



UÇAK KAZALARININ İNSAN FAKTÖRÜ ANALİZ SINIFLANDIRMA
SİSTEMİ (HFACS) İLE İNCELENMESİ: ABD ÖRNEĞİ

TÜRK HAVA KURUMU ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

MÜNEVVER AYCEL KAYA

HAVACILIK YÖNETİMİ ANA BİLİM DALI
HAVACILIK YÖNETİMİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Firdevs Didem GÖÇMEN

TEMMUZ 2025



UÇAK KAZALARININ İNSAN FAKTÖRÜ ANALİZ SINIFLANDIRMA
SİSTEMİ (HFACS) İLE İNCELENMESİ: ABD ÖRNEĞİ

TÜRK HAVA KURUMU ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

MÜNEVVER AYCEL KAYA

HAVACILIK YÖNETİMİ ANA BİLİM DALI

HAVACILIK YÖNETİMİ PROGRAMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Firdevs Didem GÖÇMEN

TEMMUZ 2025

Tez Onayı

UÇAK KAZALARININ İNSAN FAKTÖRÜ ANALİZ SINIFLANDIRMA SİSTEMİ (HFACS) İLE İNCELENMESİ: ABD ÖRNEĞİ

Türk Hava Kurumu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Havacılık Yönetimi Anabilim Dalı, Havacılık Yönetimi (Türkçe) Tezli Yüksek Lisans Programı öğrencisi **Münevver Aysel KAYA**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirerek, aşağıda imzaları olan jüri önünde tezini başarı ile sunmuştur.

Doç. Dr. Adnan GÜZEL

Müdür, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Doç. Dr. Hatice Bahar AŞCI

Anabilim Dalı Başkanı, Havacılık Yönetimi

Dr. Öğr. Üyesi Firdevs Didem GÖÇMEN

Tez Danışmanı: Türk Hava Kurumu Üniversitesi

Tez Jüri Üyeleri :

Dr. Öğr. Üyesi Birsen AÇIKEL

MYO, Elektronik ve Otomasyon Bölümü

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Banu SARIBAY

İHMYO, Yönetim ve Organizasyon

Türk Hava Kurumu Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Firdevs Didem GÖÇMEN

İHMYO, Yönetim ve Organizasyon

Türk Hava Kurumu Üniversitesi

Tarih: 3 Temmuz 2025



Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım “Uçak Kazalarının İnsan Faktörleri Analiz Sınıflandırma Sistemi (HFACS) ile İncelenmesi: ABD Örneği” konulu tez çalışmasında tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, başkalarının eserlerinden yararlanmada ilgili eserlere bilimsel normlar dahilinde atıfta bulunduğumu, atıfta bulunduğum her eserin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite ya da başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı beyan ederim.

Münevver Aysel KAYA

TEŞEKKÜR

Tez alıŐmamn planlanması, araştırılması, yürütölmesi ve tamamlanması sürecinde bilgi ve deneyimiyle bana yol gösteren, değerli katkıları ve destekleriyle çalıŐmamı bilimsel bir temele oturtmamı sağlayan kıymetli danıŐman hocam Dr. Öğr. Üyesi Firdevs Didem GÖÇMEN'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, bu süreçte sabırları, sevgileri ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan aileme ve motivasyonumu yüksek tutmamda katkı sağlayan yakın çevreme de gönülden teşekkür ederim.

Münevver Aysel KAYA



ÖZ

Münevver Aysel KAYA
Yüksek Lisans, Havacılık Yönetimi
Tez Danışmanı: Dr.Öğr. Üyesi Firdevs Didem GÖÇMEN
Temmuz, 2025, 90 sayfa

Bu çalışma, 2020–2024 yılları arasında Amerika Birleşik Devletleri’nde meydana gelen 57 havacılık kazasını İnsan Faktörleri Analiz ve Sınıflandırma Sistemi (HFACS) çerçevesinde ele almakta ve kazalara etki eden insan faktörlerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Çalışma, bu faktörlerin sadece bireysel hatalardan ibaret olmayıp sistemsel, yönetsel ve çevresel unsurlarla da ilişkili olabileceğini göstermeyi hedeflemektedir. Uçak kazalarının büyük ölçüde insan hatalarından kaynaklandığına dair bulgular, bu alanda bütüncül ve sistematik analizlerin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Araştırmada nitel yöntem kullanılmış; ABD Ulusal Ulaşım Güvenliği Kurulu (NTSB) tarafından yayımlanan kazalara ilişkin raporlar içerik analizi ve betimsel analiz teknikleriyle değerlendirilmiştir. HFACS modeli temelinde yapılan 207 kodlama sonucunda, kazaların önemli bir kısmının sistemsel açıklar, çevresel zorluklar, yönetsel ihmaller ve örgütsel eksikliklerle doğrudan ilişkili olduğu belirlenmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre, en sık karşılaşılan insan hatalarının karar verme ve algılamaya ilişkin olduğu; bu hataların çoğunlukla bilişsel sınırlılıklar, bilgi eksiklikleri ve durum farkındalığındaki yetersizliklerden kaynaklandığı saptanmıştır. Türbülans gibi çevresel etkenler ile teknolojik yetersizlikler de güvenli operasyonları doğrudan tehdit eden faktörler arasında yer almıştır. Ayrıca operasyonel planlama hataları, güvenlik önceliklerinin göz ardı edilmesi ve kaynak yetersizlikleri gibi yönetsel ve örgütsel eksikliklerin bu bireysel hataları tetiklediği anlaşılmıştır.

Elde edilen bulgular, havacılık kazalarının yalnızca insanın doğrudan yaptığı hatalardan ibaret olmadığını; bu hataların çoğu zaman sistemin bütününe yayılmış sorunların bir sonucu olduğunu ortaya koymaktadır. HFACS modeli, bu karmaşık ilişki ağını çözümlenmede etkili bir analiz aracı olarak öne çıkmakta ve aynı zamanda önleyici güvenlik stratejilerinin oluşturulmasına katkı sağlamaktadır.

Bu doğrultuda, havacılık sektöründe yönetimsel uygulamaların ve örgütsel yapıların yeniden değerlendirilmesi, emniyet kültürünün güçlendirilmesi ve insan hatalarını azaltmaya yönelik politika önerilerinin geliştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Havacılık Güvenliği, İnsan Faktörleri, Havacılık Emniyeti, Uçak Kazaları, HFACS Modeli



ABSTRACT

Münevver Aysel KAYA
Master of Science, Aviation Management
Thesis Supervisor: Asst. Prof. Dr. Firdevs Didem GÖÇMEN
July, 2025, 90 pages

This study examines 57 aviation accidents that occurred in the United States between 2020 and 2024 within the framework of the Human Factors Analysis and Classification System (HFACS), aiming to identify the human factors contributing to these accidents. The study aims to demonstrate that these factors are not limited to individual errors but are also related to systemic, managerial, and environmental components. Findings indicating that a large proportion of aircraft accidents are caused by human error reveal the necessity for comprehensive and systematic analyses in this field.

A qualitative method was used in the research; reports on the accidents published by the U.S. National Transportation Safety Board (NTSB) were evaluated through content analysis and descriptive analysis techniques. Based on 207 codings conducted within the scope of the HFACS model, it was determined that a significant portion of the accidents was directly related to systemic gaps, environmental challenges, managerial negligence, and organizational deficiencies.

According to the research results, the most frequently encountered human errors were related to decision-making and perception, and these errors were mostly caused by cognitive limitations, lack of information, and insufficient situational awareness. Environmental factors such as turbulence and technological deficiencies were also among the elements that directly threatened safe operations. Furthermore, operational planning errors, the neglect of safety priorities, and a lack of resources were found to trigger these individual errors through managerial and organizational shortcomings.

The findings show that aviation accidents are not solely the result of direct human errors, but rather the consequence of problems spread throughout the entire system. The HFACS model stands out as an effective analytical tool for unraveling this complex web of relationships and contributes to the development of preventive safety strategies.

In this regard, it is emphasized that managerial practices and organizational structures in the aviation sector should be re-evaluated, safety culture should be strengthened, and policy recommendations should be developed to reduce human errors.

