Ayrıca bir proje öncesinde ihtiyaç duyulan tasarım doğrulama ve yapılabirlik analizleri, mühendislik tasarımları için veri toplanması, projelerin sertifikasyon ve fonksiyonel isterlerinin doğrulanması, yeni kurulan üretim hatlarının doğrulanması ve sistemlerin ömür devri boyunca karşılaşılan arızalarının analizi için gerçekleştirilebilir.

Geliştirme test ve değerlendirmelerinin başlıca amaçları; tasarım riskini en aza indirmek, teknik performans şartlarının yerine getirildiğini doğrulamak, potansiyel etkinlik ve uygunluğunun ön değerlendirmesini yapmak olarak açıklanabilir.

Geliştirme test ve değerlendirme faaliyetlerini aşağıda belirtilen konular kapsamında sınıflandırmak mümkündür [4].

2.1.2.1.1. Mühendislik test ve değerlendirmeleri

Geliştirme öncesi süreçte kullanım ihtiyaçlarının tanımlanması aşamasından projenin başlangıç aşamasına kadar ihtiyaç duyulan tasarım geliştirme ve yapılabirlik analizleri kapsamında icra edilen test ve değerlendirme faaliyetleridir.

2.1.2.1.2. Sertifikasyon test ve değerlendirmeleri

Geliştirme projelerinin sertifikasyon ve uyum isterlerinin doğrulanması amacıyla icra edilen sertifikasyon test ve değerlendirme faaliyetleri, sistemin uçuşa elverişliliğinin ve diğer sistemler ile uyumunun doğrulandığı faaliyetlerdir. İlave olarak bu faaliyetlerin tamamlanmasını takiben düşük oranlı üretim kararına temel teşkil edecek uygunluk değerlendirmesi raporlanarak karar vericilere sunulur. Bu faaliyetlerle ilgili olarak sertifikasyon sürecinde kabul edilen otoritenin isterlerinin karşılanıp karşılanmadığı değerlendirilir.

2.1.2.1.3 Seri üretim süreci test ve değerlendirmeleri

Seri üretim süreci içerisinde ise yeni kurulan üretim hatlarının doğrulanması kapsamında, üretim hattından çıkan sistemin proje muayene ve kabul usullerinde belirtilen isterleri sağlayıp sağlayamadığının doğrulanması amacıyla gerçekleştirilen test ve değerlendirme faaliyetleridir. Prototip kabul testleri de bu kapsamda yer almaktadır.

2.1.2.1.4. İdame süreci test ve değerlendirmeleri

Geliştirilen bir sistemin ömür devri boyunca karşılaşılan arızalarının analizi kapsamında icra edilen test ve değerlendirme faaliyetleridir.

2.1.2.2. Harekât test ve değerlendirme faaliyetleri

Harekât test ve değerlendirme faaliyetleri ise ilgili sistemin gerçek kullanım senaryolarına bağlı olarak, kullanıcı ihtiyaçlarını karşıladığını doğrulamak amacıyla yapılır. Harekât testlerinde; ihtiyaç, sistemin etkinliği ve uygunluğu konuları esas alınır. Bu testler geliştirme testlerinde olduğu gibi mühendislik isterlerini karşılamaya yönelik olmamalıdır. Harekât testlerinin planlanması ve uygulanması esnasında her seviyeden kullanıcının, muhtemel bütün çevre şartlarında icra edeceği faaliyetler kapsanmalıdır. Bu testler kullanım etkinliği ve uygunluğu açısından son derece önemli testlerdir.

Etkinlik açısından anlatılmak istenen, bir sistemin kullanıma yönelik olarak organizasyon, doktrin, taktik, dayanıklılık ve tehdit ortamı düşünülerek, her seviyeden örneklenmiş kullanıcılar tarafından, planlanmış veya beklenen kullanım ortamında, oluşan görev başarımının derecesidir.

Uygunluğu açısından ise bir sistemin kullanımı esnasında mevcudiyet, uyumluluk, birlikte çalışabilirlik, güvenilirlik, kullanım oranı, bakım, idame, emniyet, insan faktörleri, doğal çevre etkileri, dokümantasyon ve eğitim ihtiyaçları, vb. hususlarda değerlendirilerek, kullanıma uygunluğunun derecesi olarak ifade edilebilir.

Benzetilmiş harekât ortamında icra edilen etkinlik testlerinin sonuçları ise sistemin kullanımına yönelik usulleri, taktik ve eğitimlerinin belirlenmesi bakımından rehber olarak kullanılabilir.

İlave olarak alternatiflerin sıralandırılması ve seçimi ile teknolojinin geliştirmesi süreçlerinde, kullanıma yönelik etkinliğin ve uygunluğun değerlendirilmesi amaçlanır. Seri üretim veya temin kararı verildikten sonra yapılan test faaliyetleri ise devam eden harekât test ve değerlendirmeleri olarak tanımlanmaktadır [3]. Bu faaliyetler, ürünün gerçeğe uygun ortamlarda test edilmesi ve değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilir. Bu kapsamda öncelikle kısıtlı üretime geçildikten sonra veya söz konusu sistem temin edilmeden önce ihtiyacın karşılandığından emin olmak ve kritik konular hakkında tespit edilen sorunların seri üretim veya temin öncesinde çözüldüğünü doğrulamak için gerçekleştirilen uygunluk test ve değerlendirme faaliyetlerini de içermektedir. Takiben kullanım alanındaki taktik, teknik ve usullerin belirlenmesi amacıyla taktik geliştirme ve değerlendirme faaliyetleri icra edilir.

Son olarak söz konusu sistemin kullanımının devamı veya yeni bir kullanım ihtiyacının tanımlanması yönünde karar oluşturmaya yönelik değerlendirmeye esas olacak bilgilerin temini amacıyla sistem değerlendirme faaliyetleri icra edilir.

Harekât T&D faaliyetleri yeni geliştirilen ve üretilecek bir sistem için tam kapasite ile üretimden önce ve tam kapasite üretimine geçildikten sonra olacak şekilde iki aşamada icra edilirken hazır alım ile tedarik edilecek sistemler için satın alınması kararı öncesinde ve sonrasında olacak şekilde iki aşamada icra edilir [5].

2.1.2.2.1. Erken harekât kıymetlendirmesi

Tedarik makamı tarafından talep edildiğinde, yeni geliştirilen bir sistemin potansiyel etkinliği ve uygunluğunu tahmin etmek amacı ile yürütülür. Genellikle

kavramsal tasarım ve teknoloji geliştirme aşamalarında icra edilir. Son kullanıcıya yeni teknolojiler hakkında bilgi verme ve geliştirmenin erken safhalarında kullanıcı yorumunu sağlamak amacıyla yapılır.

2.1.2.2.2. Harekât kıymetlendirmesi

Sistem geliştirme aşamasında, modelleme, benzetim, geliştirme test sonuçları ve diğer bilgi kaynaklarını kullanarak oluşturdukları kullanım değerlendirmeleridir. Bu testler ile kullanıma yönelik bir bakış açısıyla sistemin uygunluğu, etkinliği ve gereksinimlerini karşılama durumu incelenerek tedarik makamı ve son kullanıcıya rapor edilir. Kullanım gereksinimlerini karşılayamama durumunu erken tespit ve teşhis etmeye yardımcı olur. Gerek duyulur ise geliştirme testlerinin etkinliğini azaltmayacak şekilde test planlarına girdiler yapılabilir.

2.1.2.2.3. Başlangıç harekât test ve değerlendirilmesi

Düşük kapasite üretim aşamasında sistemin istenilen etkinlik ve uygunluğun sağlandığının doğrulanması amacı ile yürütülen test ve değerlendirme faaliyetleridir. Belirlenen kullanıma yönelik kritik konularda üretici veya tedarikçiden bağımsız şekilde, eğitilmiş kullanıcılar tarafından benzetilmiş kullanım ortamlarında icra edilerek, test ve değerlendirme sonuç raporları karar vericilere sunulur.

2.1.2.2.4. Devam eden harekât test ve değerlendirilmesi

Tam kapasite üretime geçildikten sonra icra edilir ve genellikle başlangıç harekât test ve değerlendirme faaliyetleri ile oldukça benzerlik gösterir fakat daha az kapsamlıdır. Testler kullanıma sunulmuş ürünler ile gerçekleştirilir. Bu faaliyetlerin amaçları arasında kullanımda olan sistemlere yapılacak modifikasyonların etkinlik ve uygunluğunun değerlendirilmesi, başlangıç harekât testlerinde herhangi bir sebep ile eksik kalan testlerin tamamlanması, süreç içerisinde yapılan iyileştirmelerin test edilmesi ve yedek parça dâhil olmak üzere güvenilirlik testlerinin icra edilmesi faaliyetleridir.

2.1.2.2.5. Taktik geliştirme ve değerlendirilmesi

Sistemin kullanım ömrü boyunca, tam kapasite ile kullanım alanına yönelik teknik ve usullerin belirlenmesi amacıyla icra edilen faaliyetlerdir.

2.1.2.2.6. Kalifikasyon harekât test ve değerlendirmeleri

Sistemlerin araştırma ve geliştirme (ARGE) gerektirmeyen kk iyileştirmeleri veya mevcut sistemlerin yeni uygulamalarının test edilmesi ve değerlendirilmesi amacı ile icra edilir.

Bunların dışında geliştirme ve harekât testleri kapsamına girmeyen, fizibilite çalışmaları, arıza kök nedeni belirleme çalışmaları gibi faaliyetler ise diğer test ve değerlendirme faaliyetleri başlığı altında toplamak uygun olacaktır.

2.2. Test ve Değerlendirme Standartları

Havacılık sektöründe, test ve değerlendirme kapsamında icra edilen faaliyetlerin raporlanabilmesi, son kullanıcıya ürünün emniyetli ve etkin kullanım usulleri ile aktarılabilmesi, ürüne ya da ürünün test faaliyetlerine ait teknik dokümanların takibi, vb. birçok konuda ortak ve standart bir uygulamanın icrası için belirlenmiş ve kabul görmüş standartlar vardır.

Farklı organizasyonlar tarafından yayınlanmış standartlar olsa da standardizasyon faaliyetlerinde genel olarak ortak amaç tatmin edici kalitede mal ve hizmet üretimini sağlayarak, kullanıcı çıkarlarını gözetmek, insan hayatının sağlık ve güvenliğini korumak ile ilgili grupların birbirleri ile olan bilgi alış verişini, iletişimlerini ve anlaşmalarını kolaylaştırmaktır.

Örneğin harici yk sertifikasyonu (HYS), harici yüklerin uçan bir platform üzerinde uçuşa elverişliliğinin ve uçak ile söz konusu harici yk uyumunun doğrulandiğı, taşıma, salma, atış, vb. limitlerin belirlenmesi gibi konuları içerir. Bu kapsamda HYS testlerinde kabul edilen referans dokümanlardan MIL-HDBK-1763 "Aircraft/Stores Compatibility" dokümanına göre HYS kapsamında gerçekleştirilen testler izelge 2.1'de sunulmaktadır [6].

Çizelge 2.1. HYS Kapsamında İcra Edilen Testler (MIL-HDBK-1763)

TEST NUMARASI	TEST ADI
HYS-200	UÇUŞ YÜKLERİ
HYS-210	ÇİRPINTI
HYS-221	TİTREŞİM
HYS-222	AEROAKUSTİK
HYS-223	ISIL TEST
HYS-224	ELEKTROMANYETİK GİRİŞİM/UYUM
HYS-230	UÇUŞ NİTELİKLERİ
HYS-240	PERFORMANS VE SÜRÜKLEME
HYS-251	KULLANIM KALİTESİ
HYS-252	YAPISAL BÜTÜNLÜK
HYS-253	DAYANIM
HYS-271	BIRAKMA
HYS-272	FIRLATMA
HYS-273	TOP ATIŞI
HYS-274	DAĞILIM
HYS-280	JETTISON (SALMA)
HYS-291	SERBEST AKIM BALİSTİK
HYS-292	BALİSTİK DEĞERLENDİRME
HYS-293	AYRILMA ETKİLERİ

Bu tabloda belirtilen HYS kapsamında icra edilen testlerin içeriklerinin daha da anlaşılabilmesi adına, örnek olarak seçilen HYS-224 testinde yapılması gereken faaliyetler Ek-1’de sunulmuştur [6].

2.2.1. Uçuşa elverişlilik

Uçuşa elverişlilik, belirli bir hava aracı için onaylanmış kullanım şartları ve sınırlandırmaları içerisinde, emniyetle uçuşunu başlatabilme, sürdürebilme ve sonlandırabilmesi durumudur [7]. İnsan, çevre ve makine faktörleri bu sayede emniyetle ve etkin olarak ortak paydada birleştirilir.

Günümüzde sivil hava araçları için İngilizce karşılığı International Civil Aviation Authority (ICAO) olan Uluslararası Sivil Havacılık Otoritesine taraf olan ülkelerin, tanımlanan kabiliyette ve yetkinlikte bir havacılık otoritesi kurması ve kurulan bu otoritelerin tanımlanan usullere göre faaliyetlerini icra etmesi beklenmektedir. Bu kapsamda, bazı ülkelerdeki uçuşa elverişlilik otoriteleri Çizelge 2.2’de belirtildiği gibidir. Bu çizelgede belirtilen Avrupa Birliği (AB) ülkeleri ICAO’ya karşı sorumlu olan AB ülkeleridir, ancak AB ülkeleri uçuşa elverişlilik faaliyetleri fonksiyonunu European Aviation Safety Agency (EASA)’ya devretmiştir [8].

Çizelge 2.2. Bazı Ülkelerdeki Uçuşa Elverişlilik Otoriteleri

ÜLKE	UÇUŞA ELVERİŞLİLİK OTORİTESİ
TÜRKİYE	Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM)
A.B.D.	Federal Aviation Administration (FAA)
KANADA	Transport CANADA
İNGİLTERE	Civil Aviation Authority (CAA)
AVRUPA BİRLİĞİ	European Aviation Safety Agency (EASA)

Türkiye’de Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM), 1954 yılında Ulaştırma Bakanlığı bünyesinde Sivil Havacılık Dairesi Başkanlığı, 1987 yılında Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, 18 Kasım 2005 tarihinden bu yana ise 5431 sayılı kanun kapsamında oluşturulan teşkilata göre faaliyetlerini icra etmektedir.

Bunun yanı sıra Türkiye’deki sivil havacılık faaliyetleri 2920 sayılı “Türk Sivil Havacılık Kanunu” ve bu kapsamda yayımlanmış olan idari ve teknik yönetmelikler ile havacılık talimatları çerçevesinde yürütülmektedir.

Amerika Birleşik Devletleri’nde (A.B.D.) 1926 yılında yürürlüğe giren “Air Commerce Act” yasası ile düzenlenmeye başlayan sivil havacılık faaliyetleri 1938 yılında yayımlanan “Civil Aeronautic Act” yasası ile güncellenmiştir. Takip eden süreçte 1958 yılında “Federal Aviation Act” yasası ile oluşturulan “Federal Aviation Agency”, 1967 yılında Federal Aviation Administration adı ile faaliyetlerine devam etmiştir.

“Joint Aviation Authorities” (JAA), genel emniyet standartları ile talimatları oluşturmak ve Avrupa’daki rekabet için uygun harekât alanı sağlamak amacıyla “Joint Airworthiness Authorities” adıyla, 1970 yılında “European Civil Aviation Conference” (ECAC) altında kurulmuştur.

JAA ilk kurulduğunda temel olarak büyük gövdeli uçaklar ve motorlar için sertifikasyon kural setlerini oluşturmayı amaçlamıştır. 1987 yılından itibaren görev hava aracı sınıfları için operasyon standartlarının, bakım faaliyetlerinin, lisanslama işlemlerinin ve sertifikasyon tasarım standartlarının oluşturmasını da bünyesine dâhil etmiştir [9].

1990 yılında “Joint Airworthiness Authorities” ismi, “Joint Aviation Authorities” olarak değiştirilmiştir. Türk Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü ise 2001 yılında JAA’ye tam üye olarak kabul edilmiştir.

ECAC’ın 2005 yılında aldığı karar ile JAA, 2007 yılından itibaren Joint Aviation Authorities–Transition (JAA-T) ismini almıştır. Bünyesinde sadece EASA ile EASA

üyesi olmayan JAA ülkeleri arasında iletişimi korumak amacını taşıyan Almanya merkezli irtibat ofisi ile havacılık emniyeti kapsamında eğitim sağlamak amacını taşıyan Hollanda merkezli eğitim ofisi bulunmaktadır.

JAA'nın kanuni herhangi bir yaptırım gücünün olmaması nedeni ile JAA yerine Avrupa Birliği tarafından 1592/2002 sayılı Konsey Regülasyonu doğrultusunda 2002 yılında EASA kurulmuştur. EASA'nın tam olarak tüm fonksiyonları ile birlikte işlerlik kazanması 216/2008 ve 1108/2009 sayılı Konsey Regülasyonları ile 2009 yılında olmuştur.

EASA temel kanuna göre; devlet hava araçları ve Annex-II'de belirtilen hava araçları EASA sorumluluğu dışındadır. Devlet hava araçlarının uçuşa elverişlilikleri, AB ülkelerinin ilgili havacılık otoriteleri (Sivil veya Askeri) tarafından sağlanmaktadır. Bunun yanı sıra Annex-II'de tanımlanan hava araçlarına yönelik tüm faaliyetler ise AB ülkeleri sivil havacılık otoriteleri tarafından düzenlenmektedir.

EASA sorumluluğunda olan bir hava aracına Çizelge 2.3'de belirtilen sertifikaların verilebilmesi için yapılması gereken faaliyetler ile uçuşa elverişlilik "İng. Airworthiness Directive" onayının yayınlanması süreçleri ve söz konusu bu sertifikalar için başvuran organizasyonların yapması gereken faaliyetler, EASA bünyesinde Part 21, dokümanın A-bölümünde (Technical Requirements) tanımlanmıştır [10].

Çizelge 2.3. EASA Tarafından Uçuşa Elverişlilik Kapsamında Verilen Sertifikalar

Tip Sertifikası	Tip Sertifikası (Type Certificate)
	Kısıtlı Tip Sertifikası (Restricted Type Certificate)
	Tamamlayıcı Tip Sertifikası (Supplemental)
	Tip Tasarım Değişikliği
Uçuşa Elverişlilik	Uçuşa Elverişlilik Sertifikası (Certificate of Airworthiness)
	Kısıtlı Uçuşa Elverişlilik Sertifikası (Restricted Certificate of Airworthiness)
	Uçuş İzni (Permit to Fly)
Diğer	Onarım Tasarımlarının Onayı (Repair Design)
	Bazı ünitelerin sertifikalandırılması
	Tasarım ve üretim organizasyonlarının sertifikalandırılması

Askeri havacılık alanında ise uçuşa elverişlilik kurallarına baktığımız zaman, Dünya genelinde askeri hava araçlarının uçuşa elverişliliklerini sağlayabilmek amacıyla genel kabul görmüş kuralların tanımlanmış durumda olmadığını görmekteyiz.

A.B.D. Hava Kuvvetleri tarafından MIL-HDBK-516B ve diğer referans dokümanlar ile sertifikalandırma işlemleri yürütülse de uçuşa elverişliliğin tüm sahalarını kapsayacak bir kurallar bütünü oluşturulmuş değildir. Örnek olarak North Atlantic Treaty Organization (NATO) insansız hava aracı (İHA) sistemlerine “Tip Sertifikası” verilebilmesi amacıyla kullanılacak STANAG 4671 “Unmanned Aerial Vehicle Systems Airworthiness Requirements” dokümanını tanımlamıştır [11].