Key Words: Aviation Safety, Human Factors, Aviation Security, Aircraft Accidents, HFACS Model



İÇİNDEKİLER

ÖZ	vii
ABSTRACT	x
İÇİNDEKİLER	xii
TABLolar LİSTESİ	xiv
ŞEKİLLER LİSTESİ	xv
KISALTMALAR	xvi
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM	
KAVRAMSAL ÇERÇEVE	4
1.1 İnsan Faktörleri: Kavram ve Tanım	4
1.1.1 Tarihsel Gelişim ve Teorik Temeller	7
1.2 Uçak Kazalarının Teorik Modellerle Analizi	10
1.2.1 Domino Teorisi	11
1.2.2 Reason'ın Swiss Cheese Modeli	14
1.2.3 SHELL Modeli	16
1.2.4 5M Modeli	18
1.2.5 STAMP Modeli	21
1.2.6 FRAM Yöntemi	22
1.2.7 HFACS (Human Factors Analysis and Classification System)	24
1.2.7.1 HFACS'in Yapısı ve Uygulama Alanları	33
1.2.7.1.1 Emniyetsiz Davranışlar	33
1.2.7.1.2 Ön Koşullar	37
1.2.7.1.3 Emniyetsiz Yönetim	39
1.2.7.1.4 Örgütsel Etkiler	41
1.2.7.2 HFACS'in İnsan Faktörleri Çerçevesinde Önemi	43
İKİNCİ BÖLÜM	
YÖNTEM	45

2.1 Araştırma Deseni.....	45
2.2 Veri Kaynağı ve Örneklem Seçimi	46
2.2.1 Veri Toplama Süreci	49
2.3 Veri Analizi.....	50
2.3.1 Betimsel Analiz.....	50
2.3.2 İçerik Analizi.....	51
2.4 Verilerin Kodlanması ve Analizi	51
2.5 Etik İlkeler.....	57
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	
BULGULAR VE TARTIşMA	58
3.1 Emniyetsiz Davranışlar (HFACS Düzey 1)	59
3.2 Emniyetsiz Davranışlara Yol Açan Koşullar (HFACS Düzey 2)	62
3.3 Emniyetsiz Yönetim (HFACS Düzey 3).....	66
3.4 Organizasyonel Etkiler (HFACS Düzey 4).....	69
3.5 Kaza Faktörlerinin HFACS Kapsamında Değerlendirilmesi.....	71
3.6 Uçuş Safhalarına Göre Kaza Dağılımı ve Çevresel Etkenlerle İlişkisi.....	72
3.7 Tartışma.....	73
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	
SONUÇ VE ÖNERİLER	79
KAYNAKÇA.....	81

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. HFACS Modeline Dayalı Akademik Çalışmaların Özeti	27
Tablo 2. HFACS Çerçevesinde İnsan Hataları Türleri ve Açıklamaları	35
Tablo 3. HFACS Çerçevesinde İhlal Türleri ve Açıklamaları	37
Tablo 4. HFACS Düzey 1: Emniyetsiz Davranışların Frekans ve Yüzde Dağılımı .	59
Tablo 5. HFACS Düzey 2: Emniyetsiz Davranışlara Yol Açan Koşulların Frekans ve Yüzde Dağılımı	62
Tablo 6. HFACS Düzey 3: Emniyetsiz Yönetim Faktörlerinin Frekans ve Yüzde Dağılımı	66
Tablo 7. HFACS Düzey 4: Organizasyonel Etkilerin Frekans ve Yüzde Dağılımı ..	69

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Heinrich'in Domino Teorisi.....	13
Şekil 2. İsviçre Peyniri (Swiss Cheese) Modeli	14
Şekil 3. ICAO SHELL Modeli.....	16
Şekil 4. CASA SHELL Modeli.....	17
Şekil 5. 5-M Modelinin Özellikleri.....	19
Şekil 6. Fonksiyonel Rezonans Analizi (FRAM) Modelinin Yapısal Unsurları	23
Şekil 7. HFACS Modeli: İnsan Hatalarının ve Sistemsel Faktörlerin Hiyerarşik Sınıflandırılması.....	25
Şekil 8. Emniyetsiz Davranış Türleri ve Alt Kategorileri.....	34
Şekil 9. Emniyetsiz Davranışların Ön Koşulları ve Alt Kategorileri.....	38
Şekil 10. Emniyetsiz Yönetim Türleri ve Alt Kategorileri	40
Şekil 11. Örgütsel Etki Türleri ve Alt Kategorileri.....	41
Şekil 12. HFACS Düzeylerine Göre Genel Kodlama Dağılımı.....	58
Şekil 13. HFACS Düzey 1: Emniyetsiz Davranış Türlerinin Dağılımı	59
Şekil 14. HFACS Düzey 2: Emniyetsiz Davranışlara Yol Açan Koşulların Dağılımı	63
Şekil 15. HFACS Düzey 3: Emniyetsiz Yönetim Faktörlerinin Dağılımı	67
Şekil 16. HFACS Düzey 4: Organizasyonel Etkenlerin Dağılımı	69
Şekil 17. 57 Uçak Kazasında Belirlenen Kaza Faktörlerinin Frekans Dağılımı.....	72
Şekil 18. Uçuş Safhalarına Göre Kaza Dağılımı.....	73

KISALTMALAR

ATSB Güvenliği Bürosu)	:Australian Transport Safety Bureau (Avustralya Ulaşım
CASA Otoritesi)	:Civil Aviation Safety Authority (Sivil Havacılık Güvenliği
CFIT Çarpma)	:Controlled Flight Into Terrain (Kontrollü Uçuşla Yere
CRM	:Crew Resource Management (Ekip Kaynak Yönetimi)
EASA Havacılık Emniyet Ajansı)	:European Union Aviation Safety Agency (Avrupa Birliği
FAA	:Federal Aviation Administration (Federal Havacılık İdaresi)
FRAM Rezonans Analiz Yöntemi)	:Functional Resonance Analysis Method (Fonksiyonel
HFACS Faktörleri Analiz ve Sınıflandırma Sistemi)	:Human Factors Analysis and Classification System (İnsan
ICAO Havacılık Örgütü)	:International Civil Aviation Organization (Uluslararası Sivil
İHA	:İnsansız Hava Aracı
MHA	:Manned Hava Aracı (İnsanlı Hava Aracı)
NASA Havacılık ve Uzay Dairesi)	:National Aeronautics and Space Administration (Ulusal
NTSB Güvenliği Kurulu)	:National Transportation Safety Board (Ulusal Ulaşım
SCM	:Swiss Cheese Model (İsviçre Peyniri Modeli)
SHELL Modeli)	:Software–Hardware–Environment–Liveware–Liveware
SMS	:Safety Management System (Emniyet Yönetim Sistemi)
STAMP Teorik Kaza Modeli ve Süreci)	:System-Theoretic Accident Model and Processes (Sistem
5M	:Man, Machine, Medium, Mission, Management (İnsan,

GİRİŞ

1950’li yılların ikinci yarısından itibaren hava taşımacılığı sektörü, kaza oranlarını azaltmaya yönelik önemli adımlar atmıştır. Bu çabalar sonucunda, ticari yolcu uçaklarıyla seyahat etmek, büyük şehirlerde araç kullanmaktan daha güvenli bir ulaşım biçimi haline gelmiştir (Wiegmann & Shappell, 2001). Bu güvenlik seviyesinin sağlanmasında teknolojik gelişmeler kadar, insan faktörlerinin anlaşılmasına yönelik çalışmalar da belirleyici olmuştur. Modern sivil ve askeri havacılıkta meydana gelen tüm kazaların yaklaşık %80’inin insan faktörlerinden kaynaklandığı yaygın olarak kabul edilmektedir (de Hoyos, 2023). Son yirmi yılda ise birçok havacılık kuruluşu, güvenlik ve risk yönetimi alanlarında görevli personeli, insan faktörlerinin etkilerini azaltmaya yönelik programlar geliştirmeleri konusunda teşvik etmektedir. Uçak teknolojisindeki ilerlemelere ve sistem güvenilirliğinin artmasına rağmen, insan hataları güvenlik açısından en kritik risk unsurlarından biri olmaya devam etmektedir. Son yirmi yılda ise birçok havacılık kuruluşu, güvenlik ve risk yönetimi alanlarında görevli personeli, insan faktörlerinin etkilerini azaltmaya yönelik programlar geliştirmeleri konusunda teşvik etmektedir.

Kazaların güvenlik bağlamında nasıl tanımlandığı ve sınırlandırıldığı, bu alandaki analizlerin temelini oluşturmaktadır. Kaza, insanların yaşamlarını ya da mallarını tehdit eden zarar verici olaylar olarak tanımlanabilir. Havacılıkta ise kaza, bir hava aracında bulunan kişilerin veya uçağın kendisinin fiziksel zarara uğradığı durumları ifade eder. Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü’ne (ICAO, Annex 13, 2010:1) göre bir kaza; bir kişinin uçuş amacıyla uçağa bindiği andan, uçağı terk ettiği ana kadar geçen süreçte, uçağın işletilmesi sırasında veya uçağa ait parçaların ya da doğrudan uçağın kendisinin temas etmesi sonucu meydana gelen yaralanmalar, can kayıpları, yapısal bozulmalar ya da uçağın tamamen kaybolması gibi olaylardır. Diğer yandan “olay” terimi, uçuş emniyetini tehlikeye atan ya da tehlikeye atma potansiyeli taşıyan durumlar için kullanılmaktadır. Yani olay, henüz bir kazanın meydana gelmediği fakat oluşma ihtimalinin bulunduğu durumları ifade eder (Terzioğlu, 2007, s. 18). Bu tanımlar, kazaların çok boyutlu nedenlerini anlamak açısından önemli bir zemin oluşturmaktadır.

İnsan hatalarının kazalardaki yüksek oranına karşın, yapılan analizlerin ve alınan önlemlerin genellikle yetersiz kaldığı görülmektedir. Kaza ve kırım raporları, çoğunlukla olayın ne zaman ve nasıl gerçekleştiğini ayrıntılı bir şekilde açıklamakta; ancak olayın altında yatan nedenlere ilişkin değerlendirmeler sınırlı kalmaktadır. Çoğu durumda somut kanıtların yetersizliği, pilot hatası varsayımının öne çıkarılmasına yol açmakta ve bu da daha derin yapısal nedenlerin göz ardı edilmesine neden olmaktadır. Oysa kazaların nasıl ve neden meydana geldiğini ortaya koymaya yönelik bilimsel analizler, benzer olayların tekrarını önlemek açısından kritik önem taşımaktadır (ICAO Circular, 1993).

Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü'ne (ICAO) göre, kazaların önlenmesinde en etkili adım, geçmiş kazaların kapsamlı bir şekilde analiz edilmesidir (ICAO, 2010). Son yıllarda emniyet yalnızca bireysel hatalarla sınırlı görülmemekte; örgütsel yapılar, yönetsel süreçler ve çevresel koşullar da kazaların nedenleri arasında değerlendirilmektedir (Xiong, Beckmann, Tan, 2018). Bu bağlamda, havacılıkta insan hatalarının temel nedenlerinin anlaşılması, yalnızca geçmiş olayların değerlendirilmesi açısından değil, aynı zamanda gelecekteki güvenlik politikalarının şekillendirilmesi açısından da önemlidir.

Kazaların arka planında yer alan insan, yönetim ve örgüt faktörlerinin analizinde sistematik bir modelin kullanılması gereklidir. Literatürde bu amaçla en sık başvurulan modellerden biri olan İnsan Faktörleri Analiz ve Sınıflandırma Sistemi (HFACS), Wiegmann ve Shappell tarafından geliştirilmiştir. HFACS modeli, James Reason'un İsviçre Peyniri Modeli'nden esinlenerek insan hatalarını dört temel düzeyde sınıflandırır: emniyetsiz davranışlar, bu davranışlara neden olan koşullar, gözetim eksiklikleri ve örgütsel etkiler (Wiegmann & Shappell, 2001).

İlk olarak ABD Deniz Kuvvetleri için geliştirilen HFACS, zamanla birçok askeri alanda yaygın şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde 1000'den fazla askeri havacılık kazasında uygulanan bu model, insan hatalarına ilişkin veri toplama sürecinin kalitesini artırmış ve araştırma stratejilerinin etkinliğini güçlendirmiştir. FAA ve NASA gibi sivil havacılık kuruluşları da HFACS'in sivil havacılıkta uygulanabilirliğini göstermiştir. Günümüzde model, sadece askeri değil, sivil havacılık ve diğer sektörlerdeki güvenlik analizlerinde de kullanılmaktadır (Wiegmann & Shappell, 2001). HFACS, insan hatalarının altında yatan nedenleri

sistematik bir şekilde sınıflandırmak ve bu verileri analiz etmek için etkili bir çerçeve sunmaktadır (Dönmez & Uslu, 2018).

Bu araştırma, uçak kazalarının nedenlerini yalnızca bireysel hatalarla sınırlamadan; örgütsel ve çevresel faktörleri de dikkate alan bir yaklaşımla değerlendirmeyi amaçlamaktadır. HFACS modeli bu bütüncül yaklaşımı destekleyerek, kazaların çok boyutlu nedenlerini ortaya koymakta ve havacılık sektöründe güvenliğe yönelik daha etkili politika ve stratejilerin geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Mevcut literatürde HFACS modelinin özellikle ABD sivil havacılık sektöründe meydana gelen kazalar üzerindeki etkisini ayrıntılı şekilde inceleyen çalışmaların sayıca sınırlı olması, bu çalışmanın önemini artırmaktadır. Araştırma, bu boşluğu doldurmayı hedeflemekte ve insan hatalarının arkasındaki yapısal nedenleri anlamaya yönelik daha derinlikli bir analiz sunmaktadır.

Bu doğrultuda çalışma, aşağıdaki sorulara yanıt aramaktadır: Havacılık kazalarında en sık karşılaşılan emniyetsiz davranış türleri nelerdir? Bu davranışlar, HFACS modelinin “emniyetsiz davranışlara yol açan koşullar” düzeyinde hangi çevresel ve teknolojik faktörlerle ilişkilidir? Yönetimsel düzeydeki planlama eksiklikleri ve ihmaller, insan hatalarının ortaya çıkışında nasıl bir rol oynamaktadır? Örgütsel yapıdaki kaynak yönetimi dengesizlikleri ve zayıf güvenlik kültürü, bireysel hataları nasıl tetiklemektedir? HFACS modelinin uygulanmasıyla elde edilen bulgular, havacılık güvenliğini geliştirmeye yönelik hangi sistemsel politika önerilerine zemin hazırlamaktadır?

Bu sorulara verilecek yanıtlar, havacılık kazalarının ardındaki insan faktörlerinin sistemli bir şekilde değerlendirilmesini sağlayarak yalnızca mevcut güvenlik açıklarının tespitine değil, aynı zamanda bu açıkların giderilmesine yönelik çözüm önerilerinin geliştirilmesine katkı sunacaktır. HFACS modeli gibi teorik çerçevelerin kullanımı, insan hatalarının daha kapsamlı anlaşılmasını sağlayarak, havacılıkta güvenliğin artırılmasına yönelik politika üretiminde yol gösterici olacaktır.

BİRİNCİ BÖLÜM

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

1.1 İnsan Faktörleri Kavram ve Tanım

İnsan faktörleri, bireyin fizyolojik, psikolojik ve bilişsel kapasitesinin, bulunduğu sistemle etkileşimi çerçevesinde incelenmesini konu alan, çok boyutlu bir çalışma alanıdır. Özellikle insanın performansını etkileyen içsel ve dışsal değişkenlerin anlaşılması, yüksek risk içeren sektörlerde güvenliğin sağlanmasında kritik bir rol oynamaktadır (Tamer, 2021). Bu kavram, insan davranışlarını yalnızca bireysel yeterlilikler çerçevesinde ele almakla kalmayıp, aynı zamanda bu davranışların oluşumuna neden olan çevresel, yönetsel ve organizasyonel faktörleri de kapsamaktadır (Demirhan, 2024).

İnsan, doğası gereği sınırlılıklara sahip bir varlıktır. Bu sınırlılıklar, dikkat, algı, karar verme ve tepki süresi gibi alanlarda ortaya çıkar ve özellikle karmaşık sistemlerde görev yapan bireylerin hata yapma olasılığını artırabilir. Nitekim literatürde, insan hatalarının, hava aracı kazalarının en yaygın nedeni olduğu vurgulanmakta ve kazaların yaklaşık %80'inde doğrudan veya dolaylı biçimde insan unsurunun etkili olduğu belirtilmektedir (Baber, 2007). Ancak bu oran, bireyin yetersizliğinden çok, bireyin içinde bulunduğu sistemin tasarımı ve işleyişine ilişkin eksikliklerin bir göstergesi olarak da değerlendirilmektedir.

Havacılık sektörü, insan faktörlerinin sistematik olarak incelenmesi bakımından en dikkat çekici alanlardan biridir. Uçuş personelinin görev ortamında maruz kaldığı zaman baskısı, bilgi yükü, karar alma zorunluluğu ve çevresel koşullar gibi unsurlar, hata yapma olasılığını artırmaktadır. Tamer'in (2021) vurguladığı üzere, havacılık faaliyetlerinde yer alan bireylerin hata eğilimlerini belirlemek ve bu eğilimleri azaltmak, sektördeki emniyet anlayışının temel yapı taşlarından biridir.

Bu çerçevede, insan faktörlerinin incelenmesi yalnızca bireyin eğitimiyle sınırlı değildir. Aynı zamanda organizasyonel yapı, yönetim yaklaşımları, görev dağılımı, iş yükü planlaması gibi sistemsel unsurların da değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır. Kızıltepe'nin (2021) belirttiği gibi, uçak kazalarının altında yatan sebeplerin sağlıklı biçimde analiz edilebilmesi için, bireysel hataların yanı sıra, örgüt dışı yapılar da

dikkate alınmalıdır. Bu durum, insan faktörlerinin değerlendirilmesini yalnızca bireysel bir sorumluluk alanı olmaktan çıkararak, çok aktörlü bir yapıya dönüştürmektedir.

Gelişen teknolojiyle birlikte havacılık sistemlerinin otomasyon düzeyinde artış yaşanmasına rağmen, insanın sistem içindeki rolü azalmamış, aksine daha kritik hale gelmiştir. Bu bağlamda, insan faktörlerinin analiz edilmesi, yalnızca mevcut sistemin verimliliğini değil, aynı zamanda potansiyel risklerin önceden tespitini de mümkün kılar. Dönmez (2018), insan faktörlerinin kazalarla sınırlı kalmadan olay düzeyinde de analiz edilmesi gerektiğini vurgulamakta ve bu yaklaşımla geleneksel, yalnızca sonuca odaklanan modellerin ötesine geçilmesini önermektedir.

İnsan faktörleri alanında zamanla çeşitli model ve sistemler geliştirilmiştir. Bunlardan biri olan HFACS modeli, insan hatalarının çok katmanlı yapısını anlamaya yönelik bir çerçeve sunmaktadır. Ancak insan faktörleri kavramı, yalnızca belirli modellere indirgenemeyecek kadar geniş bir alanı kapsamaktadır. Önemli olan, bu faktörlerin her sistemde farklı şekillerde ortaya çıkabileceği ve analiz edilmesi gereken koşulların bağlama özgü olduğudur.

Havacılık dışında, emniyetin kritik öneme sahip olduğu pek çok alanda da HFACS sistemi kullanılmaktadır. Bu alanlar arasında demir yolu ve denizcilik kazaları, sağlık ve tıbbi olaylar ile madencilikte meydana gelen kazalar gibi çeşitli sektörler yer almaktadır (Dönmez, 2018).