Askeri hava araçlarının çok uluslu olarak tasarlanıp, üretilmesi ile birlikte, her ulusun askeri havacılık otoritesinin farklı uçuşa elverişlilik gereksinimlerini tanımlayabildikleri buna bağlı olarak da proje takviminin uzayabildiği ve maliyetlerin yükselebildiği durumlar meydana gelebilmektedir [2].

Fakat son dönemde askeri havacılık kapsamında uçuşa elverişlilik standartlarının belirlenmesi, birlikte çalışabilirliğin artması ve askeri havacılık otoriteleri tarafından yapılan işlemlerin karşılıklı olarak tanınmasıyla maliyet etkin çözümlerin gerçekleştirilmesinin hedeflendiği görülmektedir.

Bu kapsamda NATO Uçuşa Elverişlilik Grubu, Avrupa Birliği Askeri Havacılık Otoriteleri Forumu (İng. MAWA), Hava ve Uzay Birlikte Çalışabilirlik Konsülü (İng. ASIC), vb. uluslararası çalışma grupları oluşturulmuştur.

Özellikle NATO tarafından oluşturulmuş çalışma grupları sayesinde 2006 yılından günümüze, yürütülen faaliyetlerde uçuşa elverişlilik süreçlerinin iyileştirilmesi, NATO bünyesinde sahip olduğu veya NATO adına kullanılan hava araçlarının uçuşa elverişliliklerinin sağlanabilmesi amacıyla yapılması gereken işlemlerin belirlenmesi ve NATO’nun uçuşa elverişlilik kapsamındaki yükümlülüklerinin net olarak tanımlanması amaçlanmaktadır.

2.3. Test ve Değerlendirme Süreçleri

Günümüzde, test ve değerlendirme süreçleri genel olarak tasarım, icra ve sonuç olarak üç ana başlık altında incelenmektedir.

Bu kapsamda, tasarım süreci bir projenin başlangıç aşaması ile başlayıp test uçuşlarının icrası aşamasına kadar devam eder. Test gereksinim ve başarımleri, test prosedürleri ve uçuş planları gibi ihtiyaçların belirlendiği süreçlerdir.

Bu süreçte öncelikli olarak, sertifikasyon ve fonksiyon isterleri ile kullanıma yönelik etkinlik ve uygunluk gereksinimleri girdi olarak kullanılmalıdır.

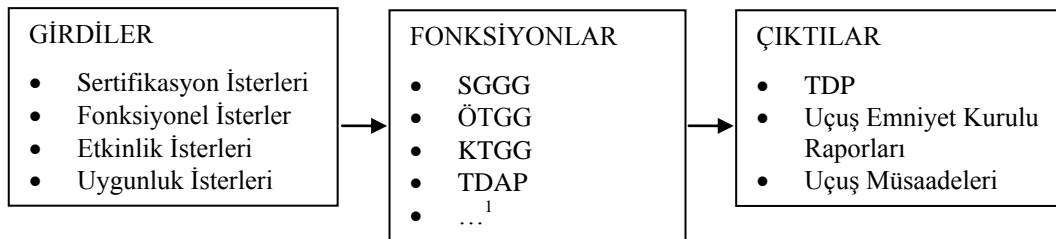
Girdiler ışında bazı önemli fonksiyonların gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmalar, tasarım süreci fonksiyonları olarak ifade edilir ve Çizelge 2.4'de belirtilmiştir [12].

Tasarım sürecinin sonunda, girdiler ışığında elde edilen fonksiyonlar ile “Test Değerlendirme Planları” ve “Uçuş Emniyet Kurulu Raporları” ile uçuşlar için müsaade alınması faaliyetleri icra edilir. Test ve değerlendirme faaliyetlerinde tasarım sürecinin genel yapısı ise Çizelge 2.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.4. *T&D Faaliyetlerinde Tasarım Sürecinin Fonksiyonları*

T&D FAALİYETLERİNDE TASARIM SÜRECİNİN FONKSİYONLARI
Sistem Gereksinimleri Gözden Geçirme (SGGG)
Ön Tasarım Gözden geçirme (ÖTGG)
Kritik Tasarım Gözden Geçirme (KTGG)
Test ve Değerlendirme Ana Planı (TDAP)
Test Gereksinim ve Başarım Kriterlerinin Belirlenmesi
Uçuş Test Veri İhtiyaçlarının Belirlenmesi
Ölçümlendirme Gereksinimlerinin Belirlenmesi
Test Sahası Gereksinimlerinin Belirlenmesi
Test Senaryolarının Belirlenmesi
Dur/Devam Kriterlerinin Belirlenmesi
Emniyet Gereksinimlerinin Belirlenmesi
Güvenlik Gereksinimlerinin Belirlenmesi
Uçuş Test Prosedürlerinin Hazırlanması
Sorti Planlarının Yapılması
Analiz ve Yer Testleri Sonuçlarının Değerlendirilmesi
Test Uçuşu Öncesinde Emniyet Kurulu Faaliyetlerinin İcrası

Çizelge 2.5. *T&D Faaliyetlerinde Tasarım Sürecinin Genel Yapısı*



Test ve değerlendirme faaliyetlerinde tasarım sürecinden sonraki aşama icra sürecidir, test ve değerlendirme faaliyetlerinin tasarım süreci sonunda uçuş emniyet

¹Diğer fonksiyonlar, Çizelge 2.4'te belirtilmiştir

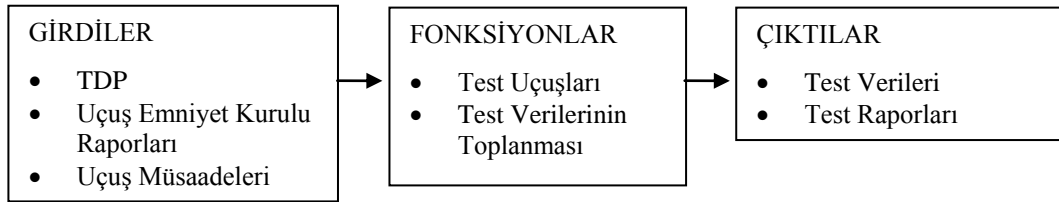
kurulu onayı ve uçuş müsaadesinin alınması ile başlayıp, TDP dokümanında belirtilmiş olan test uçuşlarının tamamlanmasına kadar devam eder.

Bu süreç esnasında girdi olarak TDP, Uçuş Emniyet Kurulu Raporu ve uçuş müsaadesi kullanılır.

Girdiler ışığında test ve değerlendirme uçuşları ve uçuş test verilerinin toplanması faaliyetleri icra sürecinin fonksiyonlarıdır.

İcra sürecinin son aşamasında ise çıktı olarak, icra edilen test faaliyetlerine ilişkin raporlar ve test verileri elde edilir. Test ve değerlendirme faaliyetlerinde icra sürecinin genel yapısı ise Çizelge 2.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 2.6. *T&D Faaliyetlerinde İcra Sürecinin Genel Yapısı*

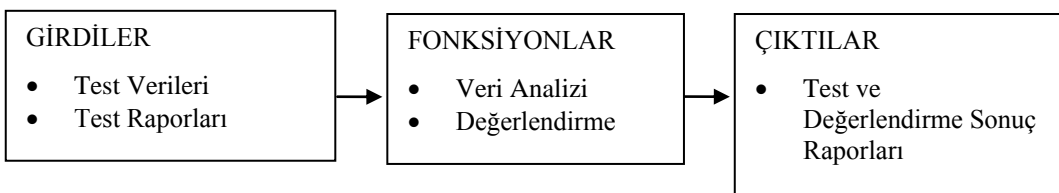


Son aşama olan sonuç süreci ise kısmen icra süreci ile iç içedir. Test uçuşlarının icrası ile başlar, icra edilen test faaliyetlerinin raporlanmasına kadar devam eder. Test verilerinin analizi ve değerlendirilmesi yapılarak test sonuçları raporlanır.

Girdi olarak icra sürecinde hazırlanan test raporları ve uçuş test verilerini kullanır. Uçuş test verilerinin analizi ve değerlendirme faaliyetleri ise sürecin fonksiyonları olarak ifade edilir.

Yapılan analiz ve değerlendirme faaliyetleri neticesinde çıktı olarak test ve değerlendirme sonuç raporları oluşturulur. Test ve değerlendirme faaliyetlerinde sonuç sürecinin genel yapısı ise Çizelge 2.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.7. *T&D Faaliyetlerinde Sonuç Sürecinin Genel Yapısı*



2.3.1. İhtiyaçların belirlenmesi

Gelişen teknoloji, ihtiyaçların karşılanması, isterler, standardizasyon vb. nedenlere bağlı olarak getirilen kısıtlamalar, rekabet ortamı, uçuş emniyeti, maliyetlerin azaltılması gibi birçok etken göz önüne alındığında ihtiyaçların belirlenmesi sürecinde tüm bu faktörler göz önünde bulundurularak konusunda uzman ve ARGE konularında eğitilmiş bir ekip ile ihtiyaçlar doğru ve zamanında tespit edilmelidir.

Aynı zamanda yukarıda bahsedilen ekip tarafından, söz konusu organizasyonun yönetici ve ilgili bölümlerine konu ile ilgili düzenli bilgi akışı sağlanmalı, raporlaşmalar, taslak doktrin çalışmaları ve vadeli planlama faaliyetleri ile koordineli bir şekilde çalışmalara devam edilmelidir.

2.3.2. Tedarik süreci

Tedarik ihtiyacı; teknoloji geliştirme, ARGE yoluyla üretim veya kullanıma hazır sistemlerin temin edilmesi ile karşılanabilir.

T&D faaliyetleri, tedarik süreci içerisinde bir bütün olarak icra edilmelidir. Özellikle yeni geliştirilen sistemlerde kavramsal tasarımdan, kullanıma sunum aşamasına kadar T&D faaliyetlerinin, tedarik sürecindeki yeri Çizelge 2.8'de gösterilmiştir [15]. Burada geliştirme test ve değerlendirme faaliyetleri ile harekât test ve değerlendirme faaliyetlerinin bütün süreç içerisinde, farklı yoğunluklarda bulunduğu özellikle dikkat edilmelidir.

Çizelge 2.8. Geliştirilen Sistemler için T&D Faaliyetlerinin Tedarik Sürecindeki Yeri

		C. Sistem Geliştirme ve Gösterim		Ç. Kullanıma Sunum	
		Geliştirme Testleri	Üretim Hattı Kalifikasyonu	Başlangıç Kullanım Testleri	Kabul ve Kullanım Testleri
Geliştirme Test ve Değerlendirme				Harekât Test ve Değerlendirme	
Üretim Süreci					
		Prototip	Düşük Kapasite Üretim	Seri Üretim	



ZAMAN

2.4. Test ve Değerlendirme Faaliyetleri

İhtiyaçlar doğrultusunda belirlenen isterler, teknoloji geliştirme, araştırma ve geliştirme (ARGE) yoluyla üretim veya kullanıma hazır sistemlerin tedarik edilmesi ile karşılanır.

Her iki durumda da iyi bir tedarik sürecinin işletilebilmesi ve ihtiyaç duyulan sisteme ait isterlerin doğrulanabilmesi için belirli standartlar çerçevesinde yerde veya uçuşta çeşitli test faaliyetleri icra edilmelidir.

Bu kapsamda uçak veya uçak yüklerinin; geliştirme, imalat, kullanım, destek, eğitim ve sarf hususları gibi sistem ömrü içerisindeki gerekliliklerini içeren sivil ve askeri organizasyonlar tarafından yayınlanmış dokümanlar mevcuttur.

Örneğin, askeri uçak ve uçak yükleri konusunda çalışan organizasyonlar ile Amerika Birleşik Devletleri, Savunma Bakanlığı bağlısı bütün birimler ile birçok ülkenin de referans olarak kullandığı Military Handbook – 1763 (MIL-HDBK-1763) bu konuda kullanılan en yaygın dokümanlardan bir tanesidir.

Bunun yanı sıra askeri havacılık alanında kabul görmüş kurallar tanımlanmamış olduğundan, askeri el kitapları (İng. MIL-HDBK), havacılık alanında araştırma ve geliştirme için kurulan tavsiye gurupları (İng. AGARD), vb. çalışmalar kesin bir ister olarak referans gösterilmemelidir, gösterildiği durumda ise yüklenici taraf ilgili dokümanın bütününe tam anlamıyla riayet etmeyebilir [6].

Askeri havacılık alanında yayınlanan bu tip dokümanlar; hava aracının, özel bir yükün veya bir sistem için uygulanması gereken isterleri ve söz konusu ürünün uçuşa elverişliliğinin doğrulanmasını bir bütün içerisinde birleştirerek yol göstermeyi sağlar. Aynı zamanda bu dokümanlar, gerekli bütün test faaliyetleri için söz konusu sisteme uygulanan ölçümlendirme ve test verilerinde standart bir yöntem içerir. Bu standardizasyon ile sorumlu organizasyon yayınladıkları test sonuçlarını, tekrar edilmesi zorunlu olmayan testler için başka bir organizasyona transfer edebilir.

Genel olarak T&D faaliyetlerini, yer ve uçuş testleri olmak üzere iki bölümde incelemek mümkündür.

Askeri ve sivil havacılık alanında, isterlere bağlı olarak kullanılacak dokümanlar değişiklik gösterse de temel amaç standardizasyonu sağlamak olduğundan örnek olarak bu bölümde MIL-HDBK-1763 dokümanına göre belirtilen yer ve uçuş testleri incelenecektir.

2.4.1. Yer testleri

Yer testleri, her test programı için son derece kritik bir faaliyettir. Yer testleri arzu edilen ölçüm ve değerlendirme sonuçlarının doğrulanması, değerlendirilmesi ve raporlandırılmasında kullanılır. Aynı zamanda kritik uçuş testleri öncesinde gerekli görülen gereksinim ve emniyet isterlerinin, yer testlerinde karşılanabildiği oranda teyit edilmesi için de gerçekleştirilebilir.

Yer test faaliyetlerini, test ve değerlendirme süreci içerisinde tasarıma yönelik veri toplama, sertifikasyon ve uçuş öncesi hazırlık yer testleri olarak incelemekte fayda bulunmaktadır.

2.4.1.1. Tasarıma yönelik veri toplama yer testleri

Kavramsal tasarım aşamasında birlikte çalışması planlanan sistem, platform, vb. ile yapılan ve tasarımı yönlendirecek olan testlerdir. Bu faaliyetler mühendislik testleri olarak da adlandırılabilir.

2.4.1.2. Sertifikasyon yer testleri

Sistemin sertifikasyonu kapsamında icra edilen yer testleridir. Tek bir referans doküman olmadığından genel olarak yer testlerini belirli başlıklar altında sınıflandırmak gerekmektedir. Bu kapsamda yer testleri; uyum ve fonksiyon testleri, statik bırakma testleri, aeroelastik titreşim testleri, yapısal bütünlük testleri, rüzgâr tüneli testleri, çevresel şartlar testleri ve ateşleme testleri olarak sınıflandırılabilir [6].

Uyum ve fonksiyon testlerinde söz konusu ürünün fiziksel ve mekanik uyumluluğu ile yükleme usullerinin uygunluğu değerlendirilir. Ürünün çevresiyle arasında bulunan açıklığın yükleme, bakım, taşıma ve intikal faaliyetleri için yeterli olup olmadığı belirlenir. Ayrıca elektriksel, elektromekanik ve optik bağlantıların uygun bir şekilde yapıldığı bu testler kapsamında kontrol edilir. Böylece önerilen yükleme teçhizatıyla hava aracına yüklenmesine yönelik usuller testler gerçekleştirilir.

Statik bırakma testinin amacı ise söz konusu ürünün harici yük olduğu durumlarda, hava aracı ile harici yük istasyonlarından bırakılan yükün tepki kuvvetlerini ve ayrılma karakteristiklerini belirlemek ve fonksiyonunu yerine getirdiğini görmek ve ateşleme kontrol sisteminin güvenilirliğini doğrulamaktır. Ayrılma karakteristikleri, yük salanın etki alanında ayrıldıktan sonraki (itme işlemi tamamlandığında) ivmelenmelerini, açışal hızlarını, yunuslama, yuvarlanma ve yalpa davranışlarını,

salandan uçak yapısına gelen tepki kuvvetlerini, salanın, mühimmata ilettiği dinamik kuvveti içerir.

Aeroelastik yer titreşim testi, uçak ile harici yük kombinasyonunun önemli modlarının frekanslarını, sönümlenme değerlerini ve mod şekillerini deneysel olarak belirlemek için gerçekleştirilir. Bu veriler teorik çarpıntı hesaplamalarının doğrulanması amacıyla kullanılır.

Yapısal bütünlük testleri ise hava aracı ile harici yük kombinasyonlarının en kritik uçuş koşullarında yapısal bütünlüğünü ve uygunluğunu yerde test etmek amacıyla icra edilir. Testlerde yapısal analiz yöntemleri kullanılarak uçuşta etki eden yüklerin benzetimi yapılır ve bu yükler uygulanır. Bu testler için kapsamlı bir altyapıya ihtiyaç vardır.

Rüzgâr tüneli testleri, harici yükü taşıyacak olan platformun harici yüke olan etkileri, harici yükün platforma olan etkileri, aeroelastik etkiler ve ayrılma testleri olmak üzere dört aşamada incelenir. Öncelikli olarak ana taşıyıcı olan platformun, taşınan yük ve salanlara aerodinamik etkilerini belirlemek amacıyla testler gerçekleştirilir. İstenilen test verisi Mach sayısının, uçak yöneliminin, yüksekliğin ve konfigürasyon karakteristiklerinin bir fonksiyonu olarak esir taşınan yük ve salanlar üzerine etkileyen kuvvet ve momentlerdir [14]. Genelde bu testlerde aeroelastik etkiler ihmal edilir.

İkinci aşamada harici yükün ana taşıyıcıya olan etkileri kapsamında ise hava aracının toplam sürüklenmesinde artışın ve uçak ağırlık merkezindeki değişimin beraber neden olduğu konular incelenir. Bu testlerde hava aracının harici yük ile birlikte performans, stabilize ve kontrol karakteristiklerinin hesaplanması için ihtiyaç duyulan katsayılar belirlenir. İlave olarak yüksek G'li manevraları yapacak bir hava aracında dönel denge, serbest spin testleri gibi testlere ihtiyaç duyulabilir. Bu testlerde kontrollü ve kontrolsüz uçuştaki karakteristiklerde belirlenir [14].

Aeroelastik etkiler hususunda yapılan rüzgâr tüneli testleri ise harici yükün neden olduğu kararsızlıkların gerçekleşeceği uçuş hızları, frekansları ve mod şekillerini deneysel olarak belirlendiği testlerdir. Bu amaçla hava aracının geometrik şeklini, ağırlık ve sertlik dağılımını temsil edecek şekilde üretilmiş ve ölçümlendirilmiş elastik modeller kullanılır. Bunlara çarpıntı modelleri denir. Bu testlerde çarpıntı gibi aeroelastik kararsızlıklara yönelik analitik tahminler ortaya koyulur. Modeller artan rüzgâr tüneli hızlarında test edilir ve genelde model kaybının önüne geçmek için test limit süratının sadece 1.15 katına kadar test edilir. Sıkıştırılabilirlik etkileri ise özellikle

0.7 Mach ve üstü süratlerde önemli olduğundan transonik rüzgar tüneli testlerinde doğrulama ihtiyacı doğmaktadır [6]. Ancak, transonik rüzgâr tüneli testleri zor, zaman alan ve pahalı testlerdir. Analitik yöntemler yetersiz kaldığında özel amaçlı çarpıntı modeli testleri planlanabilir.

Son olarak bu ve benzeri ayrılma testleri kapsamında amaç, kabul edilebilir ayrılmanın sağlandığını doğrulamak için yeterli veriyi toplamaktır. Uçuş testleri için ise sınırları, problem sahalarını ve sorunların nasıl giderileceğini doğrulamak için bu analizler kullanılır.

Çevresel şartlar testlerinde titreşim, aeroakustik, elektromanyetik radyasyonun cihazlar üzerine etkisi (İng. HERO), elektromanyetik girişim ile elektromanyetik uyum (İng. EMI/EMC), uç sıcaklıklar ve ısı yüklerinin etkileri değerlendirilir. Titreşim ve aeroakustik konusunda harici yüklerin maruz kalacakları titreşim ve aeroakustik koşullarına dayanabildiğini ve bu koşullarda görev yapabileceğini doğrulamak için gerçekleştirilen testlerdir. Titreşim testlerinde ana taşıyıcı tarafından indüklenen ve yüksek frekanslarda aeroakustik olarak indüklenen titreşimler simüle edilir. Testlerde yükün bu titreşimde görev yapabildiği ve yapısal bütünlüğünü koruduğu doğrulanır. Titreşim ve aeroakustik testleri mümkün olduğunda birleştirilebilir [6]. Düşük frekanslı mekanik titreşimlerin yüksek frekanslı aeroakustik testlere eklenmesiyle yükün uçuşta, yerde ve havada taşınırken karşılaşılabilecek titreşimlere ilişkin en iyi benzetimleri elde edilebilir.

Elektromanyetik radyasyonun cihazlar üzerine etkisi kapsamında ise elektrikle başlatılan cihazları indükleyebilecek elektromanyetik enerji seviyesini ölçmek amaçlanır. Testler, yükün nakliyesi, taşınması, yüklenmesi süreçlerinde maruz kaldığı elektromanyetik ortam sağlanacak şekilde kurgulanmalıdır. Böylece, elektrikle başlatılan cihazların istemsiz olarak başlatılması sonucu personelin yaralanması ya da malzemenin hasara uğraması konusu ile elektrikle başlatılan cihazların istemsiz olarak başlatılması sonucu cihazda oluşabilecek güvenilirlik kaybı gibi konular incelenir.

Elektromanyetik etkileşim ve girişim testleri kapsamında söz konusu taşıyıcı platforma ait aviyonik sistemleri, kullanım ortamı ve yük elektronik sistemleri arasında ve yüklerin birbiri arasındaki varsa istenmeyen girişim seviyelerinin belirlenmesi amacıyla elektromanyetik kontrol testleri ve analizleri gerçekleştirilir. İstemsiz girişimlerin uçuş emniyeti ve görev başarımına etkisi değerlendirilir.

Isıl testlerde ise söz konusu yükün uçuş esnasında taşınırken, uçarken, yerde ve intikal sırasında karşılaşacağı ısı ortamlarla uyumluluğunu belirlemek amacıyla icra edilir. Aerodinamik kaynaklı ısınmaların, yük çevresindeki sıcaklık dağılımının ve diğer ısı kaynaklarının, yükün çalışma karakteristiğini etkileme ya da kısıt getirme konuları bu testler kapsamında incelenir.

Top ve füze sistemlerinin bulunduğu hava araçlarında, uyum ve kalifikasyonun gereksiz can ve malzeme kaybı risklerini almadan önce gerçekleştirilmesi gereken testlerdir. Bu nedenle, top ve füze sistemlerinin başarımlarına uyumlu ve güvenli olarak çalıştığını doğrulamak amacıyla gerçekleştirilir.

2.4.1.3. Uçuş öncesi hazırlık yer testleri

Test uçuşları öncesinde karşılaşılabilecek aksaklıkları tespit edebilmek için icra edilen hazırlık testleridir. Ürünün platforma yüklenmesi öncesinde ve yüklenmesi sonrasında, temel fonksiyonlarını yapıp yapamadığını görmek amacıyla harici enerji, test cihazları ve platform enerjisi ile icra edilen testlerdir [5].

2.4.2. Uçuş testleri

Uçuş test faaliyetlerini, T&D süreci içerisinde kronolojik olarak aşağıda belirtilen üç ana başlık altında incelenebilir.

2.4.2.1. Geliştirme süreçlerinde uygulanan test uçuşları

Tasarıma yönelik veri toplama test uçuşları, tasarım aşaması devam eden ve/veya tamamlanmış test uçuşları, sertifikasyon programı devam eden hava araçlarının uçuşları ile uçuşa elverişliliği belgelendirilmiş hava araçlarına tasarım aşaması devam eden ve/veya tamamlanmış harici yüklerin sertifikasyonu kapsamında icra edilen test uçuşlarıdır.

Uçuş yükleri kapsamında icra edilen test uçuşları, harici yükün ve platformun kombinasyonlarının yapısal bütünlüğünü doğrulamak için uçuş esnasında verilerin toplanmasıdır. Bu kapsamda gerçekleştirilecek kritik yük koşulları altında uçuşlar gerçekleştirilerek hava aracının, yükün ya da salan teçhizatlarının arızalanmadığı gözlenerek sistemlerin yapısal bütünlüğünü koruduğu gösterilir. Yapısal tasarım ve analizleri doğrulamak için uçuş yüklerinin ölçümleri yapılır. Ayrıca hava aracının

yapısının dinamik yüklere karşı gösterdiği elastik tepki karakteristiklerini ve dinamik yük analizlerini doğrulamak için ölçümler yapılır.

Çırpıntı test uçuşları istenen uçuş zarfı içerisinde sertifikasyonu sağlanacak konfigürasyonun aeroelastik kararsızlıklara maruz kalmayacağı ve yeterli sönümlenme karakteristiklerini göstereceğini doğrulamak amacıyla yapılan testlerdir. Testlerde istenen veri; kanat yüzeylerinin, salanların ve yüklerin yapısal tepki frekanslarının ve bunlara karşılık gelen genlikleri ile sönümlenme değerlerinin, artan dinamik basınç ve Mach sayılarına bağlı olarak elde edilmesidir. Sönümlenme değerinin, artan genliklere bağlı olarak tedrici ya da ani olarak düşmesi ve iki tepki fonksiyonunun birleşmeye doğru gitmesi genelde çırpıntıya yaklaşıldığına işaret eder [14]. Testlerde toplanması istenen diğer veriler ise konfigürasyon kayıtları, uçak yakıt durumu ve yakıt kullanım miktarları, hava hızı, irtifa, hava sıcaklığı ve barometrik basınç gibi isterlerdir.

Çevresel şartlar ile ilgili test uçuşlarında titreşim, aeroakustik, elektromanyetik girişim/uyum, uç sıcaklıklar ve ısı yüklerinin etkileri değerlendirilir. Harici yük sertifikasyonunun bir parçası olarak esir taşıma uçuşları esnasında, yük üzerinden titreşim ölçümleri alınır. Bu ölçümlerle amaçlanan, yükün kullanım esnasındaki titreşim koşulları için tasarlanan değerleri doğrulamaktır. Ayrıca harici yük olarak tanımlanan sistemin ve sistem içerisindeki alt bileşenlerin titreşim seviyeleri saptanır. Titreşim ve aeroakustik testler mümkün olduğunda birlikte icra edilir [6]. Aeroakustik uçuş testleri gerçek uçuş akustik koşullarını belirlemek ve harici yük konfigürasyonlarının bu koşullara dayanabileceğini ve bu koşullarda işlevlerini gerçekleştirebildiklerini doğrulamak için gerçekleştirilir. Bu testlerden elde edilen uçuş verileri ise akustik isterlerin değerlendirilmesi ve öngörülen akustik seviyelerinin doğrulanması için kullanılır.

Elektromanyetik girişim/uyum uçuş testleri ise sadece yer testi ile gösterimlerin yapılamadığı durumlarda gerçekleştirilir. Bu testlerde hava aracı aviyonik sistemleri ve harici yük elektronik sistemleri arasında istemsiz bir etkileşim durumu incelenir. Elektromanyetik girişimin etkileri öngörülemez olabilir. Bu nedenle bu testler oldukça tehlikeli olabilir ve elektromanyetik bir girişim ile kritik uçuş sistemlerinde hayati bir arıza tetiklenebilir. Test ve analiz tekniklerindeki gelişmelere rağmen, bu uçuş testleri en tehlikeli test uçuşları arasındadır, bu yüzden azami dikkat ve konusunda uzmanlık şarttır [14].

Son olarak çevresel şartlar ile ilgili icra edilen bir diğere test faaliyeti de ısı testlerdir. Isıl uçuş testlerinin amacı, sistemin gerçek uçuş sıcaklıklarına dayanabildiğini ortaya koymaktır. Bu testlerde sonuçlar ile yer testleri ve analiz sonuçları ilişkilendirilerek doğrulamalar yapılabilir ve test teknikleri geliştirilebilir.

Uçuş nitelikleri testleri ile hava aracının emniyetli olarak çalışabildiği limitlerin belirlenmesi ve hava aracının özel bir harici yük veya varyantları ile beraber tasarlandığı görev amaçlarını yerine getirdiği doğrulanır. Bu testlerin sonuçları aynı zamanda hava aracının teknik dokümanlarında uçuş karakteristiklerinin etkin olarak tanımlanmasını sağlar. Bu testlerin tasarlanmasında en kötü koşulların dâhil edilmesi için gereken dikkat ve tedbirler göz önünde bulundurulmalıdır.

Performans ve sürüklenme test uçuşları ilgili harici yükün, görev performansına olumsuz etkisi olacaksa, bu performans düşüklüğü seviyesinin belirlenmesi amacıyla planlanır. Test sonuçları analitik olarak elde edilen veriler ve rüzgâr tüneli testleri ile elde edilen veriler ile kıyaslanmalıdır.

Esir taşıma test uçuşları kapsamında, alt konusu olan kullanım nitelikleri testlerinde harici yük olarak tanımlanan sistemin, hava aracının kullanım niteliklerine olan etkileri değerlendirilir. Testlerde hava aracının emniyetle görev yapabileceği limitler saptanır ve kullanım niteliklerine ilişkin olarak teknik dokümanlarda ihtiyaç duyulan güncellenmeler sağlanır. Aynı zamanda yapısal bütünlüğün doğrulanması amacıyla harici yük olarak tanımlanan sistemin, hava aracının uçuş ve yer işletim ortamlarında dayanımı doğrulanır. Bu testler izin verilebilir en yüksek süratte azami simetrik ve asimetrik yüklerle maruz kalınacak şekilde uçularak hava aracının, harici yüklerin ve salanların hasar görmediği ya da arızalanmadığı doğrulanır. Bu testlerde ölçümlendirilmemiş hava araçları da kullanılabilir.

Ayrılma test uçuşları bırakma, fırlatma ve dağılım testleri olarak icra edilen test uçuşlarıdır [6]. Bu testler yükün salandan ayrılmasıyla gerçekleştirilen test uçuşları olup ayrılma zarfı içerisinde harici yükün hava aracından emniyetle ve uygun şekilde ayrıldığı gösterilmesi için yapılır. Bu testlerde aynı zamanda harici yükün emniyetle ayrılmasının yanında balistik yörüngesinin de ayrılmadan uygunsuz şekilde etkilenmediğinin gösterilmesi için de önemlidir. Güvenli ayrılma (İng. Jettison) test uçuşları ise harici yüklerin ağırlıkları, sürüklemeleri ya da istenmeyen karakteristiklerinden kurtulmak amacıyla jettison edilebilirliğinin doğrulanması için icra edilir.

Jettison, acil bir durumda hava aracının bekasını sağlamak veya emniyet açısından sorgulanabilir bir yükü taşımaktan kurtulmak için yapılabilir. Yüklerin jettison edilmesi her zaman önceden planlı bir olay olmadığından bir yükün jettison edilebileceği hız limitleri mümkün olduğunca geniş olmalıdır. Jettison genelde düz ve sabit irtifa uçuşlarda gerçekleştirilir ancak istisnalar vardır. Jettison işleminin seçime bağlı ve acil durumlar olmak üzere iki tipi vardır. Seçime bağlı jettison işlemi bazı yükleri ve salanları seçerek bırakmayı kapsar. Acil durum jettisonu işleminde ise tüm yük ve salanlar, önceden ayarlanmış bir sıra ile bırakılır. Jettison testleri aynı zamanda söz konusu harici yüklerin, bırakma teçhizatlarının ya da salanların istenen jettison zarfı içerisinde hava aracından güvenle ayrıldığını doğrulamak için gerçekleştirilir. Bu testler özellikle mühimmatlar için mühimmatın hava aracından ayrılıp serbest uçuşa geçtikten sonraki vuruş anına kadar, serbest akım rotasını ve balistik modelinin oluşturulmasını sağlamak amacıyla da icra edilen testlerdir.

2.4.2.2. Kabul süreçlerinde uygulanan test uçuşları

Hazır alım sonucu ürünün kullanım isterlerini karşılmasına yönelik icra edilen test uçuşlarını, geliştirme süreci tamamlanan ürünün üretim hattı kalifikasyonu test uçuşlarını, geliştirme uçuşları tamamlanmış ve seri üretimi devam eden ürünlerin kabul test uçuşları ile tedarik sürecindeki platformda kullanılabilmesi için platform üzerinde yapılan değişikliğin doğrulanması amacıyla icra edilen test uçuşlarını kapsar.

2.4.2.3. Kullanım süreçlerinde uygulanan test uçuşları

Örnek ürünün seri üretimi veya satın alınması kararı öncesinde ve sonrasında olacak şekilde iki ana gruba ayrılabilir. Kullanım etkinlik testlerinin kronolojik olarak sınıflandırılması aşağıdaki gibidir [1].

Ön kullanım değerlendirmeleri, düşük kapasite ile üretim öncesinde karar vericilere, kullanıcılara ve tasarımcılara kullanıma yönelik bilgilerin ve geri beslemelerin sağlanabilmesi amacıyla yapılan test uçuşlarıdır. Yine bu uçuşlarda ihtiyaç olarak tanımlanmış olan platform, sistem, vb. için konseptin oluşturulması, alternatiflerin sıralandırılması ve seçimi ile teknoloji geliştirilmesi süreçlerinde kullanıma yönelik etkinliğin ve uygunluğun değerlendirilmesi amacıyla test faaliyetleri icra edilir. Prototip olarak üretilmiş olan sistemin seri üretimine karar verilmesi veya satın alınması sürecinde gerçekleştirilen faaliyetlerde ön kullanım değerlendirmeleri

altında gerçekleştirilir. Bu süreç içerisindeki ön kullanım değerlendirmelerinde, üretici veya tedarikçiden bağımsız olarak, eğitilmiş kullanıcılar tarafından kullanım senaryoları kapsamında benzetilmiş kullanım ortamlarında yapılan test ve değerlendirmeler sonucunda belirlenen kritik konulara yönelik karar vericilere değerlendirmeler raporlanarak sunulur.

Devam eden kullanım test ve değerlendirmeleri, seri üretim veya satın alınma kararı verildikten sonra yapılan test faaliyetlerini içerir. Bu faaliyetler, kullanım uygunluk değerlendirmeleri olarak üretime geçildikten sonra kullanım ihtiyaçlarının karşılandığından emin olunabilmesi ve önceden tespit edilmiş kritik konular hakkındaki varsa sorunların seri üretim veya tedarik öncesinde çözüldüğünden emin olunması amacıyla icra edilir. Yine bu süreç içerisinde sistemin ömrü boyunca kullanımına yönelik tekniklerin ve usullerin belirlenmesi de bu aşamada icra edilen test ve değerlendirme faaliyetleridir. Devam eden kullanım test ve değerlendirmeleri, geliştirilen veya tedarik edilen sistemin kullanım süreçlerinde iyileştirme veya mevcut sistem üzerinde yeni uygulamalar ile kabiliyet kazandırılması amacıyla icra edilen test uçuşlarını da kapsamaktadır.

2.5. Test ve Değerlendirme Faaliyetlerinde Roller ve Dokümantasyon

Test ve değerlendirme faaliyetleri öncelikle bir ekip işidir. Bu kapsamda ekibin bir bütün olarak çalışabilmesi ve dokümantasyon konusu çok önemlidir. Test ekibi, icracı olan organizasyona göre değişiklik gösterebilmekle beraber, bu bölümde genel olarak test ve değerlendirme faaliyetlerinde görevli birimler, roller ile gerekli dokümantasyon gereksinimlerinden bahsedilmektedir.

2.5.1. Test faaliyetlerinde roller, yetki ve sorumluluklar

Kısıtlı kaynakların farklı disiplinler ile birlikte çalışmasını gerektiren test ve değerlendirme faaliyetlerini icra edecek olan organizasyonlar, kaynak ve personelini doğru yönetebilmeli ve söz konusu ekip içerisindeki görev ve sorumlulukları iyi belirlemelidir. Organizasyonun yapısı dâhilinde test ekibinin oluşturulmasında farklı kadro ve yapılar oluşturulabilmekle beraber, test ve değerlendirme faaliyetlerindeki temel roller, yetki ve sorumluluklar aşağıda belirtilmiştir [15].

2.5.1.1. Test yöneticisi

Testlerin icrası ve güvenliği için gerekli tüm otoritelerin eşgüdümünün sağlanmasından sorumludur. Testleri güvenlik ile ilgili herhangi bir sebeple erteleme veya iptal etme yetkisine sahiptir.

2.5.1.2. Proje sorumlusu

Üretici firma/kurum/kuruluş/komutanlık/vb. tarafından belirlenmiş, geliştirme ve tedarik süreçlerinden sorumlu olan makamdır.

2.5.1.3. Test sorumlusu

Testin genel sevk ve idaresinden, gizlilik önlemlerinin yerine getirilmesinin sağlanmasından, uçuş hattında çalışacak personelin uçuş ve yer emniyeti ile ilgili eğitimlerinin verilmiş olmasından, müşteri ile tedarikçi olan makam arasındaki koordinasyondan sorumludur. Firma/kurum/kuruluş/vb. test sorumlusu ve test pilotu ile birlikte test sırasında testlerin akışı ve diğer hususlar ile ilgili alınabilecek kararları test yöneticisinin onayıyla verme yetkisine sahiptir. Hava aracı ile test kalemi dışındaki harici yüklerin, test için hazır hale getirilmesinden ve test raporunun ilgili roller ile eşgüdümlü olarak hazırlanmasından sorumludur.

2.5.1.4. Uçuş test mühendisi

Hava aracının test için hazır hale getirilmesinden, testlerin yapılacağı alanın ve işaretlerin hazırlığından, testten önce kullanılacak hava aracının destek teçhizatlarının hazırlanmasından ve kalibrasyonundan sorumludur veya sorumludurlar. Ayrıca, firma/kurum/kuruluş/vb. tarafından düzenlenen uçuş kayıtlarının incelenmesinden ve diğer safhaya geçiş için test pilotu ve test yöneticisini bilgilendirmekten sorumludur veya sorumludurlar.

2.5.1.5. Test pilotu

Test sorumlusunun yönlendirmesi ile testleri icra edecek ve gözlemlerini test ekibine iletecek olan uçucu veya uçuculardır. Test sorumlusu ile birlikte test sırasında, testlerin akışı ve diğer hususlar ile ilgili alınabilecek kararları test yöneticisinin onayıyla verme yetkisine sahiptir. Test faaliyetleri test yöneticisinin onay verdiği zorunlu

durumlar haricinde bütün testler boyunca aynı uçucu veya uçucular tarafından yürütülmelidir.

2.5.1.6. *Takip pilotu*

Test uçağını güvenlik açısından izleyip test pilotuna ve test sorumlusuna bilgi sağlayacak uçuculardır. Test uçuşu esnasında test uçağını ve test kalemini eşgüdüm içerisinde güvenli mesafeden takip ederek gözlemlendiği hususları uçuş esnasında veya sonrasında test pilotuna ve test sorumlusuna bildirmekten sorumludur. Testler sırasında görüntü almakla sorumlu olmalarının yanı sıra, testler öncesinde gerçekleştirilecek uçuş brifinglerinde test yöneticisi ve test sorumlusunun gerekli gördüğü diğer görevleri de yerine getirmekle sorumludurlar.