Bu noktada, “insan” kavramının farklı bireyler tarafından çeşitli şekillerde algılanabilen ve farklı açılardan tanımlanabilen bir yapıya sahip olması, konunun daha da karmaşık bir hâl almasına neden olmaktadır. Bu nedenle, “insan faktörü” teriminin açıklığa kavuşturulması; yanlış anlamaların önlenmesi, konunun öneminin vurgulanması ve sınırlarının net bir şekilde belirlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

İnsan faktörü, temelde bireylerin sınırları ve performansları üzerine yapılan araştırmalara odaklanmaktadır (Aksoy, 2006, s. 4). İnsan faktörleri, bir bireyin performansını ve karar alma süreçlerini etkileyen çok çeşitli unsurları kapsayan bir alanı ifade etmektedir. Bu faktörlerin kapsamı, bireylerin fiziksel ve zihinsel

durumlarından, ekip dinamiklerine, organizasyonel yapıya ve teknolojik etkileşimlere kadar geniş bir yelpazeye yayılmaktadır. Bu geniş çerçeve, havacılık emniyeti ve operasyonlarının etkinliği üzerinde doğrudan etkili olan pek çok farklı bileşeni içermektedir. Her bir bileşen, havacılık emniyeti ve operasyonlarının etkinliğini doğrudan etkileyen bir faktör olarak önemli rol oynamaktadır.

İnsan faktörleri, havacılık kazalarının başlıca nedenlerinden biri olarak kabul edilmekte olup, bu faktörlerin anlaşılması ve yönetilmesi, güvenliği artırmak adına kritik bir öneme sahiptir. İnsan faktörleri; bireysel faktörler (yorgunluk, stres, dikkat, deneyim, sağlık), ekip dinamikleri (iletişim, ekip çalışması), organizasyonel faktörler (kültür, politikalar, eğitim) ve çevresel faktörler (fiziksel çevre, çalışma ve hava koşulları) gibi birçok bileşeni içermektedir (Human Factors in Aviation, EASA Part 147, 2021).

Bu bağlamda, insan hatalarının tanımı da oldukça önemlidir çünkü bu hatalar farklı bağlamlarda farklı anlamlar taşımaktadır. Bu nedenle, bağlama uygun bir tanım yapmak çoğu zaman zordur. Rasmussen (1982) insan hatalarını, bir sistemin, insan eylemi veya makul bir müdahale ile önlenebilecek bir bozulma sonucu beklenenin altında performans sergilemesi olarak tanımlarken; Shappell ve ark. (2007), insan hatalarını, insan yargısını, etkinliğini veya sistemin performansını zayıflatıcı veya potansiyel olarak düşüren bir durum olarak ifade etmektedir.

Bu çeşitlilik, insan hatalarının tanımlanmasını karmaşık hale getiren önemli sebepler arasında yer almaktadır. Helmreich (2000), Sarter ve Alexander (2000) ile Shappell ve Wiegmann (2001), Bhopal ve Çernobil gibi büyük endüstriyel kazaların başlıca nedeninin insan hatası olduğunu belirtmişlerdir. Bu hatalar, insanın sistemlerdeki rolü ve davranışlarından kaynaklanan kaçınılmaz bir durumdur.

İnsan hatası, güvenlik araştırmalarında önemli bir kavram olarak ele alınmaktadır. Bu çalışmaların çoğu, insan hatasını teorik ve ampirik olarak incelemeye dayalıdır; bazıları algısal, bazıları ise bütünsel bir yaklaşım benimsemiştir. Örneğin, Rasmussen (1982), bilişsel, bilgi, kural ve beceri davranışına dayalı olarak üç tür insan davranışını tanımlayan kapsamlı bir insan hatası analizi yapmıştır. Bilgiye dayalı görevler, yeni bir problem veya durumu ele almak için strateji geliştirmede kullanılanları içerir. Kural temelli davranış, birçok depolanmış talimat veya prosedür kullanılarak yapılan

görevleri, beceri temelli davranış ise doğrudan rutin bir şekilde gerçekleştirilen eylemleri ifade eder.

Reason (1990) ve Reason (1995), Rasmussen'in çalışmalarını daha da geliştirerek, insan davranışı hatalarını "işleticiye yönelik olumsuz bir olaydan önce, ön cephede gerçekleştirilen tehlikeli eylemler" olarak tanımlamışlardır. Belirsiz eylemler, kaymalar, eksiklikler, kazalar ve ihlaller dahil olmak üzere çeşitli şekillerde gerçekleştirilir. İlk ikisi, eylem planı yeterli olduğu halde, adımların amaçlandığı şekilde atılmamasıdır. Her ikisi de dikkat, tanıma, hafıza ve seçim hatalarına katkıda bulunur. Ancak yazarlar, hataların, bir planın planlandığı şekilde tamamlandığı ancak beklenen sonuca ulaşmak için yetersiz olduğu durumlarda meydana geldiğini belirtmektedir (Reason, 1990; Reason, 1995).

Reason ve ark. (1998), kural ve yönetmelik sapmalarının, bir hataya yol açma olasılığını artıran, tehlikeli, rutin veya olağanüstü ihlallerin en son türü olduğunu belirtmişlerdir. Düzenli ihlaller, yetkili personel tarafından izin verilen ve dolayısıyla alışılmış olan düzenlemelerin daha az ciddi ihlalleriyken, olağanüstü ihlaller, böyle bir personel tarafından kabul edilmeyen kurallardan ve protokollerden oldukça farklıdır.

Shorrock ve Kirwan (2002)'ye göre, bir operatörün uygun olmayan veya belirsiz bir zamanda bir işlem yapması nedeniyle beklenen zamanda gerekli bir işi yapmama durumu, işlem hatalarına yol açar. Ayrıca, Shorrock ve Kirwan (2002), insan hatalarının, çalışanların güvenliğini ve tesisi tehlikeye atan eylemleri tanımak için farklı şekillerde sınıflandırıldığını ifade etmişlerdir.

1.1.1 Tarihsel Gelişim ve Teorik Temeller

Havacılıkta insan faktörleri disiplininin kabulü yaklaşık 50 yıl öncesine dayanmakla birlikte, bu alandaki uygulamaların kökeni 1800'lü yılların sonlarına kadar uzanmaktadır. İnsan faktörleri, havacılığın erken dönemlerinden itibaren uçuş emniyeti ve operasyonel verimlilik açısından hayati bir öneme sahip olmuştur. Havacılığın öncüleri, uçuş ekibinin refahını ve performansını artırmak amacıyla, uçakların tasarımı, işlevselliği ve operasyonel süreçlerine yönelik sistematik ve çok boyutlu araştırmalar gerçekleştirmişlerdir (Tamer, 2021). Bu çerçevede, insan faktörlerinin havacılık alanında nasıl evrildiği, özellikle güvenliğe ilişkin endişelerin arttığı dönemlerde daha görünür ve etkili bir alan haline gelmiştir.

Birinci Dünya Savaşı sırasında, insan faktörlerine dair önemli konular ele alınmış ve bu alanla ilgili çeşitli çalışmalar başlatılmıştır. Bu çalışmalar, pilotların fizyolojik durumunu, yüksek irtifanın etkilerini ve kullanılan ekipmanların tasarımını içermektedir. Yüksek irtifada insanlar için belirli sınırlar bulunduğu bilirse de, pilotlar için daha konforlu bir çalışma ortamı yaratma ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bunun sonucunda, sıvı oksijen dönüştürücüleri, düzenleyiciler ve solunum maskeleri gibi teknolojilerin geliştirilme süreci başlamıştır. Ayrıca, soğuk hava koşullarına karşı koruyucu ekipman, rüzgar geçirmez gözlükler ve temel işlevsel araçlar kullanılmaya başlanmıştır (Wise vd., 2016, s. 1-3). Bu dönemde yapılan araştırmalar, havacılıkta insan faktörlerinin uçuş güvenliğine katkıda bulunan temel unsurlar arasında yer aldığını göstermektedir.

Birinci Dünya Savaşı'nın (1914-1918) başlamasıyla birlikte, daha gelişmiş ekipmanlar geliştirilmeye başlanmıştır ve personelin bu sistemleri kullanma yetersizliği, insan yeteneklerine olan ilgiyi arttırmıştır. Şimdiye kadar, havacılık psikolojisinin odak noktası pilotlardı, ancak zamanla bu odak uçaktan kendisine yönelmiştir. Özellikle endişe duyulan konular, kontrol sistemlerinin ve göstergelerin tasarımı, irtifa etkileri ve çevresel faktörlerin pilot üzerindeki etkileriydi. Savaş ayrıca, aeromedikal araştırma ihtiyacını ve test etme ve ölçüm yöntemlerine duyulan gerekliliği de beraberinde getirmiştir. Birinci Dünya Savaşı'nın sonunda, Texas'taki Brooks Hava Kuvvetleri Üssü ve Ohio'daki Dayton yakınlarındaki Wright Field olmak üzere iki havacılık laboratuvarı kurulmuştur (Federal Aviation Administration, 2005). Bu dönemde yapılan çalışmalar, havacılık güvenliğinin artırılması için insan faktörlerinin incelenmesinin zorunlu hale geldiğini ortaya koymuştur.

İkinci Dünya Savaşı'nın karmaşık ve zorlu koşulları, havacılıkta insan faktörlerinin daha da önemli hale gelmesinde etkili olmuştur. Bu süreç, insan faktörlerinin en fazla etkilenen alan olduğu bir dönemi işaret etmektedir. İnsan faktörü, kabul, araştırma, geliştirme, test etme ve değerlendirme aşamalarının temel bir parçasını oluşturmuş ve bu durum, havacılık sektöründe çalışanlar, özellikle pilotlar arasında, insan ve makine arasındaki etkileşimin daha sağlam bir şekilde kurulmasına olanak tanımıştır. Pilotların, makine kullanımı sırasında algılarının, fizyolojik durumlarının, davranışlarının yol açtığı sorunlar ve karşılaşılan zorluklar, insan faktörlerinin giderek artan önemini ortaya koymuştur (Wise vd., 2016, s. 2-1). Bu gelişmeler, insan

faktörlerinin havacılıkta daha derinlemesine incelenmesini ve uçuş güvenliği ile operasyonel verimliliğin artırılmasını sağlamıştır.

İnsan faktörleri üzerine yapılan çalışmalar, ilk olarak ergonomi alanında başlamıştır. Ergonomi araştırmalarında, insan unsuru ile kullanılan araç gereçlerin uyumlu bir şekilde bir araya getirilmesi hedeflenmiştir (Şekerli, 2008). İnsan faktörü alanı, 1957 yılında İnsan Faktörleri Derneği'nin desteğiyle ve ilk kez ABD'de tanınmıştır. Aynı dönemde Avrupa'da da benzer bir alan gelişmiştir: Yunanca kökenli ve iş bilimi anlamına gelen Ergonomi terimi, 1949 yılında İngiltere'de kurulmuş olan, şu anda Ergonomi Derneği olarak bilinen Ergonomi Araştırma Derneği tarafından benimsenmiştir (Drury, 1996). Bu gelişmeler, insan faktörleri alanının akademik bir disiplin olarak kabul edilmesinin ve pratikte daha geniş bir uygulama alanı bulmasının önünü açmıştır.

Havacılıkta İnsan Faktörünün Tarihi başlığı altında incelenen kaynaklar, havacılığın ilk yıllarından itibaren uçak kazalarının yaşandığını göstermektedir. Havacılıkta meydana gelen kazaların ölüm oranı, diğer ulaşım yöntemlerine kıyasla daha yüksek olmasına rağmen, hava taşımacılığına duyulan güven sürekli olarak daha yüksek kalmıştır. Bunun temel nedeni, hava yolu kazalarının gerçekte sıklığının, diğer ulaşım araçlarına göre daha düşük olmasıdır. 1990 yılına ait verilere göre, Amerika Birleşik Devletleri'nde 2.180 havacılık kazası yaşanmış ve bu kazalar sonucu 819 kişi hayatını kaybetmiştir. Bu rakam, aynı dönemde gerçekleşen karayolu kazalarından kaynaklanan ölümlerin yalnızca %3'üne denk gelmektedir (Karakuş, 2006, s. 1). Bu veriler, havacılığın güvenlik seviyesinin arttığını ve insan faktörlerinin bu süreçteki rolünü gözler önüne sermektedir.

Havacılıkta insan faktörleri disiplini, başlangıçta bireylerin fiziksel sınırları ve ergonomik ihtiyaçlarına odaklanan bir yaklaşım olarak gelişmiştir. İlk dönem araştırmalar, özellikle pilotların kokpit içindeki iş yükü, dikkat süreçleri ve insan-makine etkileşimi gibi konulara yoğunlaşmıştır. Zamanla bu alan, yalnızca bireysel performans değil, aynı zamanda çevresel koşulları, örgütsel yapıları ve yönetimsel karar süreçlerini de içeren daha geniş bir bakış açısıyla ele alınmaya başlanmıştır. İnsan faktörleri, belki de en büyük kabulünü havacılık alanında görmüş ve araştırma, geliştirme, test ve değerlendirme döngüsünün ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir (Deaton & Morrison, 2010). Bu çerçevede insan faktörleri, hem uçuş güvenliğiyle hem

de operasyonel süreçlerle ilişkilendirilerek çok boyutlu biçimde değerlendirilmektedir. Bu gelişmeler, insan hatalarının nedenlerini daha sistemli biçimde inceleme gereğini doğurmuş ve bu amaçla HFACS (Human Factors Analysis and Classification System) gibi teorik modellere yönelim artmıştır. HFACS, insan hatalarını yalnızca bireysel eylemler üzerinden değil, bu eylemlere katkı sunan sistemsel koşullar üzerinden de sınıflandırmaya olanak tanıyan bir analiz aracıdır.

1.2. Uçak Kazalarının Teorik Modellerle Analizi

Uçak kazalarının analizi, havacılık güvenliğini geliştirmek ve kazaların önlenmesine yönelik stratejiler oluşturmak açısından önemli bir araçtır. Teorik modeller, kazaların kökenine inmek, bu kazaların olasılıklarını belirlemek ve etkilerini analiz etmek için kullanılan güçlü araçlar olup, insan faktörleri, teknik sorunlar ve çevresel etkenler gibi çeşitli değişkenleri dikkate alarak uçuş operasyonlarının daha güvenli hale getirilmesine yardımcı olur. Uçak kazalarının nedenlerini anlamak, yalnızca kazaların sebeplerini ortaya koymakla kalmaz, aynı zamanda bu tür olayların tekrarını önlemek için alınması gereken önlemleri belirlemede de önemli bir rol oynar. Bu bağlamda, teorik modellerin kullanımı, havacılık endüstrisinin daha güvenli ve verimli bir şekilde ilerlemesine katkıda bulunur. Havacılıkta güvenlik yönetiminin evrimi, dört aşamadan oluşmaktadır: Teknik Dönem, İnsan Faktörleri Dönemi, Organizasyonel Dönem ve Toplam Sistem Dönemi (ICAO, 2018). Her dönemde güvenlik ve yönetime olan odak tutarlı olmuştur ve havacılık endüstrisi tarafından geliştirilen birçok teorik model de mevcuttur; Heinrich'in "Domino Teorisi", Hollangel'in "FRAM", Svenson'ın "AEB", Reason'ın "İsviçre Peyniri" modeli, Leveson'un "STAMP" modeli, SHELL ve 5M gibi modeller, havacılığın güvenliğini artırmak için önemli araçlar sunmaktadır (SIA, 2012). 1930'larda başlayan kritik teoriye yönelik çalışmalar, günümüzde havacılık endüstrisinde kullanılan teorik modellerin sürekli bir evrim içinde olduğunu göstermektedir. Bu evrim, Avustralya Sivil Havacılık Güvenliği Kurumu (Civil Aviation Safety Authority – CASA) tarafından, operatörlerin güncel kalabilmesi için sürekli iyileştirme önlemleri alması gerektiği yönündeki bir rehberle tanımlanmıştır (CAAP, 2018). Ayrıca, Daniel Maurino, güvenlik yönetiminin evrimsel bir disiplin olduğunu belirterek bu görüşü pekiştirmiştir (Maurino, 2017). Ayrıca, insanların sistemlerle nasıl etkileşimde bulunduğu ve bu etkileşimlerin sistem üzerindeki etkileri, güvenlik yönetimi açısından hâlâ temel bir odak alanı olmaya devam etmekte; insan faktörleri ise bu çerçevede kritik bir unsur olarak kabul edilmektedir (ICAO, 2018).

Uçak kazalarının analizi ve insan faktörlerinin bu kazalardaki rolü, havacılık güvenliğini artırma amacıyla önemli bir araştırma alanıdır. İnsan faktörleri analizi, kazaların nedenlerini daha iyi anlamaya ve kazaların önlenmesi için stratejiler geliştirmeye yardımcı olur. HFACS (Human Factors Analysis and Classification System), uçak kazalarındaki insan hatalarını sınıflandırmak ve analiz etmek için yaygın olarak kullanılan bir sistemdir. Bu sistem, insan faktörlerinin kaza üzerindeki etkilerini belirlemeyi ve bu faktörlere yönelik çözüm önerileri geliştirmeyi amaçlar. HFACS ve diğer teorik modellerin entegrasyonu, özellikle uçuş kazalarındaki insan hatalarının daha iyi anlaşılmasına olanak sağlar.

1.2.1. Domino Teorisi

Heinrich (1931), endüstriyel kazaları ilk kez Domino Teorisi üzerinden ele almıştır. Bu çalışmada, kazaların yalnızca tek bir nedene dayanmak yerine, olayların sıralı bir zincir şeklinde birbirini takip ederek gerçekleştiği vurgulanmıştır. Heinrich, bu durumu daha anlaşılır kılmak amacıyla, domino taşlarının ardışık şekilde devrilmesiyle nihai sonucun ortaya çıkışını görselleştirerek açıklamıştır. Teorinin temelinde, her bir domino taşının kazaya yol açabilecek birer sebep olarak kabul edilmiştir. Bu yaklaşım, modern kaza modellerinin temellerini atmış ve bu alandaki birçok araştırmaya ilham vermiştir.

Domino Teorisi'nin ilk halkası, "sosyal çevre ve kalıtım" ile ilişkilendirilmiştir. Bu, işçinin kişilik özellikleri veya bulunduğu toplumsal çevrenin, kazaya karışma olasılığını etkileyebileceği varsayımına dayanır. İlk domino, Kaza Eğilimi Teorisi'ni desteklerken, sonraki domino taşları, bu teoriden farklı bir bakış açısı sunmaktadır (Griffin, Young & Stanton, 2015).