2.5.1.7. *Önleyici uçak pilotu*

Mühimmat atış testlerinde mühimmatın serbest uçuşu sırasında herhangi bir sebepten dolayı güvensiz bir durumun oluşması halinde, mühimmatın uçuşunun uçuş sonlandırma sistemi ile sonlandırılmadığı durumlarda, hava-hava füzeleri ile mühimmatın uçuşunun sonlandırılması için dışarıdan müdahale edecek uçuculardır. Testler öncesinde gerçekleştirilecek uçuş brifinglerinde test yöneticisi ve test sorumlusunun gerekli gördüğü diğer görevleri de yerine getirmekle sorumludur.

2.5.1.8. *Uçuş destek personeli*

Test faaliyetlerinin uygulanmasına yönelik gerekli teknik ve cari faaliyetleri gerçekleştiren personeldir. Test faaliyetlerinin içeriği göz önünde bulundurularak konusunda uzman, harbe hazır, test terminolojisine hâkim, ürün/platform/sistem/vb. konularda teknik bilgi ve gerekli sertifikalara sahip personel tarafından icra edilir.

2.5.1.9. *Ölçümlendirme ve veri toplama sorumlusu*

Sözleşme gereği ürünün test ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde platform veya ürün üzerinde gerekli ölçümlendirmeyi tasarlayıp uygulayan, ölçümlendirme sistemi üzerinden faaliyetler sonrasında veri toplanması ve ilgili birimlere iletilmesinden sorumlu olan personeldir.

2.5.1.10. Veri analizi ve kıymetlendirme sorumlusu

Firma/kurum/kuruluş/vb. tarafından elde edilen verilerin anlamlandırılması ve analizi işlemlerini gerçekleştiren personeldir.

2.5.1.11. Test talep eden makam

Sözleşmeler gereği bulunan ya da temin edilmesi planlanan sistemin, geliştirme, harekât, sertifikasyon ve kabul için ihtiyaç duyulan test faaliyetlerini talep eden firma/kurum/kuruluş/vb. makamdır. Sorumlulukları aşağıda belirtilmiştir.

Bu makam test değerlendirme ana planını hazırlamaktan ve test değerlendirme planı, test uçuşlarında kullanılan yapılacaklar listelerinin hazırlanması ile değişken listesi dokümanlarına rehberlik etmekten sorumludur. Gerekmesi durumunda test aktiviteleri içerisinde temin edilecek tüm verilerin (gerçek zamanda ya da uçuş sonrası) formatlarını (tablo, grafik, birim, vb.) ve analiz yöntemlerini (dönüşümler, istatistiksel değerlendirmeler, vb.) belirler. Yine gerekmesi durumunda ölçümlendirme faaliyetleri için talep edilen teknik neşriyatı kontrollü olarak teslim eder ve ölçümlendirme kapsamında yapılan tadilatların teknik emirlere yansıtılmasında ya da yansıtılması için gerekli verileri sağlar. Testler için gerekli tüm ihtiyaçların (yazılım, donanım, ünite, malzeme, vb.) onaylanan veya anlaşma sağlanan takvime uygun olarak temin edilmesinden sorumludur. Bu makam ayrıca testlerde elde edilen verileri değerlendirmekten sorumludur.

2.5.1.12. Testlere destek veren birim

Tanımlanan ihtiyaçların, test talep eden makam tarafından karşılanamaması ya da sözleşmesel olarak ilgili ihtiyaçları karşılaması için görevlendirilen birimdir. Söz konusu birim, talep edilen testleri bir önceki maddede belirtilen sorumluluklar çerçevesinde, süreçlere uygun takip ve icra etmekten sorumludur.

2.5.1.13. Test uçuşunu icra eden birim

Test faaliyetlerinin gerekli şartlara ve isterlere uygun olarak icra edilmesinden sorumlu birimdir. Geliştirme, kullanım, kafiye kabul ve sertifikasyon testleri vb. test faaliyetlerini icra etmekten sorumludur.

2.5.2. Dokümantasyon

Test ve değerlendirme faaliyetleri esnasında ve kullanıma alındıktan sonraki aşamada icra edilecek faaliyetlerin standardizasyonunun yapılabilmesi, raporlanabilmesi, son kullanıcıya ürünün emniyetli ve etkin kullanım usullerinin aktarılabilmesi, takibinin sağlanabilmesi gibi konularda ürüne ya da ürünün test faaliyetlerine ait teknik neşriyatlara ihtiyaç duyulur [16]. Aşağıda belirtilen söz konusu dokümanların gelişim süreci, ürünün tedarik yöntem ve süreçleriyle eş zamanlı olarak yürütülmelidir.

2.5.2.1. Test ve değerlendirme ana planı

Test ve değerlendirme ana planı (TDAP) proje sürecinde icra edilmesi planlanan tüm test faaliyetlerini içeren ana dokümandır. Bu dokümanda, sistem gereksinimlerinin hangi yöntem ile doğrulanacağı ve proje süresince gerçekleştirilmesi planlanan tüm testler belirtilmektedir. Projenin ön tasarım gözden geçirme aşamasında ilk hali yayımlanır.

2.5.2.2. Test ve değerlendirme planı

Test ve değerlendirme planı (TDP), TDAP içerisinde yer alan test faaliyetlerinin nasıl icra edileceğini içeren dokümandır. Bu dokümanda, test uçuşları kapsamındaki tüm test gereksinim ve usullerin tanımlandığı, uçuş planlarının yapıldığı, test yöntemi ile ilgili usullerin ve görev ile rollerin açıklanır. TDP, uçuş test tasarım sürecinde hazırlanmalıdır. Örnek bir TDP içeriği Ek-2’de sunulmuştur.

2.5.2.3. Test uçuşlarında kullanılan yapılacaklar listesi

İlgili TDP’de yer alan test isterlerini sağlamak ve veri toplamak amacı ile uçuş bazında icra edilecek faaliyetlerin detay plan ve sıralandırılması, icra esnasında karşılaşılabilecek aksaklıklarda yapılacak işlemlere yönelik uygulama usullerini, test faaliyetine katılan personel, platform, testin amacı, testin hedefi ve başarımları tanımlayan dokümandır. Her test uçuşu öncesinde İngilizce karşılığı “RUNCARD” olan ve genelde bu ifade ile anılan doküman test pilotu, uçuş test mühendisi ve firma/kurum/kuruluş/vb. sorumlu personeli tarafından imzalanarak kabul edilir, uygulanır ve arşivlenmek üzere kayıt altına alınmalıdır.

2.5.2.4. Proje ceridesi

Proje sorumlusu firma/kurum/kuruluş/vb. tarafından günlük olarak tutulup, test yöneticisinin onayı sonrasında aylık olarak yayımlanır. Proje ceridesi içerisinde proje kapsamında yapılan bütün faaliyetler (yer testi, uçuş testi, toplantı, çalışma, vb.) ve yapılamayan faaliyetler nedenleri ile yer alır. Ayrıca, projedeki olası gecikmelere bağlı olarak maliyet, müt ve maddi sıkıntılara neden olabilecek durumlarda bu doküman bir referans olarak kullanılabilir.

2.5.2.5. Pilot el kitabı

Ürünün son kullanıcı tarafından emniyetli ve etkin kullanılabilmesi için geliştirme test faaliyetlerinde taslak olarak hazırlanmaya başlayıp ilk harekât yetenek testlerinden sonra son haline getirilerek uçucu personel için hazırlanan ve ihtiyaç halinde kullanım ömrü boyunca güncellenmesi gereken dokümandır.

2.5.2.6. Bakım el kitabı

Ürünün son kullanıcı tarafından emniyetli ve etkin kullanılabilmesi için ürün geliştirme test faaliyetlerinde taslak olarak hazırlanmaya başlayıp ilk harekât yetenek testlerinden sonra son haline getirilen ve ihtiyaç halinde kullanım ömrü boyunca güncellenmesi gereken bakım personeli için hazırlanan dokümandır.

2.5.2.7. Teknik emirler

Ürünün uluslararası standartlara uygun hazırlanmış teknik bilgilerine yönelik dokümandır. Bu veri paketi hazır bir dokümanın ilgili bölümlerine Ek veya değişiklik olarak yayınlanabilir.

2.5.2.8. Teknik veri paketi

Sözleşmeler gereği üretici veya yüklenici tarafından test faaliyetleri tamamlandıktan sonra tasarımdan test raporuna kadar geçen süreçte elde edilen tüm verileri içeren bilgi paketidir. Tedarik makamına sunulur.

2.5.2.9. Test sonuç raporu

Tüm test faaliyetleri sonucunda elde edilen verilerin değerlendirme sonuçlarını içeren dokümandır. Test sonuç raporu içerisinde o zamana kadar yürütülen uçuş test faaliyetlerinin sonucunda elde edilen sayısal veriler, analiz sonuçları ve değerlendirmeler yer alır. Test sonuç raporunda, TDP’de planlanan tüm işlemlerin ve testlerin sonucu TDP’deki gibi hiyerarşik bir şekilde raporun ilgili bölümlerinde anlatılır. Her bir test adımının sonucu BAŞARILI, BAŞARISIZ, TEKRAR şeklinde kesin hükümler ile ifade edilmelidir [6]. Her bir test için yapılan veri analizleri ek olarak verilir ve raporun ilgili bölümlerinde veri analiz sonuçlarına ilişkin değerlendirmeler yer alır. Gerçekleştirilen uçuşlara ait RUNCARD’lar rapora Ek olarak verilir.

Planda yapılan sapmalar, gerekçeleriyle birlikte raporun ilgili bölümlerinde anlatılır. Yaşanılan aksaklıklar ve yapılan ya da yapılması gereken düzeltici işlemler ilgili yerlerde anlatılmalıdır. Test sonuçlarının özeti yapılır. Bu bölümde başarısız olan veya tekrar test gerektiren hususlara yer verilmelidir. Son olarak öğrenilen dersler, tavsiyeler bölümlerine yer verilir.

TDP’nin icra sürecinde testler tamamlandıkça ara uçuş test raporları yayımlanabilir. TDP’nin icra sürecinden sonra nihai raporun yayımlanmasını beklemeden ön bir test raporu da yayımlanabilir.

2.5.2.10. Ara test sonuç raporu

TDP’de test faaliyetleri aşamalı olarak yer almaktadır. Tamamlanan aşamaları takiben, tamamlanan her bir aşamaya ilişkin test faaliyetlerinin sonuçlarının değerlendirildiği dokümandır.

2.5.2.11. Günlük test uçuş raporu

Test pilotu tarafından uçuş sonrasında doldurulan rapordur. Genel olarak karşılaşılan aksaklıklar, tespit edilen hususlar, alınan dersler, tavsiyeler gibi ayrıntılı ve bilimsel analiz öncesinde tespit edilen durumları içeren rapordur.

2.5.2.12. Tutanak

TDP’lerde uygulama usulleri belirlenmiş olmasına rağmen icra esnasında oluşan değişiklikleri kayıt altına almak ve yeni uygulama usullerini raporlamak amacıyla test yöneticisinin belirleyeceği makamlar tarafından onaylanan belgelerdir.

3. RİSK ANALİZİ

Test uçuşları, uçuş öncesi geçen süreçte bilgisayar destekli akışkanlar dinamiği hesaplamaları (İng. CFD), rüzgâr tüneli testleri, yer titreşim testleri, vb. birçok teknik analiz ve uygulama içermesine rağmen testin doğası gereği bilinmezlik ve belirsizlikler içermektedir.

Geliştirme test uçuşlarının bu kapsamda genel amacı bu belirsizlikleri giderip, ürünün son kullanıcıya verilmeden önce emniyetli bir şekilde kullanılabilceğini doğrulamaktır. Geliştirme test uçuşlarının içerdiği doğal belirsizliklerden dolayı icrası esnasında en yüksek oranda kaza riski taşıyan uçuş türleridir.

Bu sebeplerden dolayı iyi bir risk analizi mekanizmasının oluşturulması ve söz konusu faaliyetler esnasında icracı her bir personelden başlamak üzere ilgili bütün organizasyon veya organizasyonlarda risk yönetiminin bir yaşam tarzı haline getirilmesi hedeflenmelidir. Bu sayede günlük faaliyetlerin temelinde yatan uçuş ve yer emniyetindeki etkinliğin artırılmasının yanında planlı, kontrollü ve başarılı bir yaşamın elde edilmesi, muhtemel olaylara felakete dönüşmelerinden önce müdahale edilmesi ve düzeltici işlemlerin her seviyede yapılabilmesi alışkanlığı getirilmelidir.

3.1.Genel Esaslar

Tamamen emniyetin en ön planda tutulduğu bir ortamda dahi yüzde yüz başarının elde edilmesi olası değildir. Başarının yakalanması için riskin belli ve kabul edilebilir miktarlarda alınması gerekir. Test faaliyetleri gerek tek bir sistem gerekse müşterek organizasyonlar tarafından; cesur, riski öngören, kontrol ve kabul edebilen bir yaklaşımla icra edilmelidir.

Testlerin gerçekleştirilebilmesi için bazı risklerin öngörülmesi ve kabul edilmesi gerekmektedir. Eğer bütün risklerden uzak durulmaya çalışılırsa, olabilecek riskler reddedilir duruma düşülür ki bu durumda görevin yerine getirilmesi mümkün değildir. Ancak risk göz önüne alınmadan başarıya ulaşılacak istenirse sonuçları ölümcül olabilir.

Karar verme makamında olanlar ve icracılar devamlı olarak oluşabilecek riskleri doğal çerçevesi içinde tutmaya çalışmalıdır. En genel ifade ile başarılı bir risk analizi yaparak dengeli bir karar verilmesiyle, risk yönetimi yerine getirilmiş olur. Genel anlamda en düşük seviyedeki risk ile test faaliyetlerini yerine getirmek amaçlanmalıdır. Aynı zamanda, risk konusunda verilecek kararlarla ilgili yeterli girdinin oluşturulabileceği uygun ortam sağlanmalıdır, bu ortam günümüzde test uçuşu emniyet

panelleri, test uçuşu emniyet kurulu gibi, organizasyonlara göre farklı isimler alabilen fakat esas olarak bu amaca hizmet eden ortamlardır [17].

Yüksek risklerin mevcut olduğu sahaların belirlenmesi ve risklerin ortadan kaldırılması, şiddetlerinin kabul edilebilecek seviyeye getirilmesi veya kontrol altında tutulabileceği tedbirlerin alınması, yapılması gereken test faaliyetlerinin icrasında elzemdir. Bu yöntem ve tedbirler fazla iş gücü gerektirmeyen bir yöntemden yerine getirilmesi zaman ve maddi sıkıntılar doğurabilecek yöntemlere kadar çeşitlilik gösterebilir. Risk analizi ve olası tedbirlerin tespiti, icra edilecek test faaliyeti öncesinde ne kadar erken öngörülebilirse söz konusu projenin aksaksız olarak yürütülmesinde o kadar önem arz etmektedir [1].

İcra edilen tüm faaliyetlerde “risk” vardır. Risk, tehlikenin vuku bulma ihtimali ve vuku bulduğunda ise vereceği kaybın derecesi olarak tanımlanabilir. Risklerden kaçınmak için faaliyetlerden kaçmak mümkün değildir. Bir testin icrasında riskler ile mücadele yöntemleri test ile birlikte uygulanmalıdır. Uçuş emniyeti, yer emniyeti, genel güvenlik hizmetleri ile aktif ve pasif savunma tedbirleri risklere karşı yapılan mücadelelerdir. Bu bakımdan yönetici ve uygulayıcı personel, bu mücadele içinde, planı, programı ve icraatıyla yer almalıdır.

Riski kabul etmek, risk yönetiminin bir fonksiyonu olup basit bir yaklaşım değildir. Bu kapsamda riskin bir dereceye kadar temel bir gereklilik olduğu unutulmamalıdır. Testin yapılabilmesi için gerekirse bir kısım riskleri kabul etmek zorunludur. Risk belirlemede öngörünün sağlanması, riskin önlenmesine ışık tutacaktır. Bu amaçla riskin tespitine yönelik soruların önceden sorulması ve cevaplarının önceden bilinmesi gerekmektedir, yine bu noktada alınan dersler, tecrübe birikimi ve kurumsal hafıza gibi konular çok değerli birer kaynak olarak kullanılmalıdır.

İyi bir risk analizi için sürekli aşağıda belirtildiği gibi sorular sormak gerekir.

Ne yanlış gidebilir?

Senaryoların tanımlanmasının önemi nedir?

Olası riskin meydana gelme olasılığı, beklentinin seviyesi ve sonuçları neler olabilir?

Sebepler-sonuç analizinde alternatif çözümler neler olabilir?

Sebepler-sonuç analizinde potansiyel problem sahaları nelerdir?

Sağlıklı bir risk analizi ile proje sürecinde mevcut kısıtlı bütçeden en faydalı şekilde yararlanılması, tehlikelerin tespit ve kontrol edilmesi, yeteneklerin geliştirilerek daha sağlıklı bir ortamda testlerin icra edilmesi sağlanır.

Risklerin değerlendirilmesi ile ilgili olarak beş temel prensip icra edilen tüm faaliyetlerde kapsanmalıdır [18]. Bu prensipler testler öncesinde, esnasında ve sonrasında uygulanması gereken ve süreklilik arz eden hususlardır. Test faaliyetlerinde risk yönetiminin temel prensipleri olarak da ifade edilebilecek olan bu prensipler ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

3.1.1. Gereksiz risk kabul etmemek

Gereksiz alınan bir riskin, uygun olmayan bir şekilde geri dönmesine mani olmak için yapılır. Tüm görev ve günlük faaliyetler, risk ihtiva eder. Dolayısıyla tüm aktivitelerde, uygun kontrollerin tesisi gereklidir. Bir testi başarmak için yapılan seçimlerin arasında en mantıklısı, testin tüm gereklerini yerine getirirken personel ve kaynakları, kabul edilebilir en az seviyede riskle karşı karşıya bırakmaktır.

3.1.2. Risk kararlarını uygun seviyede almak

Verilen kararın açık bir şekilde muhasebesini yapmamıza olanak verir. Testin başarı veya başarısızlığıyla ilgili muhasebesi, risk kararı verme basamağında yer almalıdır. Risk kararını herkes verebilir, ancak uygun olan seviye riski, en aza indirmek için kaynakları kullanabilecek veya tehlikeyi önleyebilecek, gerekli kontrolleri uygulamaya koyabilecek olan test emniyet kurulu ve karar vericilerdir.

3.1.3. Faydalar maliyetlerden fazla olduğu zaman riski kabul etmek

Tanımlanmış tüm faydaların yine tanımlanmış olan tüm maliyetlerle karşılaştırılmasıdır. Bu işlem birime azami kapasiteyi kazandırır. Yüksek riskler bile faydaların toplamının maliyetlerin toplamından fazla olduğu konusunda kesinlik varsa kabul edilebilir. Maliyetleri ve faydaları mukayese işlemi, yorum gerektirir. Mukayese işlemi, uygun karar seviyesindeki yetkililer ve test emniyet kurulunun girdileri ile yapılmalıdır. Aynı şekilde bu kararların verilmesinde tecrübe, bilgi birikimi ve daha önceden yaşanmış örnek olaylardan çıkarılan dersler ile bilimsel verilerden faydalanmak gerekmektedir [19].

3.1.4. Risk yönetimini, test faaliyetlerinin bir parçası haline getirmek

Risk yönetimini başarı ile uygulamak için bu prensipleri planlama faaliyetlerine dâhil etmek amacıyla zaman ve kaynak ayrılması olarak anlamlandırılmalıdır.