Teorinin ikinci halkası, "kişinin hatası"dır ve bu, teorinin özünü oluşturur. Ailevi problemler, yorgunluk gibi etkenlerin işçinin yaşamını etkileyerek kazalara yol açabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, sosyal çevre ve işyerindeki eksiklikler de bu hataların bir parçası olarak kabul edilmektedir. Domino Teorisi, dışsal etkenlere de yer verdiği bu noktada, Kaza Eğilimi Teorisi'nden ayrılmaktadır. Bu konu, günümüzde kazaların araştırılmasında hâlâ önemli bir yer tutmaktadır (Griffin, Young & Stanton, 2015).

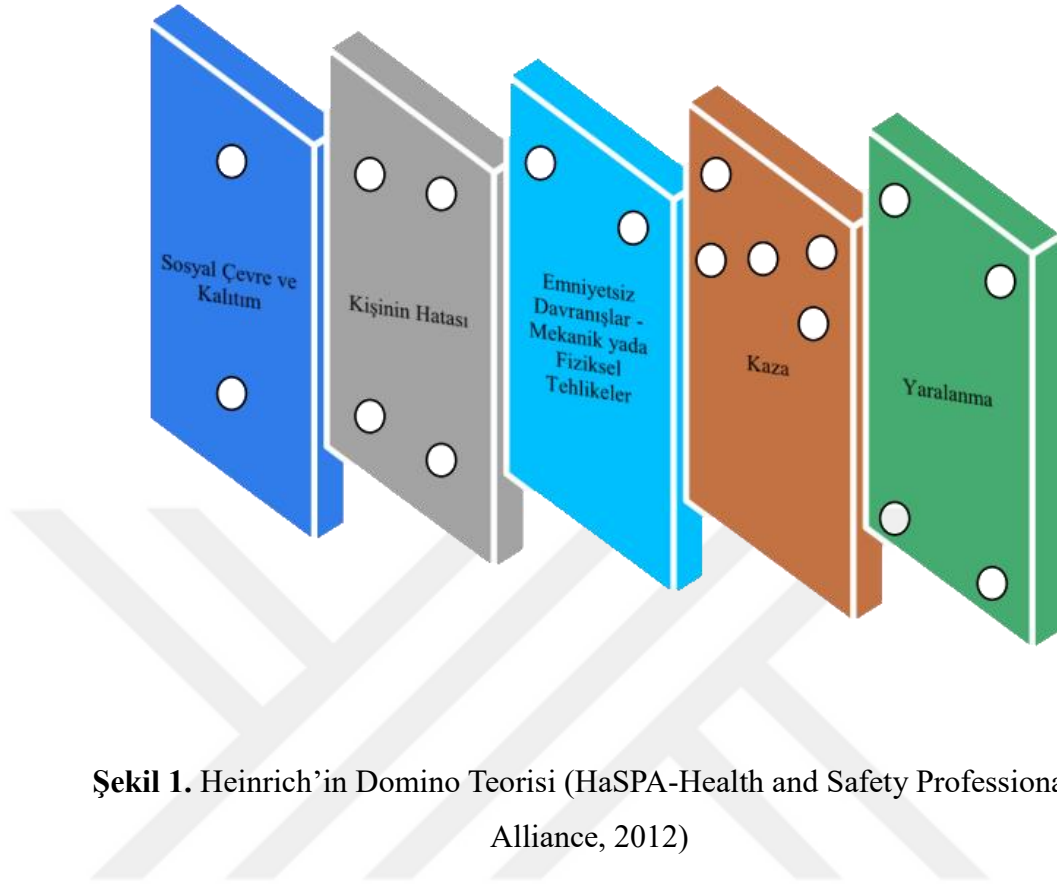
Üçüncü domino, kişisel faktörlerden kaynaklanan "hatalar" olarak tanımlanır. Bu hatalar, kazaların doğrudan nedeni olan emniyetsiz davranışları ifade etmektedir. Aynı

zamanda, üçüncü domino taşında mekanik veya fiziksel tehlikeler de yer almaktadır (HaSPA-Health and Safety Professionals Alliance, 2012). Bu domino, dördüncü dominoyu, yani kazanın gerçekleşmesine yol açan unsuru tetikler. Beşinci ve son domino ise kazanın sonucu olarak meydana gelen yaralanmalardır. Zincirin herhangi bir halkasının devrilmesi, kazaya neden olabilir; ancak burada önemli olan, bu zincirin bir halkasının ortadan kaldırılmasıyla kazanın önlenmesidir (Griffin, Young & Stanton, 2015).

Heinrich'e göre, kaza, yaralanmaya yol açan beş sıralı faktörden biridir. Her yaralanma bir kazadan kaynaklanır ve kaza, hemen önündeki faktörün bir sonucudur. Kazaların önlenmesinde, hedef dizinin ortasında yer alan emniyetsiz davranışların veya mekanik ve fiziksel tehlikelerin ortadan kaldırılması gerektiği vurgulanmaktadır (HaSPA-Health and Safety Professionals Alliance, 2012).

Domino Teorisi, sıralı bir hata dizisinin herhangi bir ögesinin kaldırılmasıyla yıkım zincirinin bozulup kazaların engellenebileceğini öne sürer. Heinrich, bu zincirin merkezinde yer alan emniyetsiz davranışlar ve mekanik arızaların ortadan kaldırılmasıyla diğer faktörlerin de etkisiz hale geleceğini belirtmiştir. Ayrıca, kazaların büyük çoğunluğunun insan hatasından, bir kısmının mekanik arızalardan ve küçük bir kısmının da tanımlanamayan hatalardan kaynaklandığını ileri sürmüştür (HaSPA-Health and Safety Professionals Alliance, 2012).

Heinrich'in Domino Teorisi Şekil 1'de gösterilmektedir:



Şekil 1. Heinrich'in Domino Teorisi (HaSPA-Health and Safety Professionals Alliance, 2012)

Domino Teorisi, karmaşık ağlar yerine nedensel diziler üzerinde düşünmeyi teşvik ettiği için daha basit bir yaklaşımdır. Çünkü doğrusal bir akıl yürütme, paralel akıl yürütmeye göre daha anlaşılırdır ve aynı zamanda bu düşünme sürecini grafiksel olarak göstermek de daha kolaydır. Domino Teorisi, olayları doğrusal bir şekilde ele alması nedeniyle kazaya yol açan faktörü (suçluyu) belirlemeye odaklanır. Ancak, bu model, karmaşık sistemlerde meydana gelen kazalar için her zaman uygun olmayabilir (Villela, 2011).

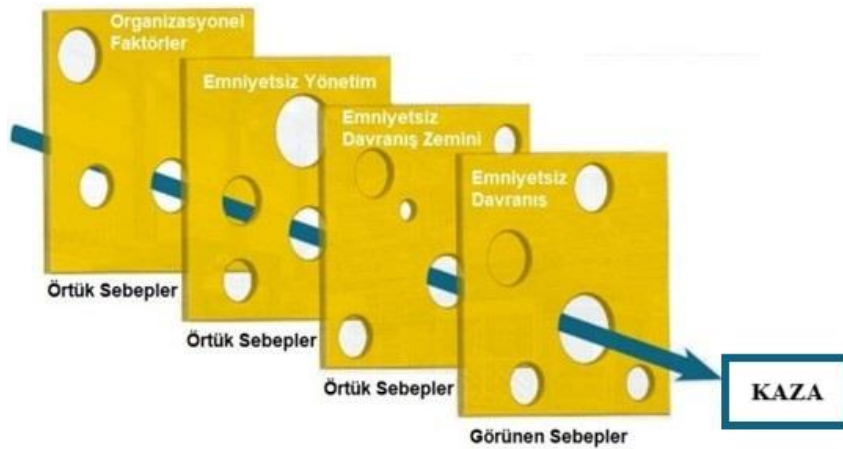
Sabet, Aadal, Jamshidi ve Rad (2013), Heinrich'in Domino Teorisi'ni kaza süreçlerini açıklayan en net ve anlaşılır teorilerden biri olarak kabul etmişlerdir. Ancak uygulamada bazı eksikliklere dikkat çekmişlerdir. Teorinin en önemli zayıf yönü, bireysel hataların altını çizerken örgüt içindeki ve yönetimsel düzeydeki hataları göz ardı etmesidir.

1.2.2. Reason'ın Swiss Cheese Modeli

Reason'ın (1990-2000) "İsviçre Peyniri" modeli, uçak kazalarında insan faktörlerinin etkilerini incelemek amacıyla geliştirilmiş HFACS sınıflandırmasının (Shappell ve Wiegmann, 2000) temelini oluşturur. 1990 yılında yayımlanan "Human Error" adlı eserinde James Reason, kazaların çok sayıda faktörün birleşimiyle meydana geldiğine dikkat çeken bir model sunmuştur. Reason, 2000 yılında modelinin dördüncü ve son en popüler versiyonunu geliştirmiştir. Bu model, hataları engelleyen dört bariyerden oluşur:

1. **Sisteme özgü gizli koşullar:** Bu koşullar, hataya yol açabilecek açık şartlar yaratabilir ve sistemin savunma mekanizmalarında uzun süreli boşluklar ya da zayıflıklar oluşturabilir. Gizli koşullar, etkin bir hatayla birleşmeden önce birkaç yıl boyunca "hareketsiz" kalabilir. Bu koşullar, kazalar meydana gelmeden önce tespit edilip düzeltilebilir.
2. **Aktif hatalar:** Sisteme doğrudan etki eden kişiler, yani "ön hat operatörleri" tarafından gerçekleştirilen güvenliksiz hareketler. Bu hatalar, doğrudan ve kısa vadeli etkiler doğurur.