3.2. Risk Tipleri

İnsan içeren tüm aktiviteler risk içerir ve her bir faaliyet, karşılaşılan tehlikelerde paniğe kapılmadan, problemlere doğru açıdan yaklaşarak, riskleri göz ardı etmeden fakat her zaman kabul edilebilir bir limit dâhilinde icra edilmelidir. Bu kapsamda risk tiplerini iyi irdelemek ve kavramak gerekmektedir. Riskler; tanımlanmış risk, kabul edilebilir risk, kabul edilemez risk, tanımlanmamış ve artık risk olarak ayrılır [20].

3.2.1. Tanımlanmış risk

Çeşitli analiz yöntemleri vasıtasıyla tespit edilen risktir. Risk değerlendirme basamağında yapılacak ilk iş, pratik ölçüler içinde olmak koşuluyla tanımlanmış risklerin toplamdan en fazla pay almasını sağlamaktır. Tanımlanmış riske genel olarak kabul görmüş bir risk olan, dâhili ve telemetri vasıtasıyla verilerin toplanabildiği bir test uçuşunda dâhili veri toplama sisteminin arızalanması riski örnek olarak verilebilir.

3.2.2. Kabul edilebilir risk

Tanımlanmış riskin daha ileri seviyede kontroller kullanmaksızın var olmasına izin verilen kısmıdır. Emniyet kurulu tarafından kabul edilmesinin sebebi, riskin kontrol etme yolunda gösterilecek ek çabanın testin başarısını negatif yönde etkileyebilecek olmasındandır. Bu kapsamda ise dâhili ve telemetri vasıtasıyla verilerin toplanabildiği bir test uçuşunda dâhili veri toplama sisteminin arızalanması riski, telemetri sisteminin varlığı sayesinde daha ileri seviyede bir kontrol gerektirmemektedir. Dahası bu yönde alınabilecek ek tedbirlerin projede ilave hacim, maliyet ve zamanı işgal edeceği aynı zamanda sistemin aerodinamik yapısına, dolayısıyla testin başarısına da negatif etkileri olabileceğinden, kabul edilebilir bir risk olarak örneklendirilebilir.

3.2.3. Kabul edilemez risk

Tanımlanmış riskin ortadan kaldırılması gereken alt kümesini oluşturur. Diğer bir ifade ile olası sonuçları itibariyle kabul edilmesi uygun olmayan risktir. Bu gibi

durumlarda riskin ilave tedbirler ile kabul edilebilir seviyeye indirgenmesi veya kabul edilmemesi gerekir. Örneğin, dâhili ve telemetri vasıtasıyla verilerin toplanabildiği bir test uçuşunda her iki sisteminde arızalandığı durumlarda uçuşa devam edilmesi bir anlam ifade etmeyeceği için kabul edilemez bir risk örneğidir.

3.2.4. Tanımlanmamış risk

Henüz tespit edilememiş risklerdir. Gerçek ve önemlidir, fakat bilinir veya ölçülebilir değildir. Bu riskler bilinmezlik içerdiğinden meydana gelmesi durumunda vahim sonuçlar doğurabilir. Dâhili ve telemetri vasıtasıyla verilerin toplanabildiği bir test uçuşunda tanımlanamamış bir sebepten dolayı meydana gelen bir arıza ile o test uçuşuna ait verilerin kayıt altına alınamaması bakımından tanımlanmamış riske örnektir.

3.2.5. Artık risk

Risk analizi çalışmaları yapıldıktan sonra geriye kalan risktir. Genellikle yanlış bir yaklaşımla kabul edilebilir risk diye bilinir. Gerçekte artık risk, kabul edilebilir risk ile tanımlanmamış riskin toplamıdır.

3.3. Oluşabilecek Risk Kaynaklarının İncelenmesi

Test ve değerlendirme faaliyetlerinde risk yönetiminin amacı, nihai amaca ulaşırken oluşabilecek tehlikelerin etkinliğini azaltmak ve kaza-kırımları asgari düzeye düşürmek için yöntemler sunmak ve bu faaliyetlerin yürütülmesine ilişkin yetki, sorumluluk, esas, prensip, yöntem ve kriterleri belirlemektir.

Yapılan araştırmalarda, test uçuşlarında karşılaşılan kaza kırımlarının büyük oranının öngörülemeyen riskler sebebiyle meydana geldiğini göstermektedir. Test uçuşlarında kaza kırım riskini en aza indirmek için çeşitli modeller ve yaklaşımlar kullanılmakla birlikte özellikle insan, sistem, ortam, yönetim ve görev üzerinden risk analizleri ana, alt ve kök faktörlere bağlı olarak incelenmeli ve öngörülemeyen risk sahaları en aza indirilmeye çalışılmalıdır [21].

3.3.1. İnsan faktörü

Emniyetin başarıyla sağlanması ve muhafaza edilmesi açısından en önemli faktördür. İnsan faktörünün alt ve kök faktörleri bulunmaktadır. Bilgi, beceri, yetenek,

birikim, güdülenme, fiziksel ve ruhsal durumlar, insan faktörünün alt faktörleri olarak değerlendirilmekte ve bu her bir alt faktöründe kendi içinde kök faktörleri bulunmaktadır.

3.3.2. Sistem faktörü

Test uçuşlarında kazaların sebepleri değerlendirildiğinde, kazalara doğrudan tesir eden önemli sebeplerden birinin olduğu görülmektedir. Bir sistemi oluşturan alt sistemler ile sistem faktörünün; tasarım, üretim, idame ve işletme ile teknik dokümanlar gibi alt faktörleri olmakla beraber emniyet tertibatı, ergonomi, bakım kolaylığı, kalite, üretim yöntemi, limitleri, kullanım usul ve teknikleri ile güncelliği gibi birçok alt faktörü bulunmaktadır.

3.3.3. Yönetim faktörü

Yürütülecek test faaliyetlerinin planlanması, testi yapacak personelin bu konuda güdülenmesi, işi yapacak personel ve birimler arasında eş güdümünün sağlanması ve tüm bunları sağlayacak bir organizasyonun kurulması ile yapılanların denetlenerek istenen şekilde yürütülmesi sürecidir. Yönetim faktöründe test koordinatörünün ve test sorumlusunun etkisi çok büyüktür. Planlama, teşkilat, yöneltme, denetleme ve koordinasyon gibi alt faktörleri olmakla beraber öncelik verme, durumun tespiti, raporlaşma, denetim periyodu, bilgilendirme etkinliği gibi birçok alt faktörü de bulunmaktadır.

3.3.4. Çevre faktörü

Çeşitli dokümanlarda ortam faktörü olarak da anılmaktadır. Testin icra edildiği çevrenin ne tür koşullar ve tehditler yarattığını takip etmek, kullanılan sistemin performansı, hassasiyeti ve görev etkinliği için mutlak önem arz etmektedir. Bu sebeple kaza ve olayların gerçekleşmemesi için çevre koşullarının insan, sistem, yönetim gibi faktörler üzerindeki olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi gerekmektedir. Çevre faktörünün içerisinde meteoroloji, çalışma ortamı, ortam sağlığı, dış etkiler ile yol ve rota alt faktörleri yer almaktadır. Bu alt faktörler ise sıcaklık, hava hadiseleri, coğrafi şekiller, ortamdaki ışık seviyesi, altyapı eksikliğinin etkisi, havalandırma ve hava kalitesi, yabancı madde hasarı (YAMAHA) gibi kök faktörleri bünyesinde barındırır.

3.3.5. Görev faktörü

Bir testin emniyetle yapılması, yapılacak olan görevin personel tarafından tam olarak bilinmesi, uygun ortamın sağlanması ve etkin bir denetim mekanizmasının kurulması ile mümkündür. Görev faktörü bünyesinde birey ve kullanıcı, amaç, koşulları ve zaman gibi alt faktörleri barındırır. Görevin hataya etkisi, ekip uyumu gereksinimi, açık ve anlaşılır olması, sistemlerin uyumluluğu, görev sıklığı, icrası üzerinde zaman baskısı gibi kök faktörler yukarıda belirtilen alt faktörler içerisinde yer almaktadır.

3.4. Test ve Değerlendirme Sürecinde Risk Analizinin Faydaları

İcra edilecek olan bir test faaliyeti öncesinde, faaliyet esnasında ve sonrasında yapılacak olan risk analizi ile mevcut kısıtlı bütçeden en faydalı şekilde yararlanılması ile tehlikelerin tespit ve kontrol edilmesi sağlanır. Bunun yanı sıra etkisiz veya aşırı kısıtlayıcı risk sahalarının tespit edilmesi sonucunda, önlemlerin yeniden düzenlenmesi ve bu sayede risklerin azaltılması veya ortadan kaldırılması suretiyle daha gerçekçi testlerin yapılması imkânı elde edilmiş olur. İlave olarak yeteneklerin geliştirilerek daha iyi testlerin yapılması, kullanım sahasında etkinliğin artırılması, uçuş ve yer testlerinde kaza-kırım oranlarının kabul edilebilir en düşük seviyeye indirilmesine yardımcı olur. Güçlendirilmiş karar verme yeteneğine sahip olunabilmesi ile güçlü ve zayıf yönlerin ortaya çıkarılması da test ve değerlendirme sürecinde risk analizinin faydaları arasında gösterilebilmektedir.

3.5. Risk Tedbirlerinin Belirlenmesi ve Analiz Edilmesi

Test ve değerlendirme faaliyetlerinde riskli olduğu tespit edilen konuların kontrolden geçirilmesi gerekir. Öncelikle kontrol seçenekleri tanımlanmalı, kontrolün etkileri belirlenmeli ve tedbirler öncelik sırasına koyulmalıdır.

Kıymetlendirilen tehlikelerden, risk seviyesi en yüksek olandan başlayarak hepsi için mümkün olan en fazla sayıda risk kontrol ölçekleri tanımlanmalıdır [22]. Kontrol konusunda fikir almak için alınan dersler dokümanlarında veya tecrübe ile belirlenmiş bir olası sebepler listesinden faydalanılabilir.

Risk kontrol seçenekleri arasında riski kabul etmek, risk seviyesini düşürmek, riskin yayılmasını engellemek ve riski transfer etmek gibi seçenekler yer alabilir. Risk kontrolleri gerçekten risk içeren faaliyetlerde ve gerçekten risk altında çalışan personelde uygulanmalıdır. Test süreci içerisinde çok sık ve düzensiz bir şekilde

uygulanan risk kontrolleri, hem kaynakların yetersiz kullanımına yol açar hem de çalışan personeli rahatsız edebilir. İlave olarak risk kontrollerini, pratik ve maliyet açısından zararsız olduğu sürece uygulamaya devam etmek gereklidir. Risk kontrollerinin geliştirilmesiyle ilgili olarak olası maliyetleri azaltmak için ise mümkün olduğunca diğer organizasyonların benzer faaliyetleri araştırılmalıdır.

Kontrol kararlarının verilmesi aşamasında iki durum söz konusudur. Bunlardan ilki, geliştirilen risk kontrolleri arasından hangilerinin kullanılacağı veya kullanılmayacağı konusunda seçimlerin yapılmasıdır. İkinci durum ise pratik tüm risk kontrollerini uyguladıktan sonra süreç içerisindeki bir test faaliyetinde halen varlığını sürdüren artık riski göze alıp almama konusunda verilecek olan karardır. Burada karar verici, test yöneticisi, proje ve test sorumlularıdır yine emniyet kurulunun girdileri de bu aşamada önem arz etmektedir. Karar vericiler, tüm olası kontrolleri gözden geçirdikten sonra hangi kontrol seçeneklerinin uygulanacağını seçmelidirler.

Bunun yanı sıra kontrol kararları uygun seviyede verilmelidir. Test yöneticisi konumundaki kimse, onayladığı risk kontrollerini uygulaması için ihtiyaç duyacağı kaynaklara ulaşabilir bir pozisyonda olmalıdır. Genellikle, bir kontrol teçhizata, teçhizat ömrü içinde, ne kadar erken uygulanırsa o kadar ekonomik olur. Risk kontrollerinin seçilmesi aşamasında tanımlanan her tehlike için, risk miktarını kabul edilebilir seviyeye düşürecek risk kontrolleri seçilmelidir. En iyi kontroller, test ekibinin hedefleri ile uyumlu olan ve kaynakları (insan gücü, malzeme, para, zaman, vb.) en verimli şekilde kullanan kontrollerdir.

Öngörülen kontrolleri yerinde incelemek, yapılacak testin risk seviyesini analiz etmek için önemlidir. Yapılacak testlerden elde edilmesi olası faydaların, söz konusu risklere oranla ağır basıp basmadığının tespiti analiz aşamasındaki bir diğer önemli konudur.

3.5.1. Risk tedbirlerinin analizinde kullanılan yaklaşımlar

Risk belirlemesi, risk analizi aktivitelerinin ilk basamağıdır [21]. Temel olarak test takviminin incelenerek, testin amacına ulaşmasını engelleyebilecek faaliyetler ile uçuş ve yer emniyetini etkileyebilecek faaliyetlerin belirlenmesini kapsamaktadır. Bu kapsamda tüm test ekibi, sorumlulukları dâhilindeki alanları incelemeli ve testin hedeflerine ulaşmasını ya da emniyet açısından riskli kritik faaliyetleri tespit etmelidirler. Belirlenen tüm riskler, örneği Ek-3'de verilen risk tanımlama formları

aracılığı ile kayıt altına alınmalı ve ilgili organizasyon şemasına bağlı olarak söz konusu formlar risk koordinatörüne iletilmelidir.

Risk analizi genel olarak, tespit edilen risklerin gerçekleşme olasılıkları ve gerçekleştiği takdirde olası etkilerinin belirlenmesi ve risk seviyelerinin saptanarak riskin önceliğine karar verilmesi faaliyetidir. Riskli faaliyetler, gerçekleşme olasılığı (GO) ve gerçekleşme etkileri (GE) elde edildikten sonra uygun olarak derecelendirilmelidir. Organizasyonların yapısı içerisinde risk analizine yönelik yöntem ve teknikler küçük değişiklikler içerebilmekle birlikte genel olarak birbirine benzerlik göstermektedir.

Bu kapsamda öncelikle gerçekleşme olasılığı, belirlenmiş tüm riskli faaliyetler için hesaplanmalıdır. Test ve değerlendirme faaliyetleri için gerçekleşme olasılığı genel olarak Çizelge3.1'de belirtildiği gibi sınıflandırılmalıdır, uygun tanımlama bulunmadığı durumlarda Çizelge 3.2 esas alınmalıdır. Riskin bir alanda değerlendirilemediğine karar verilir ise o alanın gerçekleşme olasılığı hesaplanırken dikkate alınmamalıdır. Olasılıklar, gerçek veriler kullanılarak yoksa tecrübe dâhilinde tahmin yoluyla belirlenebilir [19].

Çizelge3.1. Riskin Gerçekleşme Olasılığı

GO	KATEGORİ	AÇIKLAMA
SIK SIK	5	Sık olması muhtemel.
MUHEMEL	4	Çeşitli zamanlarda olabilir.
ARA SIRA	3	Bazen olması muhtemel.
SEYREK	2	Muhtemel değil, fakat mümkün.
BEKLENMEYEN	1	Hiç muhtemel değil.

Çizelge 3.2. Risk Beklentisi

GO	RİSK BEKLENTİSİ
5	Neredeyse kesin
4	Büyük olasılıkla
3	Muhtemel
2	Küçük olasılıkla
1	Muhtemel olmayan

Gerçekleşme etkisi ise riskli faaliyet başarısız olduğunda yarattığı etkinin büyüklüğünün ölçütüdür. Bir test faaliyetinde gerçekleşme etkisinin bulunabilmesi için genel olarak beş derecelendirme tanımlanmıştır. Riskin bir faaliyette etkisinin olmadığı belirlenir ise o faaliyet için gerçekleşme etkisi dikkate alınmamalıdır.

Test ve değerlendirme faaliyetleri için gerçekleşme etkisi Çizelge3.3'te belirtilmektedir. Risklerin gerçekleşme olasılığı ve gerçekleşmenin etkisi belirlendikten sonra riskin değerlendirmesi yapılır. Bu kapsamda test ve değerlendirme faaliyetleri için Çizelge3.4'te gösterilen "Risk Değerlendirme Matrisi" ile risk seviyesini belirleyebilmek mümkündür [19].

Çizelge 3.3. Riskin Gerçekleşme Etkisi

GE	KATEGORİ	AÇIKLAMA
FELAKET	A	Ölüm, külli hasar, ciddi ölçüde zarar.
KRİTİK	B	Ağır yaralanma, ciddi şekilde sonuçlanan hastalık, sistemin veya çevrenin büyük bir kısmının hasar görmesi.
ÖNEMLİ	C	Ciddi olay, yaralanma, rahatsızlıklar, sistemin veya çevrenin bir kısmının hasar görmesi.
HAFİF	D	Küçük olay, hafif yaralanma ve rahatsızlıklar, sistemin veya çevrenin küçük bir kısmının hasar görmesi.
ETKİSİZ	E	Herhangi bir hasar veya yaralanma yok. Test faaliyetinde ve kalitesine etkisi asgari veya yok.

Çizelge 3.4. Risk Değerlendirme Matrisi

ŞİDDET OLASILIK		GERÇEKLEŞME ETKİSİ (GE)				
		E ETKİSİZ	D HAFİF	C ÖNEMLİ	B KRİTİK	A FELAKET
GERÇEKLEŞME OLASILIĞI(GO)	5 SİK SİK	(5E) Düşük risk seviyesi	(5D) Orta risk seviyesi	(5C) Yüksek risk seviyesi	(5B) Yüksek risk seviyesi	(5A) Yüksek risk seviyesi
	4 MUHTEMEL	(4E) Düşük risk seviyesi	(4D) Orta risk seviyesi	(4C) Orta risk seviyesi	(4B) Yüksek risk seviyesi	(4A) Yüksek risk seviyesi
	3 ARA SIRA	(3E) Düşük risk seviyesi	(3D) Orta risk seviyesi	(3C) Orta risk seviyesi	(3B) Orta risk seviyesi	(3A) Yüksek risk seviyesi
	2 SEYREK	(2E) Düşük risk seviyesi	(2D) Düşük risk seviyesi	(2C) Orta risk seviyesi	(2B) Orta risk seviyesi	(2A) Orta risk seviyesi
	1 BEKLENMEYEN	(1E) Düşük risk seviyesi	(1D) Düşük risk seviyesi	(1C) Düşük risk seviyesi	(1B) Orta risk seviyesi	(1A) Orta risk seviyesi

Risk değerlendirme işlemi, tehlike tanımlama işlemi sonucunda geliştirilen risklerin derecelendirilmiş listesidir. Bulunacak riskler öncelik sırasına göre düzenlenir. İlk risk, testin başarısını en çok tehdit edebilecek olan risk olmalıdır. Her risk taşıdığı

öneme göre (yüksek, orta, düşük) veya içerisinde geçtiği bölüme göre gruplandırılmalıdır. Böylece her riskin diğerlerine göre taşıdığı önemi ve tek başına taşıdığı önemi görebilmemize olanak sağlanır. Örnek, Çizelge3.5'e göre riskler kıymetlendirilerek kabul dereceleri belirlenmiştir.

Çizelge 3.5 Örnek Risk Kıymetlendirmesi

TEHLİKE RİSK ENDEKSİ	KRİTERLER
5A, 5B, 5C, 4A, 4B, 3A	KABUL EDİLEMEZ.
5D, 4C, 4D, 3D, 3C, 3B, 2C, 2B, 2A, 1B, 1A	YÖNETİMİN TEKRAR DEĞERLENDİRMESİNE İHTİYAÇ VARDIR.
5E, 4E, 3E, 2E,2D, 1E, 1D, 1C	İNCELEME SONUCU KABUL EDİLEBİLİR.

Risk kıymetlendirme aşamasında kaçınılması ve dikkat edilmesi gereken bazı hususlar mevcuttur. Öncelikle temel risk sebeplerini yeteri kadar araştırmak gerekir. Bu konuda bir riskin test faaliyetleri kapsamında olmayacağını düşünmek ya da icra edilen test faaliyetinin daha önce defalarca yapılması gibi sebeplerden kaynaklanan aşırı iyimserlik durumu yapılan en büyük hataların başında yer almaktadır. Risk konusunda, kişisel bakış açısıyla yaklaşmak, bilinçli veya bilinçsiz şekilde ayrıntıları görmezden gelmek bununla beraber durumu olduğundan daha kötü göstererek olaya kötümser bir bakış açısıyla yaklaşmakta risk kıymetlendirmesi esnasında yapılan hatalar arasında yer almaktadır.

Risklerin ele alınması için aşağıda belirtilen yöntemler uygulanmaktadır [19]. Riskler değerlendirildikten sonra her bir risk için strateji geliştirmek gerekmektedir.

Bu yaklaşımlar riskten kaçınma, risk kontrolü, risk üstlenme ve riskin transferi gibi stratejiler olabilir.

Tüm riskler için bu dört teknikten en uygun olanı uygulanabilirlik, tahmini etkinlik, maliyet, takvim ve sistem performansına etkileri incelenerek seçilmelidir.

3.5.1.1. Riskten kaçınma

Tanımlanan ihtiyaçlarda veya gerçekleştirilen tasarım, geliştirme, ara yüz, malzeme, test ve doküman çalışmalarında değişikliğe gidilerek riskin kabul edilebilir bir seviyeye indirilmesi çalışmalarını kapsar. Riskten kaçınma yüksek ve orta seviye risk kaynaklarının, düşük risk seviyeli çözümlerle değiştirilmesi tekniğidir. Bu durum test programına takvimsel ve mali açıdan çok ciddi yükler getirebilir. Bu sebepten bu tip

risklerin olabildiğince erken tespit edilmesi ve gerekli işlemin yapılması söz konusu faaliyet için çok faydalıdır.

3.5.1.2. Risk kontrolü

Risk kaynağını ortadan kaldırmaya değil onu azaltmaya yönelik icra edilen bir tekniktir. Bu teknikte riskin gerçekleşme olasılığı ve test faaliyetlerine olan etkisi azaltılmaya çalışılmaktadır. Risk kontrolü test programına takvimsel ve mali yükler getirebilir. Bu nedenle tekniğin uygulanması sırasında yapılacak çalışmalar mali ve takvimsel açıdan en uygun şekilde gerçekleştirilmelidir. Risk kontrolü için uygulanabilecek yöntemler; alternatif tasarımlar, erken prototip üretimi, getiri analizi, modelleme ve simülasyonlar, tersine mühendislik ve ilave personel desteği olabilir.

3.5.1.3. Risk üstlenme

Riskli bir test faaliyetinin farkında olmak ve bu faaliyet sonucunda doğabilecek tüm sonuçları kabul etmeyi içerir. Bu seçenek hiçbir şey yapmamak anlamına gelebileceği gibi aynı zamanda sonuçlarla başa çıkabilmek için kısıtlı bir bütçe ve süreyi ayırmak anlamına da gelebilir. Genelde düşük risk seviyeli faaliyetler için uygun bir tekniktir.

3.5.1.4. Risk transferi

Mümkün ise riskli alanı değiştirerek, sistemin başka bir alanına aktararak veya riski alt yüklenici ile paylaşarak faaliyetin risk seviyesini düşürmeye çalışmaktır.

3.6. Risk Kararlarının Verilmesi

Öngörülen kontrolleri yerinde inceleyerek yapılacak testin risk seviyesi analiz edildiğinde, yapılacak testlerden elde edilmesi olası faydaların söz konusu risklere oranla ağır basıp basmadığının tespit edilmesi, risk kararlarının verilmesinde önem arz etmektedir. Risklerin maliyetleri, elde edilebilecek faydaların toplamından fazla tutuyorsa, kontrol seçenekleri tekrar gözden geçirilmelidir [18]. Ek kontroller tanımlanmamış ise test yöneticisinin değerlendirmelere dayanarak proje yürütücüleri veya üst düzey karar vericiler için testin maliyetlerinin olası faydalarını geçtiği, dolayısıyla testin gözden geçirilmesi gerektiği konusunda bilgi vermesi gerekmektedir.

Risk kontrolleri alınırken dikkat edilmesi gereken bazı önemli hususlar vardır. Risk kontrolü için seçim yapılırken risk kontrollerinden etkilenecek olan personeli mümkün olduğu kadar seçime dâhil etmek gerekmektedir. Bu personelin üreteceği fikirlerle, bu konudaki tecrübesi olası üretilecek seçeneklerin zenginleştirilmesi açısından önem arz etmektedir.

En etkin olarak belirlenen risk kontrolü, aynı zamanda test için en negatif etkiyi sağlayan kontrol seçeneği olmalıdır. Amaç, seçenekler arasından testin geneli üzerinde en olumlu etkileri doğuracak kontrollerin belirlenmesi olmalıdır. Risk kararları verilirken zamanlama çok önemli bir faktördür, bir proje veya test faaliyetinde risk kararlarının ne zaman en iyi şekilde verilebileceğinin tespit edilmesi gerekmektedir. Risk kararlarının geç alınması tehlikeler ve ilgili riskler hakkında daha fazla veri toplanması ve değerlendirme yapılmasına olanak sağlayacak olsa da öte yandan testin etkin ve emniyetli bir şekilde yapılması açısından da kritik bir öneme sahiptir.

Olası risk kontrol seçenekleri arasından seçim yapıp nihai karar verildiğinde artık risklerin kabul edilmesi veya reddedilmesi konusunda karar vermek gereklidir. Yine bu karar, testin sağlayacağı olası fayda tahmininin olası maliyetlerden fazla tutup tutmaması temeline dayanır. Amacın mümkün olan en az seviyedeki risk değil, testin nihai amacına en çok hizmet edecek olan risk seviyesinin kabul edilmesi gerekliliği olduğu unutulmamalıdır.

4. TELEMETRİ SİSTEMLERİ

4.1. Test Faaliyetlerinde Ölçümlendirme

Test faaliyetleri için ölçümlendirme (İng. Instrumentation); uçak, helikopter, insansız hava aracı, roket, vb. uçar platformların tasarım, tadilat ve performanslarının mühendislik hesaplamaları ve öngörüleleriyle ne ölçüde uyumlu olduğunun tespiti amacıyla ihtiyaç duyulan değişkenlerin (verilerin) toplanması olarak tanımlanabilir. Aynı zamanda uçar platform üzerindeki göstergelerden veya üzerine ilave olarak yerleştirilen almaçlar vasıtasıyla toplanarak platform üzerinde kaydedilmesini, yer testleri esnasında ve test uçuşu sırasında veya test faaliyetleri sonrasında yer istasyonunda toplanan verilerin işlenmesi, analiz ve değerlendirmelerin yapılabilmesi amacıyla bu bilgilerin istenen formatta talep eden makama rapor edilmesini de içerir.

Ölçümlendirme ihtiyacı, testi talep eden makam tarafından resmi bir doküman ile iletilmelidir. Testlerde yapılacak ölçümlere ilişkin, ölçülecek her değişkenin; adı, birimi, ölçüm noktası, ölçüm aralığı, ölçüm hassasiyeti, ölçümün yinelenme hızı ve çevresel şartlar gibi esaslar bu dokümanda tanımlanmalıdır. Bu kapsamda test faaliyetleri esnasında ölçülecek tüm değişkenlerin listelendiği bu doküman, testi talep eden makam ile ölçümlendirme ve veri toplamadan sorumlu olan birim ile müşterek olarak hazırlanmalıdır.

Ölçümlendirme ihtiyaçları doğrultusunda platform üzerine ilave yazılım ve/veya donanım eklenerek test ölçümlendirme sistemlerinin montajı yapılmaktadır. Platformun tipine ve değişken listesine bağlı olarak ölçümlendirme sistemi de değişeceğinden dolayı kabul görmüş belirli standartlara bağlı kalmak kaydıyla genel olarak ölçümlendirme uygulamalarında özgün bir tasarım ve uygulama yapılmaktadır [23]. Bu aşamada platforma yapılan bu değişikliklerin mühendislik analizleri ile test sonuçlarının değerlendirilmesi, değişikliklerin (varsa öngörülen almaç ve ekipmanların mevcut sistemlerden veri alınması amacıyla gereken ilave hatlar) mekanik bağlantı, enerji kullanımı, etkileşimi, vb. yönlerden meydana gelebilecek olumsuz etkileri incelenerek uygunluğu belirlenmelidir.

Ölçümlendirme faaliyetinde talep eden makam tarafından değişken listesinin ölçümlendirme ve veri toplama birimi ile koordineli olarak hazırlanması sonucu temin edilecek tüm verilerin (eş zamanda ya da uçuş sonrası) formatların (tablo, grafik, birim, vb.) ve analiz yöntemlerinin (dönüşümler, istatistiksel değerlendirmeler, vb.)

belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. İlave olarak platform üzerindeki veri toplama sisteminin tasarlanması ve sistemin platform ile bütünleştirilmesi sonrası kalibrasyon (ölçümleme) yapılması da gerekmektedir [22].

İhtiyaç duyulması halinde test ölçümlendirme faaliyetleri kapsamında yapılan tadilatların teknik dokümanlara yansıtılması, ölçümlendirme sisteminin pilot, test mühendisi, uçuş ekibi, vb. tarafından yönetilmesi gerektiği durumlarda ise kullanıcı dokümanlarının hazırlanması, ölçümlendirme ve veri toplama birimi tarafından testi talep eden makam ile testi icra edecek olan makam tarafından koordine edilerek hazırlanmalıdır.

4.2. Telemetri Sistemleri

Test ve değerlendirme faaliyetlerinde objektif ve sağlıklı sonuçlar elde edebilmek için test ve değerlendirme faaliyetleri kadar önemli bir diğer hususta veri toplamaktır. Uygun veri toplama yolunun veya yollarının tespit edilmesi, verilerin ölçülmesi ve toplanması, test ve değerlendirme faaliyetleri için çok önemli bir unsurdur. Bu nedenlerden dolayı özellikle havacılık ve uzay konusunda test ve değerlendirme faaliyetlerini icra ederken uygun olmayan ortamlardan alınan verilerin güvenli bir yerde izlenmesi, kayıt altına alınması gibi ihtiyaçlar doğmuştur. Telemetri sistemleri bu noktada önem kazanmaktadır.

Telemetri sistemleri; canlı veya cansız bir objenin analog ve/veya sayısal verilerinin uzak bir istasyona hava, uzay, kablo, vb. iletim ortamları kullanılarak elde edilen verilerin gerçek zamanlı olarak görüntülenmesi, işlenmesi veya kaydı için kullanılan sistemleri ifade eder.

İlk uygulamaları yaklaşık 150 yıl kadar öncesine dayanan telemetri sistemleri askeri ve sivil birçok alanda oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır [23]. Bu kapsamda telemetri sistemleri havacılık, uzay, uydu, telekomünikasyon, mühimmat geliştirme faaliyetlerinden tarım, balıkçılık, vahşi hayat araştırmaları, petrol ve gaz tesisleri ile medikal uygulamalardan Formula-1 gibi motor yarışlarına kadar birçok alanda kullanılmaktadır.

4.3. Telemetri Sistemlerinin Ana Elemanları

Telemetri sistemleri esas olarak veri ihtiyacı olan kullanıcıya güvenli olmayan ve/veya uygun olmayan ortamlardan alınan verilerin güvenli bir yerde izlenmesi,

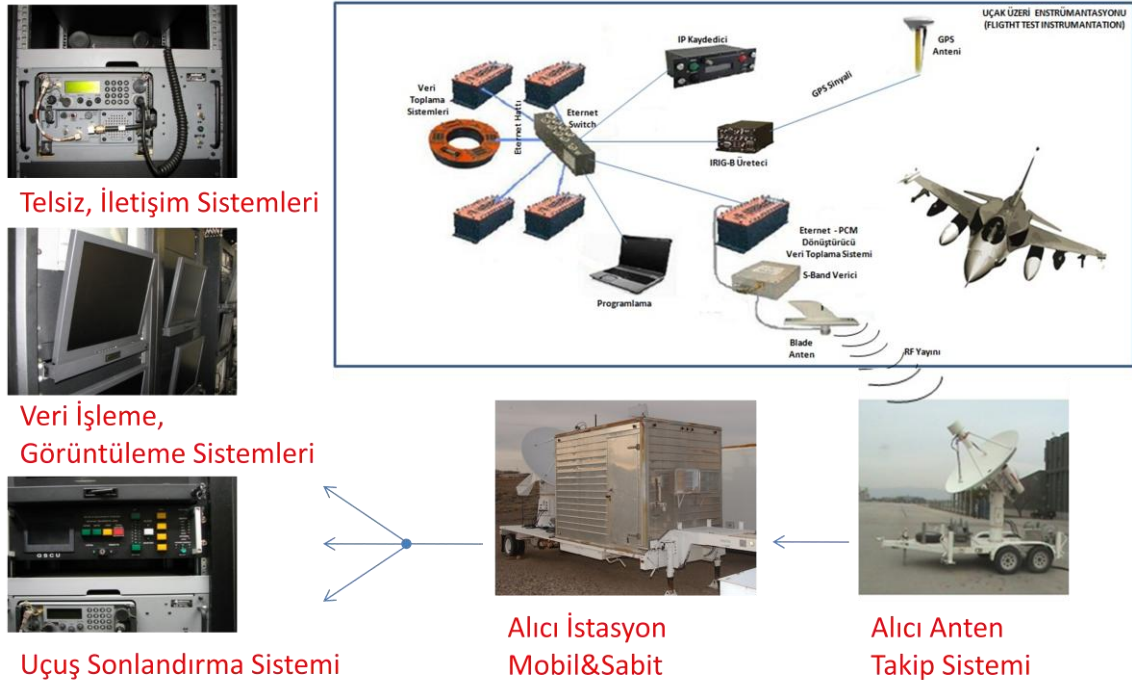
işlenmesi, analiz edilmesi veya kayıt altına alınması, vb. imkânları sağlar. Veri toplama işlemi, almaçların bir fiziksel büyüklüğü ölçmeleri ve bu ölçümleri analog ve/veya sayısal değerlere çevirmeleri ile başlar.

Günümüzdeki telemetri uygulamalarında çok sayıda ölçümün her birini ayrı kanallardan göndermek çok pahalı ve uygulamada pratik değildir. Bunun yerine değişik formatlardaki (basınç, sıcaklık, hız, vb.) ölçümler tek bir veri paketinde gönderilir.

Gönderilen veri paketi alıcı tarafından algılanır, çözümlenir ve her bir ölçümün değeri elde edilmiş olur. Elde edilen veriler hem ölçümlendirilmiş platformda hem de alıcı istasyonda depolanabilir. Böylece gerçek zamanlı veri aktarımına ihtiyaç duyulmadığı veya veri aktarım sisteminin arızalandığı durumlarda test ihtiyacına bağlı olarak teste devam edilebilir veya ileride analiz ve değerlendirilmek üzere kayıt altına alınabilir.

Gerçek zamanlı veri aktarım ihtiyacının bulunduğu durumlarda ise alıcı istasyona gelen veriler uygun yazılımlar vasıtasıyla canlı olarak değerlendirilerek test mühendislerine gerekli veri akışını sağlar.

Örnek bir telemetri sisteminin ana elemanları Şekil 4.1’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Telemetri Sisteminin Ana Elemanları

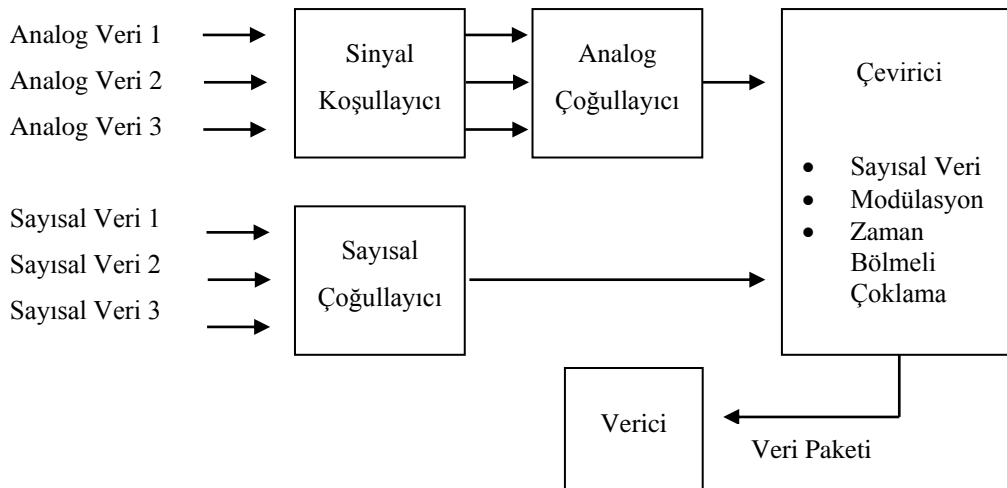
Veri toplamak amacıyla isterlere ve telemetri sisteminin kapasitesine bağı olarak birçok alman kullanılabılır.

Bazı almanlar direkt voltaj çıkışı verirken bazı almanlar ise enerji beslemesine ihtiyaç duyarlar. Analog almanları beslemek ve veri toplama sistemine uygun hale getirebilmek için sinyal şartlandırıcılar/koşullayıcılar kullanılmaktadır.

Uygun hale getirilen verilerin aktarılmasında her alman için ayrı bir veri transferi yapılamayacağından elde edilen analog ve/veya sayısal veriler çoğullayıcılar (İng. Multiplexer) vasıtasıyla veri paketinin gönderilmesi için kodlayıcıya (İng. Encoder) gönderilir.

Analog çoğullayıcıdan gelen sinyal, kodlayıcıda sayısal formata çevirtilir ve sayısal çoğullayıcıdan gelen sinyal verileri ile birleştirilerek zaman bölmeli çoklama (İng. TDM) işlemler ile veri paketleri oluşturulur. Yaygın olarak frekans ve zaman bölmeli olmak üzere iki farklı çoklama yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemler modülasyon tekniğine bağı olarak değışiklik gösterir. Örnekl olarak, sürekli dalga modülasyonunda frekans bölmeli çoklama yöntemi kullanılmaktadır [23]. Eş zamanlı verilerin tek bir veri paketinde birleştirilmesine zaman bölmeli çoklama denir. Oluşturulan veri paketleri uygun tipte modüle edilerek verici vasıtasıyla gönderilir. Bu aşamaya kadar yapılan işlemler Çizelge4.1'de gösterilmiştir.