Reason, modelini grafiksel olarak tasvir ederken İsviçre peyniri metaforunu kullanır. Her dilim bir savunma bariyerini temsil eder ve dilimlerdeki delikler, bu bariyerlerdeki eksiklikleri ifade eder. Bu nedenle model "İsviçre Peyniri" olarak adlandırılmıştır (Reason, 1990). Delikler dinamiktir, açılıp kapanabilirler ve her biri bir gizli koşul veya etkin hata sonucu ortaya çıkar.



Şekil 2. İsviçre Peyniri (Swiss Cheese) Modeli (Havacılık Psikolojisi, 2021).

Modeldeki savunma bariyerleri, hataların oluşmasına neden olabilecek durumları engellemeye olanak sağlar. Ancak bu bariyerler her zaman mükemmel güvenliği garanti etmez. Alınan önlemlere rağmen her seviyede gizli koşullar ve aktif hatalar gelişebilir. Modelin yapısına göre, bir seviyede oluşan bir hata, bir alt seviyede göz ardı edilmiş bir hatanın sonucudur (Reason, 1990). Bu savunma bariyerlerinin bazı bölümlerinde bulunan delikler, potansiyel hataların kaynaklarını temsil eder. Savunma bariyerleri ihlal edildiğinde, yani her bir seviyedeki delikler birbirine hizalandığında kaza meydana gelebilir (Reason, 1997).

İsviçre Peyniri Modeli, özellikle havacılık, tıp, enerji sektörü ve diğer karmaşık sistemlerin güvenlik analizinde kullanılan bir yaklaşımdır. Bu model, sistemde yer alan çeşitli kontrol mekanizmalarının ve güvenlik tedbirlerinin etkinliğini değerlendirir. Aynı zamanda, bu kontrol noktalarındaki zayıflıkları tespit ederek sürekli iyileştirme sağlamayı amaçlar. Model, bir hata ya da güvenlik açığı oluştuğunda, diğer kontrol mekanizmalarının bu hatayı engelleyip engellemediğini inceleyerek sistemdeki eksiklikleri belirlemeye çalışır (Tamer, 2021).

Bu model, güvenlik kültürünü ve sürekli iyileştirme anlayışını teşvik eden bir bakış açısına odaklanır. İnsan faktörlerini göz önünde bulundurarak, havacılık sektöründeki güvenlik açıklarının tespiti ve düzeltilmesi için bir rehber sunar. İsviçre Peyniri Modeli'nin, insan faktörleri bağlamında uçak kazalarının önlenmesine olan etkileri şu şekilde ele alınabilir (Reason, Hollnagel, & Paries, 2006):

- İnsan Hatalarının Tespiti: İsviçre Peyniri Modeli, uçak kazalarının çoğunun temelinde insan hatalarının yer aldığı gerçeğini vurgular. İnsan faktörlerinin kazalara nasıl etki ettiğini anlamak, bu hataları tespit etmek ve engellemek açısından kritik öneme sahiptir.
- Eğitim ve Farkındalık Artırma: Model, ekip üyelerinin eğitim düzeylerini ve farkındalıklarını geliştirmeyi amaçlar. İnsan faktörleri üzerine odaklanan eğitim programları ve farkındalık artırma çabaları, personelin hatalarını azaltarak doğru kararlar almalarına yardımcı olabilir.
- İnsan Faktörleri Bilincinin Arttırılması: İsviçre Peyniri Modeli, personelin insan faktörleri konusunda daha fazla farkındalık geliştirmelerini teşvik eder. İnsan faktörlerinin nasıl etkilediğini kavramak, personelin kendi davranışlarını ve kararlarını gözden geçirmelerine yardımcı olur.

- Risk Değerlendirmesi ve Önlemler: İnsan faktörlerinin belirlenmesi, risk değerlendirme süreçlerini güçlendirir. Tanımlanan risklere karşı alınacak tedbirler, insan hatalarının azaltılması için uygulanabilir.
- İyileştirme Süreçlerinin Yönlendirilmesi: İsviçre Peyniri Modeli, sürekli iyileştirme süreçlerini yönlendirir. Her kontrol noktasının geliştirilmesi, insan faktörlerinin kontrol altına alınmasını ve güvenliğin artırılmasını sağlamak için sürekli çabaları teşvik eder.
- İnceleme ve Analizlerin Güçlendirilmesi: Kazaların ve olayların detaylı incelemesi, İsviçre Peyniri Modeli ile desteklenir. İnsan faktörleri perspektifinden yapılan analizler, hataların ve eksikliklerin tespit edilmesine yardımcı olur.
- Sürekli Öğrenme ve İyileştirme Kültürü: İsviçre Peyniri Modeli, havacılık endüstrisinde sürekli bir öğrenme ve gelişim kültürü yaratmayı amaçlar. Personelin sürekli olarak kendi performansını değerlendirmesi ve geliştirmesi, gelecekteki hataların önlenmesine katkıda bulunabilir.

1.2.3. SHELL Modeli

ICAO tarafından kullanılan "SHELL" modeli, insan faktörlerini ve bunların operasyonel sistemler üzerindeki etkisini, tam tersi etkileriyle birlikte göstermeyi amaçlar ve insan ile sistemler arasındaki uyumsuz ilişkinin tehlike veya risk yaratabileceğini ortaya koymaya çalışır. Modelin amacı, Şekil 3'de, bir organizasyon içinde uygun güvenlik çerçevelerinin oluşturulmasına yönelik sürekli bir çaba gösterilmesinin önemini vurgulamaktır.



Şekil 3. ICAO SHELL Modeli (ICAO, 2014).

Model, merkezde insanın çaba gösterdiği "L" (canlı) bileşenini içermektedir ve bu bileşeni etkileyen dört faktör şunlar tarafından belirtilir: S – Yazılım; H – Donanım; E – Çevre; ve işyerindeki diğer insanlar, bir başka "L" olarak temsil edilir. Önemli olan, her bir bileşenin etrafındaki renkli kutuların birbirine uyumsuz olması ve birbirine bağlı kutularla uyumlu bir şekilde birleşmemesidir. Bu durum, tüm bileşenler arasındaki karmaşık ilişkiyi vurgulamaktadır. ICAO bunu şu şekilde açıklar: "Modüllerin dişli kenarları, her modülün birbirine kusurlu bir şekilde bağlandığını temsil eder". Bu karmaşıklık, modelin merkezinde temsil edilen kişinin, fizyolojik veya psikolojik stres faktörlerinden en çok etkilenen ve bu nedenle en öngörülemez olan kişi olduğu fikrini vurgular (ICAO, 2018).

Bu doğrultuda, insan faktörlerinin rolü ve sistemle olan etkileşimi daha yakından incelendiğinde, çeşitli modeller aracılığıyla güvenliğin nasıl sağlandığı da ortaya konmaktadır. Sivil Havacılık Güvenliği Otoritesi (CASA), insan faktörlerini “teknik becerileri tamamlayan ve güvenli ve verimli havacılık için önemli olan sosyal ve kişisel beceriler (örneğin iletişim ve karar verme)” olarak tanımlar (CASA, 2014c, s. 1) ve ayrıca insan faktörleri bilgisinin, insanların ve çalıştıkları sistemlerin entegrasyonunu sağlamak amacıyla güvenliği ve performansı iyileştirmek için uygulandığını açıklar (CASA, 2014c). Bu entegrasyonu göstermek ve ilişkileri açıklamak için SHELL modeli de kullanılmaktadır. Şekil 4, CASA tarafından kullanılan mevcut modeli göstermektedir.



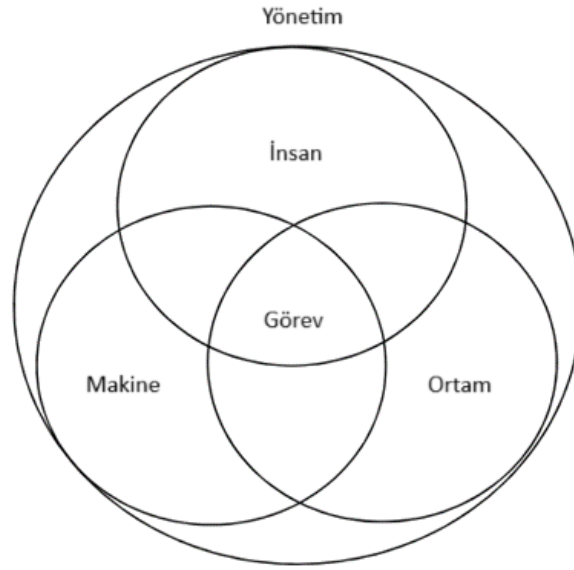
Şekil 4. CASA SHELL Modeli (Civil Aviation Safety Authority, 2014, s. 1)

Özellikle, ICAO SHELL modeli, Liveware – Liveware (İnsanlar arası etkileşim) arasındaki ilişkide güvenlik kültürünü ele alırken, CASA modeli güvenlik kültürünü Liveware – Environment (İnsan-çevre) ilişkisi bağlamında ele almaktadır. Ayrıca,

CASA'nın SHELL modelini temsil etmek için kullandığı 'puzzle parçası' görseli, her bir öge arasında güçlü bir entegrasyon anlamına gelmektedir ve bu modelin yorumu, ICAO'nun (2018) rehberliğiyle çelişmektedir. Reason (1997), ulusal havacılık güvenliği yönetim kültürünün hiyerarşik doğasını açıklar ve buna göre, CASA tarafından kullanılan görselin, operatörün “SHELL” modelinin ardındaki amacı anlama biçimini olumsuz yönde etkileyebileceği ve dolayısıyla ICAO'nun “her modülün kusurlu bağlantısı” olarak tanımladığı şeye yönelik proaktif ve kasıtlı bir odaklanma çabalarını azaltabileceği öne sürülmektedir (ICAO, 2018, s. 2-5). Kısacası, bu teorik değişiklik, operasyonel uygulama üzerinde beklenmedik bir sonuç doğurabilir ve belirli koşullar altında kazalara yol açabilecek latent (gizli) koşulların yaratılmasına neden olabilir.