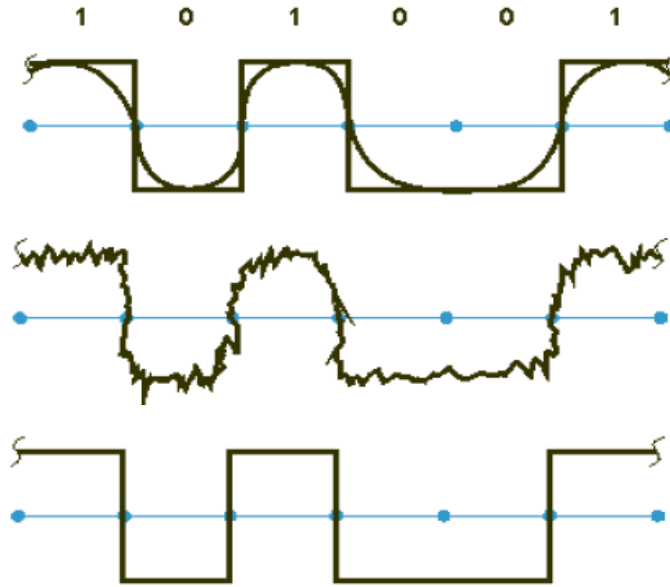
Çizelge 4.1. Almanlardan Elde Edilen Verilerin, Vericiye Kadar İletilmesi Süreci



Modülasyon; taşıyıcı sinyalin karakteristiğinin (genlik ya da frekans) değıştirilmesi tekniğidir. Böylece gürültünün etkisinin azaltılması, sinyalin bir radyo frekansı üzerinden atmosfer yoluyla iletiminin sağlanması ve sinyalin kayıt ortamına

kayıt edilmesi gibi olanaklara sahip olunabilmektedir [22]. Analog sinyallerin FM veya sayısal formatlara dönüştürülmesi sinyal dönüşümüne verilebilecek örnekler arasında yer almaktadır. Sinyal dönüşümünde modülasyon, anahtarlama, örnekleme, sayısal dönüşüm ve sayısal işlemler uygulanır. Bu kapsamda darbe kodlu modülasyon (İng. PCM), darbe genliği modülasyonu (İng. PAM) gibi çeşitli modülasyon teknikleri kullanılabilir. Her bir modülasyon tekniğinin farklı avantajları ve dezavantajları olabilmektedir. Örneğin, darbenin genliğinin ölçülen voltaj değeri ile orantılı değiştiği darbe genliği modülasyonu telemetri sistemlerinin ilk dönemlerinde tercih edilirken doğruluk, almaç sayısı sınırlaması ve verilerdeki çevirim zorluğu nedeniyle günümüzde tercih edilmemektedir. Bunun yerine verilerin sayısal olması, şifrelemeye imkân vermesi, düzenli aralıklarda gönderilen sinyalin yeniden oluşturulması ile gürültü sinyallerine karşı dayanıklı olması, esneklik sağlaması ve özellikle farklı kaynaklardan alınan bilgilerin ortak bir formata dönüştürülebilmesi gibi nedenlerden ötürü darbe kodlu modülasyon tekniği günümüzde sıklıkla tercih edilmektedir [24].

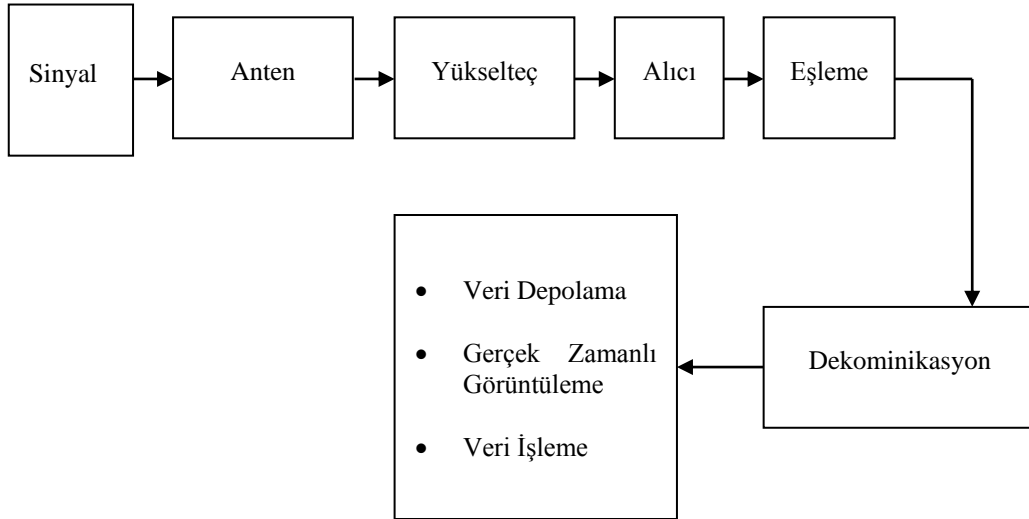
Çevirici çıkışı PCM sinyali olarak üretildiğinde söz konusu sinyal gürültülerden arındırılmak için filtrelendir, yükseltilir ve verici ile yayın yapılır. Alıcı istasyona gelen veri sinyali önce yükseltilerek yayın sırasında bozulan dalga şekilleri, eşleme cihazı (İng. Synchronizer) vasıtasıyla tekrar kare dalga formuna çevrilir. Bu işlem Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. PCM ile Gönderilen Sinyalin Eşlenmesi Adımları

Şekil 4.2, ideal olarak gönderilen darbe kodlu modülasyon sinyali, alınan sinyal ve eşleme işlemi ile tekrar eşlenen sinyali göstermektedir. Bu sinyal daha sonra dekomünikatör (İng. Decommunicator) yardımı ile paralel sinyallere çevrilir. Bu işlem aynı zamanda darbe kodlu modülasyon akışını ayrıştırarak orijinal ölçümleri ve verileri ortaya çıkarır. Zaman bölmeli çoklama ile eş zamanlı verilerden elde edilen veri paketinin içeriği çözümlenerek her bir değişkenin değeri elde edilmiş olur. Böylece bu veriler yer istasyonundaki uygun programlar ile kullanıcının ihtiyacı doğrultusunda (test esnasında kullanım, saklama, analiz için toplama, vb.) elde edilmiş olur. Alınan sinyalin kullanıcıya ulaşma süreci Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. PCM ile Alınan Sinyalin Kullanıcıya Ulaştırılması Süreci



Bu aşamada kullanıcı, telemetri vasıtasıyla güvenli olmayan ve/veya uygun olmayan ortamlardan elde ettiği verileri gerçek zamanlı olarak gözleme, işleme, analiz edebilme ve saklama imkânını elde etmiş olur.

Telemetri sistemleri sinyal işleme ve birçok elektronik işlemi bünyesinde barındırdığından özellikle bu alanda uzman bir telemetri ekibi tarafından işletilmeli, ölçümler ve bakım işlemleri ile sistemin sağlıklı veri iletimi yapabildiği kontrol edilmelidir. Bu durumun göz ardı edilmesi zaman içerisinde yanlış ve hatalı verilerin toplanmasına sebep olacağından test faaliyetlerinde takvimsel, maddi ve riskli sonuçları da beraberinde getirebilir.

Telemetri teknolojisinin başta havacılık ve uzay olmak üzere çok geniş bir yelpazede kullanılabilir olması bu alanda bazı standartların belirlenmesi ihtiyacını

doğurmuştur, bu ihtiyacın karşılanabilmesi sebebiyle söz sahibi organizasyonlar tarafından çeşitli standartlar yayınlanmıştır.

Örneğin Amerika Birleşik Devletleri'nde donanım kullanıcıları tarafından oluşturulan IRIG isimli grup IRIG 106-99 standardı ile atmosfer yolu ile veri iletiminde kullanılmak için tanımlanmış frekans bantlarını belirlemiş olup bu kodlar yaygın olarak kullanılmaktadır [26].

Bunun yanı sıra telemetri konusunda yayınlanmış standartları olan bazı organizasyonlar Çizelge 4.3'de belirtilmiştir. Böylece farklı birim ve organizasyonlar arasında bu konuda ortak çalışmaların yapılabilmesi ve standardizasyonun sağlanması imkânı elde edilmektedir.

Çizelge 4.3. *Telemetri Konusunda Standartları Olan Bazı Kurum/Kuruluşlar*

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Enstitüsü	(İng. IEEE)
Amerikan Havacılık ve Uzay Enstitüsü	(İng. AIAA)
Uluslararası Telemetri Kuruluşu	(İng. IFT)
Uluslararası Test ve Değerlendirme Kurumu	(İng. ITEA)
Amerikan Donanım Kullanıcıları Birliği	(İng. IRIG)
Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü	(İng. ANSI)
Uluslararası Organizasyonlar için Standartlar	(İng. ISO)
Donanım Yöneticileri Konsülü	(İng. RCC)

5. TEST UÇUŞLARINDA TELEMETRİ SİSTEMLERİNİN UÇUŞ EMNİYETİNE KATKISININ İNCELENMESİ

Bu çalışmanın başında da belirtildiği gibi havacılık; artarak devam eden isterler, rekabet ortamı, emniyet ihtiyaçları, vb. nedenler ile beraberinde birçok teknolojik yeniliğin ortaya çıkmasına ve geliştirilmesine öncülük etmektedir.

Bu kapsamda uygun olmayan ortamlardan alınan verilerin güvenli bir yerde izlenmesi ve kayıt altına alınması gibi imkânları kazandıran ve kullanılan telemetri sistemleri bu noktada büyük fayda sağlamaktadır. Telemetri sistemlerinin uçuş emniyetine katkıda bulunabilecek yetenekleri ile özellikle test uçuşlarında ilave katkılar sağlayabilir.

Test ve değerlendirme faaliyetleri sürecinde uçuş ve yer emniyeti öncelikli olmakla birlikte test uçuşlarının diğer uçuşlu faaliyetlere göre daha riskli olduğu aşikâr bir gerçektir. Bu kapsamda etkin ve başarılı bir risk analizi yaparak risk azaltıcı tedbirler ve önlemler ile riski kabul edilebilir seviyede tutmak büyük önem arz etmektedir. Bu noktada uygun olmayan ortamlardan veri toplama ve bu verinin uygun koşullar altında gösteriminin yapılabildiği telemetri sistemleri ile riskin kabul edilebilir seviyelere indirilmesi uçuş ve yer emniyetine büyük katkılar sağlamaktadır.

Test ve değerlendirme süreci kapsamında icra edilecek faaliyetlerde belirli kabul görmüş dokümanlar ve standartlar referans olarak gösterilmektedir. Fakat söz konusu dokümanlarda faaliyetlere ilişkin genel bilgiler verilmekte, nasıl yapılacağı konusunda net ve ayrıntılı bilgiler olmaksızın sadece yol göstermektedir. İlave olarak bu faaliyetlerin icrasında risk seviyelerinin azaltılması konusunda belirgin yaptırımlar bulunmamakla birlikte genellikle bu tip çalışmalar organizasyonların ticari kaygıları, gizlilik ve artan rekabet ortamı gibi sebepler ile kısıtlı kalmaktadır.

Test ve değerlendirme faaliyetleri kapsamında icra edilen test uçuşları beraberinde bazı riskleri getirmektedir. Risk kontrolü risk kaynağını ortadan kaldırmaya değil onu azaltmaya yöneliktir, çünkü icra edilen her faaliyette risk vardır. Test ve değerlendirme faaliyetlerinin icrasında birçok farklı değişken, faktör ve alt faktörler olduğundan bu hususlar her bir test ve değerlendirme faaliyeti için farklılık gösterebilmektedir.

Riskin değerlendirilmesi aşamasında olumsuz etkileri, olabilecek riskli aktivitelerin belirlenmesi, analiz edilerek; risklerin gerçekleşme olasılıklarının, gerçekleşme etkilerinin ve risk seviyelerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Bununla birlikte özellikle test uçuşlarında kullanılan telemetri sistemleri ile birçok risk, kabul edilebilir seviyelere indirilebilir ve böylece başta uçuş emniyeti olmak üzere olumlu katkılar sağlayabilir.

Günümüzde ortalama bir telemetri alıcı istasyonu; yaklaşık 250 kilometre menzile sahip, yer istasyonu yazılımının 2 boyutlu ve 3 boyutlu görsel yazılım programlarını destekleyebilen, askeri uçaklar için MIL-STD-1553 dokümanında belirtilen veri iletişim hattındaki verileri alabilen ve test uçakları ile bağlantı kurabilmek için bünyesinde telsiz veya telsizleri barındıran istasyonlardır.

Bunun yanı sıra isterlere bağlı olarak bu istasyonlar uçuş sonlandırma sistemleri, ikaz sinyali gönderebilme özellikleri ve canlı görüntü aktarımı gibi ilave imkân ve kabiliyetlere sahiptir. Telemetri sistemleri ile elde edilen imkân ve kabiliyetler sayesinde elde edilen kazanımların test ve değerlendirme faaliyetlerinde veri toplamının yanı sıra uçuş emniyetine katkı amacıyla da kullanılabilirliği açısından incelendiğinde olumlu sonuçlar alındığı görülmektedir.

5.1. Örnek Risk Değerlendirmeleri

Örnek olması açısından bir test uçuşunun icrasında karşılaşılabilecek risklerden bazıları Çizelge 5.1’de belirtilmiştir. Test ve değerlendirme faaliyetlerinde icra edilen test uçuşlarının amacına bağlı olarak farklı riskleri barındırabileceğinden dolayı aşağıda belirtilen çizelgede farklı test uçuşlarında karşılaşılabilmesi muhtemel risklerden örnekler, olası nedenleri ve sonuçları ile telemetri sistemlerinin söz konusu riskleri azaltmaya yönelik katkısı belirtilmiştir.

Çizelge 5.1. Örnek Risk Değerlendirmelerinde Telemetri Sistemlerinin Uçuş Emniyetine Katkısı

SIRA	FAALİYET ALANI	OLASI RİSK	OLASI RİSKİN NEDENLERİ	OLASI RİSKİN SONUCU	TELEMETRİ SİSTEMİNİN KATKISI
1	Test uçuşu	Test limitlerinin aşılması.	İlgili test koşuluna erişilmesi sırasında oluşabilecek hatalar.	1. Yapısal hasar oluşması. 2. TDP’da verilen toleranslara uygun şekilde test koşulu sağlanamaz.	Değişkenlerin gerçek zamanlı olarak takip edilmesi ve limit değerlere yaklaşıldığında ikaz edilebilmesi.

Çizelge 5.1. (Devam) Örnek Risk Değerlendirmelerinde Telemetri Sistemlerinin Uçuş Emniyetine Katkısı

SIRA	FAALİYET ALANI	OLASI RİSK	OLASI RİSKİN NEDENLERİ	OLASI RİSKİN SONUCU	TELEMETRİ SİSTEMİNİN KATKISI
2	Atışlı test uçuşu	Atışı yapılan test kaleminin öngörülen rotasından çıkması	Test kaleminin arızalanması.	Test kaleminin arzu edilen rotayı takip etmemesi.	Telemetri sisteminden uçuş sonlandırma sisteminin aktif edilebilmesi.
3	Test uçuşu	Pilotun vertigo olması	1.Yoğun iş yükü. 2.Meteoroloji.	1.Uçağın anormal duruma girmesi. 2.Uçağa kumanda edilememesi.	Telemetri sisteminden alınan uçağın pozisyon bilgileri ile pilota yönlendirici talimatların verilebilmesi.
4	Test uçuşu	S/S arızası	S/S sistemlerinin çalışmaması veya yanlış çalışması	Kaybolma	Telemetri sisteminden alınan uçağın konum bilgileri ile pilota yönlendirici talimatların verilebilmesi.
5	HYS Test uçuşu	Harici yükte yapısal bozulma	1.Titreşim ve uçuş yüklerinin hatalı hesaplanması 2.Uçağın öngörülen manevra limitlerinin haricinde kullanılması	1.Harici yükte yapısal bozulma. 2.Yapısal hasar oluşması.	Telemetri sisteminden alınan canlı video görüntüsü ile pilota yönlendirici talimatların verilebilmesi.
6	Test uçuşu	Sistem arızası (Yakıt, basınç, vb.)	Test kaleminin arızalanması.	Uçuşta söz konusu sistemin çalışmaması.	Söz konusu sistemlere yerleştirilen almaçlar ile değişkenlerin telemetri sistemi ile gözlemlenerek aksaklığın büyümeden pilota ikaz edilebilmesi.
7	Test uçuşu	Telsiz arızası	1.Telsiz arızası 2.Test kaleminin telsizi olumsuz etkilemesi	İletişim aksaklığı	Telemetri sistemleri ile uçağın konum bilgilerinin ilgili birimler ile paylaşılarak koordine kurulabilmesi.

Çizelge 5.1. (Devam) Örnek Risk Değerlendirmelerinde Telemetri Sistemlerinin Uçuş Emniyetine Katkısı

SIRA	FAALİYET ALANI	OLASI RİSK	OLASI RİSKİN NEDENLERİ	OLASI RİSKİN SONUCU	TELEMETRİ SİSTEMİNİN KATKISI
8	Atışlı test uçuşu	Atışı yapılan test kaleminin öngörülen rotasından çıkması	Test kaleminin arızalanması.	Test kaleminin arzu edilen rotayı takip etmemesi.	Telemetri sisteminden atışı yapılan test kaleminin konum bilgileri ile takip/önleme pilotuna ikaz edilebilmesi.
9	Test uçuşu	Test uçağının anormal duruma girmesi	1.Uçağın öngörülen manevra limitlerinin haricinde kullanılması 2.Test uçağının öngörülen uçuş zarfına ait hesaplama hataları	1.Uçağın anormal duruma girmesi. 2.Uçağa kumanda edilememesi.	Telemetri sisteminden alınan uçağın uçuş bilgileri ile pilotun erken safhada ikaz edilebilmesi.

5.2. Örnek Senaryo

Bu bölümde, karşılaşılabilecek muhtemel risklere karşı, telemetri sistemlerinin uçuş emniyetine katkısının daha net olarak açıklanması amacıyla kurgusal bir senaryo oluşturulmuştur.

Bu senaryoda, askeri havacılık alanında yeni geliştirilen bir mühimmatın HYS kapsamında icra ettiği bir test uçuşu ele alınmaktadır.

Buna göre öncelikle geliştirilen sözde mühimmatın, atışından sonra açılabilen kanatları olduğu varsayılmaktadır. Böylece mühimmat daha uzun menzillere ulaşabilmektedir. Mühimmatın, uçağa bağlı olduğu sürece kanatların açılmasını engelleyen bir emniyet piminin olduğu, mühimmat atışının yapıldıktan sonra emniyetle ayrılmasına müteakip pimin kanatların açılmasına müsaade ettiği de varsayımlar arasındadır.

Senaryo kapsamında, geliştirme test ve değerlendirme faaliyetleri için HYS kapsamında icra edilmesi gereken ve MIL-HDBK-1763 referans dokümanında belirtilen HYS – 223 (Isıl Test) testinin icra edildiği varsayılmaktadır.

İlgili dokümana göre, ısıl test için hava aracının aşırı çevresel koşullar arasında ani geçişler yaparak, ölçümlendirilmiş olan harici yük için çeşitli verilerin toplanması gerekmektedir. Söz konusu dokümanda bu veriler; uçuş verisi, Mach sayısı, irtifa,

hücum açısı ve zaman bilgileri ile dış ortam koşulları, harici yükün zamana bağlı olarak yüzey ve dâhili sıcaklık değişimleri olarak tanımlanmaktadır.

Isıl testin doğası gereği, aşırı çevresel şartlar arasında (aşırı soğuk ve aşırı sıcak) geçişlerin yapılabilmesi için müsaade edilen uçuş zarfının en alt ve en üst limitleri arasında ani değişikliklerin yapılması gerekmektedir. Referans dokümanda bu durum net olarak belirtilmese de gerekli şartların elde edilebilmesi için öncelikle yüksek irtifa düşük süratte bir süre uçuşu takiben hızlı bir alçalış oranıyla alçak irtifa yüksek süratte uçulması gerekliliği aşikârdır.

Bu test uçuşu, doğası gereği bir takım riskleri de ortaya çıkarmaktadır. Uçuşun icrasından önce birçok risk değerlendirmesi ve risk azaltıcı tedbir alınsa da özellikle tanımlanmamış riskler bu tip uçuşlarda önemli bir faktör olarak belirtilmektedir.

HYS uçuşlarındaki en önemli risklerden birisi de harici yükte yapısal bozulmadır. Bu durum, titreşim ve uçuş yüklerinin hatalı hesaplanması veya ön görülen manevra limitlerinin dışına çıkılması ile meydana gelebilir. Bu tip bir durumun tespiti; görevin iptal edilmesi, uçuş parametrelerinin derhal güvenli sürat ve irtifalara çekilmesi veya gerekli görüldüğünde harici yükün uçaktan atılması gibi tedbirleri barındırır. Ayrıca test uçuşunda takip uçağının kullanılması da durumun tespit edilmesindeki en önemli girdiyi oluşturmaktadır.

Varsayımımız gereği yüksek irtifa düşük süratte uçan hava aracının, termal şok yaratabilmek için ani ve dik bir dalış ile alçak irtifa yüksek sürat koşullarında uçuşuna devam etmesi, aynı zamanda ani bir titreşimi de beraberinde getirecektir.

Titreşim ve uçuş yüklerinin hatalı hesaplanması ve test uçağının icra ettiği bu ani ve takibi zor manevra esnasında takip uçağının durumu yakından takip edememesi neticesinde, ani ve artan bir titreşim beraberinde, senaryonun başında bahsedilen sözde mühimmatın kanatlarının açılmasını engelleyen emniyet piminin kırılmasına neden olabilir.

Bu ve benzeri durumlarda takip pilotunun ani ve takibi zor manevralarda durumu fark edememesi sürati artan ve dik bir dalışa devam eden bir test uçağında daha ciddi problemleri de beraberinde getirebilir.

Örneğin bu durumda tanımlanmamış riskler de meydana gelebilir. Ayrıntılı bir örnek vermek gerekirse, senaryoda tanımlanamamış olan, kırılan emniyet pimi ile kanatların açılarak hava aracının gövde altındaki yakıt depolarına ya da diğer harici yüklere çarpması, beraberinde diğer sistemlerin de arızalanmasına neden olabilir.

Bu ve benzeri durumlar ile karşılaşıldığında, pilota derhal ikaz etmek ve kontrol edilebilir uçuş parametrelerine dönmek veya gerekli işlemleri uygulayabilmek için telemetri sistemleri kullanılabilir.

Öyle ki senaryoda icra edilen HYS testi için toplanması gereken gerekli veriler, referans dokümanda; uçuş verisi, Mach sayısı, irtifa, hücum açısı ve zaman bilgileri ile dış ortam koşulları, harici yükün zamana bağlı olarak yüzey ve dâhili sıcaklık değişimleri olarak tanımlanmaktadır.

Oysa telemetri sistemlerinin uçuş emniyetine de katkı sağlayabileceği düşünüldüğünde, çoğu telemetri sisteminin sahip olduğu canlı video görüntüsünün aktarılması veya titreşim verisi gibi kritik sensör bilgilerinin de ilave edilmesi, HYS için en önemli risklerin başında gelen harici yükte yapısal bozulma riskinin tespiti için risk azaltıcı bir tedbir olarak kullanılabilir.

Test ve değerlendirme faaliyetlerinde risk yönetiminin amacı arzu edilen başarıya ulaşırken, oluşabilecek tehlikeleri azaltmak ve kaza kırımları asgari düzeye indirmek için yöntem ve stratejiler sunmaktır. Bu durum beraberinde birçok tanımlanmamış risk dâhil, çoğu tehlikeyi bertaraf etmede de kullanılabilir.

6. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Test ve değerlendirme faaliyetleri beraberinde büyük bütçeli yatırımları, sözleşmesel yükümlülükleri ve birçok farklı disiplinin bir arada uyum içerisinde çalışması gibi hususları getirmekle birlikte göz önünde bulundurulması gereken en önemli etken uçuş ve yer emniyetidir.

Havacılık alanında yayınlanan birçok dokümanda “*Havacılıkta kurallar kanla yazılmıştır.*” gibi ifadelerle rastlamak mümkündür. Burada anlatılmak istenen icra edilen faaliyetlerde yapılan hataların ölüm, külli hasar veya ciddi ölçüde zarar gibi sonuçlar doğurabilmesidir.

6.1. Sonuç

Test uçuşlarında isterlerin iyi belirlenip gerekli risk değerlendirmesinin yapılması, riskin kabul edilebilir seviyeye indirilmesinde ve proje sürecinde önemli bir rol oynamaktadır. Rutin uçuşlara kıyasla test uçuşları, beraberinde getirdiği ilave risk faktörleri ile uçuş emniyeti açısından daha da dikkat edilmesi gereken buna bağlı olarak da ilave tedbirlerin alınmasını gerektiren bir faaliyet alanıdır.

Bu noktada ülkemiz gibi test ve değerlendirme faaliyetlerinde son dönemlerde ciddi ve başarılı çalışmalar yapan organizasyonlar için bu alanda icra edilen faaliyetler konusunda dikkatli davranılmalı mümkün olan bütün imkân ve kabiliyetler kullanılmalıdır. Tarihte yaşanmış daha önceki olaylar göstermiştir ki bu alanda yapılan hatalar sonucu meydana gelen kazalar, yapılan çalışmalarını olumsuz etkilemekte çoğu zaman ilgili proje ve çalışmaların sonlandırılması gibi üzücü sonuçları beraberinde getirebilmektedir.

6.2. Tartışma

Bu konuda yaşanan en büyük problemlerden birisi de tecrübe ve bilgi aktarımıdır. Uçuş test teknikleri olarak da adlandırabileceğimiz bu tecrübe ve bilgi birikimi, test ve değerlendirme faaliyetleri kapsamında faaliyetlerini sürdüren organizasyonlarca, sektördeki ticari, milli ve stratejik kaygılardan dolayı bu konuda ketum davranılmaktadır. Bunun yanı sıra özellikle askeri havacılık alanında test ve değerlendirme faaliyetleri kapsamında yayınlanmış standart ve dokümanların, genellikle yol gösterici nitelikte olması da bu konuda teknik bilgi ve tecrübe paylaşımı konusunda yetersiz kalabilmektedir.

İlave olarak özellikle uçuş testleri esnasında testi yapılan sistemin modellenemeyen çevresel tehditler ve diğer sistemler ile etkileşimi sistemin performansını ve emniyet katsayısını negatif olarak etkileyebilmektedir. Toplanan veriler genel olarak uygun destek teçhizatları ve yazılımlar ile anlamlandırıldığından bunların uçuş esnasında platform üzerinde yapılabilmesi ayrıca pilotun bunları uçuş esnasında değerlendirmesi de pratikte etkin ve uygulanabilir değildir.

6.3. Öneriler

Test ve değerlendirme faaliyetleri kapsamında artarak gelişen teknolojik imkânlar bu çalışmanın da konusu olan uçuş emniyetine katkıda bulunmaktadır. Bu kapsamda başlıca amacı test ve değerlendirme faaliyetlerini icra ederken uygun olmayan ortamlardan alınan verilerin güvenli bir yerde izlenmesi, kayıt altına alınması gibi ihtiyaçları karşılamak olan telemetri sistemlerinin uçuş emniyeti açısından da olumlu katkılar sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

Risklerin kıymetlendirilmesi safhasında kaçınılması gereken ve dikkat edilmesi gereken hususlar vardır. Bir riskin test faaliyeti esnasında herhangi bir dayanağı olmaksızın olmayacağını düşünmek ya da icra edilen test faaliyetinin daha önce defalarca yapılması gibi sebeplerden dolayı iyimserlik göstererek göz ardı etmek çok büyük bir hata olarak değerlendirilmelidir. Yaşanan kaza kırımların büyük oranının ön görülemeyen riskler sebebiyle meydana geldiği ve çeşitli etkenlerin bir araya gelmesi sonucu olduğu unutulmamalıdır. Test ve değerlendirme faaliyetlerinde risk yönetiminin amacı arzu edilen başarıya ulaşırken, oluşabilecek tehlikeleri azaltmak ve kaza kırımları asgari düzeye indirmek için yöntem ve stratejiler sunmaktır.

Bu kapsamda test ve değerlendirme faaliyetlerinde yoğun bir şekilde kullanılan telemetri sistemlerinin test uçuşlarında başta test ve takip pilotlarının yoğun iş yükleri sebebiyle uçuş esnasında işba oldukları ve farkında olmadıkları durumlar olmak üzere Çizelge 5.1’de örnekleri verilen bir çok konuda risk seviyesinin azaltılmasında katkısı olabileceği, kazaların meydana gelmesinde asıl etkili olan bir çok alt etkeni bertaraf etmede kullanılabileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Giadrosich, D.L. (1995). *Operations research analysis in test and evaluation*. Washington: AIAA Education Series.
- [2] U.S.A. Department of Defense. (2012). *Test and evaluation management guide*. (6.edition). Virginia: The Defense Acquisition University Press.
- [3] U.S.A. The Secretary of the Air Force. (2014). *Airforce policy directive 99-1/ test and evaluation process*. A.B.D.
- [4] U.S.A. The Secretary of the Air Force. (2013). *Airforce instruction 99-103 / capabilities-based test and evaluation*. A.B.D.
- [5] North Atlantic Treaty Organization, Research and technology organisation. (2005). *Agardograph-300-volume 14 / introduction to flight test engineering*. Belçika.
- [6] U.S.A. Department of Defense. (1998). *Military handbook -1763 / aircraft-stores compatibility: systems engineering data requirements and test procedures*. Ohio.
- [7] Purton, L. and Kourousis, K. (2014). Military airworthiness management frameworks: a critical review. *Science Direct*, 80(1), 545-564.
- [8] De Florio, F. (2011). *Airworthiness: an introduction to aircraft certification*. (2.edition). Butterworth: Heinemann.
- [9] <http://www.jaa.nl/page/88/> (Erişim tarihi: 11.08.2016)
- [10] European Aviation Safety Agency. (2012). Part 21- Airworthiness and environmental certification (2.edition). Almanya.
- [11] North Atlantic Treaty Organization. (2009). *Standart agreement 4671 uav system airworthiness requirements*. Belçika.
- [12] U.S.A. Edwards Air Force Base. (2013). *Instruction 99-100 / the Project management process*. A.B.D.
- [13] U.S.A. Edwards Air Force Base. (2013). *Instruction 99-101 / 412. tw test plans*. A.B.D.
- [14] NICHOLS, J. (2016). *Effects of stores carriage on aircraft performance and flying qualities*. California: S&T Organization.
- [15] U.S.A. Edwards Air Force Base (2014). *Instruction 99-105 / the test control and conduct*. A.B.D.
- [16] U.S.A. Department of Defense. (1999). *Military handbook -831 / test reports, preparation of*. A.B.D.

- [17] Federal Aviation Administration (2012). *Aircraft certification service flight test risk management program*. A.B.D.
- [18] North Atlantic Treaty Organization. (2011). *Safety and risk management in flight testing (SCI-236)*. Belçika.
- [19] U.S.A. Department of Defense. (2012). *Military standart -882E / department of defense standart practice system safety*. Ohio.
- [20] GRATTON, G. Initial airworthiness determining the acceptability of new airborne systems, Springer International Publishing, İsviçre, 2015.
- [21] T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü. (2012). *Emniyet yönetim sistemi - temel esaslar*. Pegem Akademi Yayıncılık: Ankara.
- [22] U.S. NAVAL TEST PILOT SCHOOL. (1997). *Theory and flight test techniques*. Naval Air Warfare Center: Maryland.
- [23] National Aeronautics and Space Administration. (1987). *Telemetry: Summary of concept and rationale*. A.B.D.
- [24] Range Commanders Council. (2008). *Telemetry systems radio frequency handbook*. Secretariat Range Commanders Council: New Mexico.
- [25] ULUŞAHİN, R. (2012). Füze/roket sistemlerinde radyo frekansı uygulamaları: uçuş sonlandırma sistemi. *1'inci RF Çalıştayı*'nda sunulan bildiri. Ankara: ROKETSAN A.Ş.
- [26] Range Commanders Council. (1999). *Telemetry standarts*. Secretariat Range Commanders Council: New Mexico.

Ek-1 HYS-224 Testi

1. AMAÇ

Uçuşta HYS-224 testi sadece yerde yapılması teknik olarak mümkün olmayan sistemler için ve genellikle de elektronik harp (E/H) podu gibi sistemlerin tehditlere karşı verdiği cevaplar için yapılır. Elektromanyetik girişim etkileri tahmin edilemeyebilir. HYS-224 testi tehlikelidir ve katastrofik sonuçlar doğurabilir.

2. TEST HAZIRLIĞI

Güvenlik Kurullarına uçuş emniyeti açısından danışılarak yapılmalıdır.

3. TEST KALEMİ

Söz konusu hava aracının bütün avyonik sistemleri ile donatılmış olması gereklidir. Hava aracı ve harici yükün HYS-224 testi bu şartlarda yapılmalıdır.

4. TEST TEÇHİZATI VE ÖLÇÜMLENDİRME

Bu bölüm yapılmak istenen testin durumuna göre belirlenir. Buna bağlı olarak ihtiyaç duyulan ölçümlendirme ve gerekli teçhizat temin edilmelidir.

5. TEST KOŞULLARI

Test, kullanılacak olan sistemin bütün modlarında çalıştırılarak yapılır. Test koşullarının mümkün olduğunca yatış ve yük faktörü olmadan, düz uçuş şartlarında ve genel olarak kullanılan uygun bir süratte yapılmalıdır. Bunun dışındaki parametrelerde icra edilmesi gereken testlere belirli bir risk analizi yapıldıktan sonra karar verilmelidir.

6. KABUL ŞARTLARI

Sistemin arıza veya hata vermeden güvenli bir şekilde çalışmasıdır.

7. TEST USULLERİ

Test pilotu ile olası arızalar hakkında briefing yapılmalıdır. Test pilotu ayrıca test uçuşu esnasında anlık değerlendirmeler yapabilir.

8. RAPOR

Raporda, test objektifleri, test kalemi, ölçümlendirme, veri gereksinimleri, sonuç ve değerlendirmeleri içermelidir.

Ek-2 Test ve Değerlendirme Planı (TDP)

Revizyonlar

Dağıtım Listesi

İçindekiler

Tanımlamalar

1. Giriş

- 1.1. Tanıtım
- 1.2. Test Özeti
- 1.3. Test Takvimi

2. Referans Dokümanlar

- 2.1. Proje Dokümanları
- 2.2. Standart Dokümanlar

3. Test Yönetimi

- 3.1. Sorumluluklar
- 3.2. Yüklenici Firma Sorumluluğu
- 3.3. Görev ve Roller
- 3.4. Test Kalemi Yönetimi
- 3.5. Test Uçuşu Programı
 - 3.5.1. Genel Program
 - 3.5.2. Haftalık Program
- 3.6. Uçuş Öncesi Hazırlıklar
 - 3.6.1. Test Kalemi Hazırlığı
 - 3.6.2. Faaliyet Kontrolü
 - 3.6.3. RUNCARD Hazırlığı
 - 3.6.4. Test Uçuşu Brifingi
- 3.7. Test Uçuşu Faaliyetleri
 - 3.7.1. Uçak Baş ve Kalış
 - 3.7.2. Uçuş
 - 3.7.3. Uçuş De-Brifingi
 - 3.7.4. Günlük Test Uçuş Raporu
 - 3.7.5. Uçuş Test Verilerinin Paylaşımı
 - 3.7.6. Uçuş Test Raporu

4. Test Gereksinimleri

- 4.1. Uçuş Test Verileri
- 4.2. Test Kalemi
- 4.3. Test Kalemi Ölçümlendirme
- 4.4. Test Kalemi Hazırlıkları
- 4.5. Test Uçakları
- 4.6. Test Uçağı Ölçümlendirme
- 4.7. Diğer Ölçümlendirmeler
- 4.8. Yükleme Konfigurasyonları
- 4.9. Taşıma/Salma/Bırakma Zarfı
- 4.10. Uçak Yük Limitleri
- 4.11. Ağırlık/Sürüklenme Bilgileri
- 4.12. Test Teçhizatı Malzemeleri
- 4.13. Test Sahası Gereksinimleri

5. Testler

- 5.1. Ana Test Başlığı
 - 5.1.1. Alt Test Başlığı
 - 5.1.2. Amaç
 - 5.1.3. Test Manevraları
 - 5.1.4. Başarım Şartları
 - 5.1.5. Dur/Devam Şartları
 - 5.1.6. Özel Teçhizatlar
 - 5.1.7. Test Verileri
 - 5.1.8. Veri Analizi
 - 5.1.9. Test Prosedürü

6. Uçuş Planları

- 6.1. Test/Uçuş Matrisi
- 6.2. Test Manevralarının İcrası
- 6.3. Diğer Uçak Planlamaları

7. Emniyet Gereksinimleri

8. Güvenlik Gereksinimleri

9. Ekler

Ek-3Örnek Risk Tanımlama Formu

BİRİM	BÖLÜM	FİRMA/KURUM	PROJE	RİSK NU.	RİSK DURUMU
Ölçümlendirme ve Veri Toplama	Uçuş Test ve Değerlendirme	ABC	ABCD	1	Kapalı
RİSK BAŞLIĞI: Küresel konumlama sistemi (İng. GPS) ünitesinden Ephmeris verisinin alınması					
DEĞERLENDİRME	Tanımlama: ABCD projesi kapsamında F-AB uçaklarında mevcut GPS ünitesinden Ephmeris verisinin alınmaması projeyi olumsuz etkileyecektir.			Gerçekleşme Olasılığı/Etkisi	3E
				Başlangıç Risk Seviyesi	Düşük
				Risk Sorumlusu	Ad SOYAD
				Risk Belirleme Tarihi	01.01.2016
				Risk Kapanma Tarihi	05.03.2016
	Yapılan / Yapılacak Çalışmalar				
Ölçümlendirme ve Veri Toplama Birimi			ABC		
ABCD projesi kapsamında entegrasyonu yapılacak test kalemi için kritik bilgi olan GPS Ephemeris bilgilerinin temin edilmesi gerekmektedir. Ephemeris bilgilerinin GPS ünitesinden temin edilebilirliğinin doğrulanması için F-AB uçağında yer testi yapılarak doğrulanacaktır.			İhtiyaç duyulan yer testinin yapılabilmesi amacıyla ilgili birimler ile yazışmalar yapılmış gerekli koordine kurulmuş, söz konusu ihtiyaç tutanak ile TDP'na eklenmiştir ve bütçelendirilmiştir.		
ELE ALMA VE İZLEME	ELE ALMA	Risk Ele Alma Yöntemi: Risk kontrolü		Risk Kontrol Yöntemi: Yer testi	
		Yöntem Uygulamaları: <ul style="list-style-type: none"> 06-10.02.2016; İlgili test planı hazırlanmıştır. 22-25.02.2016; F-AB uçağı üzerinde yer testleri gerçekleştirilmiştir. Test ve değerlendirme faaliyetleri neticesinde GPS ünitesinden Ephemeris bilgilerinin alınabildiği doğrulanmış olup söz konusu bilgilerin test uçuşunda da elde edilebileceği değerlendirilmektedir.			
ELE ALMA VE İZLEME		İZLEME	<ul style="list-style-type: none"> 05.01.2016; Koordinasyon toplantısında değerlendirilmiş olup, risk durumunda bir değişiklik yoktur. 05.02.2016; Koordinasyon toplantısında değerlendirilmiş olup çalışmalar devam etmektedir, risk durumunda bir değişiklik yoktur. 27.02.2016; Yer testinde elde edilen veriler değerlendirilmiş GPS ünitesinden Ephemeris bilgilerinin alınabildiği gözlemlenmiştir. Yer testi BAŞARILI. Söz konusu bilgilerin test uçuşu esnasında da elde edilebilirliği gözlemlenecektir. 03.03.2016; 01.03.2016 tarihinde icra edilen test uçuşunda GPS ünitesinden Ephemeris bilgilerinin alınabildiği gözlemlenmiştir. 05.03.2016; Koordinasyon toplantısında değerlendirilmiş olup icra edilen faaliyetler sonucunda risk kapatılmıştır. (Risk Seviyesi: Kapalı) 		