1.2.4. 5M Modeli

5M modeli, kaza nedenlerinin katkıda bulunan faktörlerden etkilendiğini kabul eder ve bu faktörlerin gruplandırılabilmesi için beş ana alanı tanımlar: İnsan, Makine, Ortam, Görev ve Yönetim. 5M modeli, herhangi bir aksiyon öncesi risk değerlendirmesinin bir parçası olarak başlangıç analizi için faydalıdır veya en yaygın kullanım şekliyle, kazaların nedenlerini belirlemek ve kazayla ilgili bilgileri toplamak için kullanılabilir. Modelin kullanılması, aynı zamanda amaçlanan tasarımdan sapmaların ve bu sapmaların büyüklüğünün anlaşılmasını sağlar. Bu sapma, Snook (2000) tarafından "Pratik Sürüklenme" olarak adlandırılmakta olup, “5M” modeli sapma analizini destekler ve kök nedenlerin organizasyon genelinde belirlenmesini sağlar. Model ayrıca, rutin güvence sağlama faaliyetleri sırasında, organizasyonel faaliyetlerin tasarlanan fonksiyon seviyesinden ne kadar saptığını belirlemek için başlatıcı göstergeler sağlamak amacıyla bir araç olarak kullanılabilir (ICAO, 2018).



Şekil 5. 5-M Modelinin Özellikleri (Bína, Bínová, Ploch, & Žihla, 2014).

“Man” (İnsan), tasarım, yönetim, operasyon ve uçuşu kapsayan tüm personeli içerir. *Aviation Safety* (t.y.) bu geniş personel yelpazesini, yalnızca pilot hatasını ele almakla sınırlı tutmamanın gerektiğini vurgular. Rodrigues ve Cusick (2012), tehlikelerin kaynağının kaza öncesi önleme çalışmalarında sınırlı tutulmaması gerektiği konusunda aynı görüşü paylaşmaktadır. Bu bağlamda, insan faktörleri analizi; bireyleri etkileyen fizyolojik ve psikolojik unsurları, ayrıca söz konusu bireylerin yeterlilik ve becerilerini de dikkate alarak geniş bir yelpazede değerlendirilir. Bu, kaza öncesi süreçlerin daha kapsamlı ve bütünsel bir şekilde ele alınmasını sağlar.

“Makine” (Machine), havacılık teknolojisini kapsar. Uçaklar ve bileşenlerinin sınırlı bir kullanım ömrüne sahip olduğu göz önünde bulundurulduğunda, bu alandaki nedensel faktörler analize tabi tutulurken, uçuş emniyeti standartları ve bakım yönetim planları gibi unsurların gözden geçirilmesi önemlidir. Uçuş emniyeti standartları, tasarımda güvenlik seviyelerinin uygun şekilde uygulanmasını sağlarken, analizlerin amacı, makinenin tasarım özelliklerine uygun çalışıp çalışmadığını doğrulamaktır. Aynı yaklaşım bakım programlarına da uygulanır; bu programların güvenlik seviyelerini korumak adına sürekli gözetim ve gelişim gerektirdiği belirtilmiştir (Rodrigues & Cusick, 2012). Bu analiz, uçakların güvenlik standartlarına uygunluğunun düzenli olarak gözden geçirilmesi gerektiğini vurgular.

“Ortam” (Medium), doğal ve yapay çevresel koşulları içerir. Doğal çevre koşulları, hava durumu, topografya ve sıcaklık gibi faktörleri kapsarken, yapay çevrenin analizi ise fiziksel ve fiziksel olmayan unsurlar olarak iki ana kategoriye ayrılabilir. Fiziksel unsurlar, insan yapımı kontrol sistemlerini (havaalanları, navigasyon yardımları, iniş yardımları vb.) içerirken, fiziksel olmayan unsurlar ise yasalar, yönetmelikler ve işletme prosedürlerini, bazen de sistem yazılımı olarak adlandırılan bileşenleri içerir (Rodrigues & Cusick, 2012). Bu iki unsuru analiz etmek, çevresel faktörlerin operasyonel güvenlik üzerindeki etkilerini anlamaya yardımcı olur.

“Görev” (Mission), uçuşun parametrelerini belirlemek için gözden geçirilir. Bu analiz, uçuş profillerindeki farklılıkları anlamak açısından önemlidir, çünkü operatörler farklı hizmetler sunabilirler (Rodrigues & Cusick, 2012). Uçuş verisi kayıt cihazları, kokpit ses kayıt cihazları ve uçuş bilgisayarları kullanılarak yapılan analiz, uçuşun planlanan sınırların dışına çıkıp çıkmadığını tespit etmeyi kolaylaştırır. Burada, teknolojinin sunduğu verilerin, operasyonel süreçlerin doğru bir şekilde izlenmesine nasıl yardımcı olduğuna dikkat çekmek gerekmektedir.

Tüm bu faktörler, organizasyondaki “Yönetim” tarafından birleştirilir ve yönetilir. Yönetim, Hava Taşıma İzin Belgesi’ne (AOC) sahip olup, tüm güvenlik önlemlerini uygulamaktan sorumludur. Bir organizasyonun CASA tarafından onaylanan Operasyonel El Kitabı’nın analizi, beklentileri ve kabul edilen operasyonel koşulları ortaya koyar. “Yönetim” analizi, bir organizasyonun güvenlik çerçevelerine, politika ve prosedürlere, operasyonel ve bakım kaynaklarına yaptığı yatırımları anlamaya olanak sağlar (Stolzer & Goglia, 2015). Bu da organizasyonların, güvenlik çerçevelerinin etkinliğini sürekli izlemeleri gerektiğini gösterir.

“5M” Modeli üzerinden yapılan analiz, farklılıkları ortaya koyar. Hem terminolojideki farklılıklar hem de kullanılan Venn diyagramındaki farklar dikkate alındığında, bu değişikliklerin operasyonel önceliklere etki edebileceği ve latent koşulların oluşmasına neden olabileceği öne sürülmektedir. Bu farklılıklar, organizasyonların güvenlik önceliklerini etkileyebilir ve potansiyel olarak yanlış anlamaları tetikleyebilir.

1.2.5. STAMP (Sistem Teorik Kaza Modeli ve Süreci)

Sistem teorisine dayalı kaza modelleri, kazaların sistem bileşenleri arasındaki etkileşimlerden kaynaklandığını ve genellikle tek bir nedensel değişken ya da faktör belirlemediklerini öne sürer (Leplat, 1987). Bu modellerde, kazaların tek bir neden yerine, bir dizi etkileşimsel ve sistemsal faktörün sonucu olduğu kabul edilir. STAMP (Sistem Teorik Kaza Modeli ve Süreci) modelinde ise, kazalar, bileşen arızalarından ziyade, sistemin tasarımı, geliştirilmesi ve işletilmesi aşamalarında güvenlikle ilgili kısıtlamaların yetersiz bir şekilde kontrol edilmesi ya da uygulanmaması sonucu ortaya çıkar. Burada güvenlik, bir kontrol problemi olarak ele alınır; kazalar, bileşen arızaları, dışsal bozulmalar ve/veya sistem bileşenleri arasındaki işlevsel olmayan etkileşimlerin yeterince yönetilememesi durumunda meydana gelir (Leveson, 2003).

STAMP modeli, üç temel kavramdan oluşur: kısıtlamalar, hiyerarşik kontrol seviyeleri ve süreç modelleri. Bu kavramlar, kazalara yol açabilecek kontrol hatalarının sınıflandırılmasına olanak sağlar. Modeldeki temel kavram ise bir olay değil, kısıtlamadır. Sistem teorisi ve kontrol teorisinde, sistemler hiyerarşik yapılar olarak görülür; her seviye, alt seviyedeki faaliyetlere kısıtlamalar uygular. Yani, daha yüksek seviyelerdeki kısıtlamalar ya da kısıtlamaların eksikliği, alt seviyedeki davranışları belirler veya kontrol eder (Checkland, 1981).

Birden fazla denetleyici ve karar verici olduğunda, sistem kazaları, kontrol eylemlerinin yetersiz bir şekilde koordine edilmesi ve kararların ya da eylemlerin beklenmedik yan etkilerini de içerebilir. Bu durum, genellikle tutarsız süreç modellerinin bir sonucu olarak ortaya çıkar. Örneğin, iki denetleyici, gerekli kontrol eylemini birinin diğerinin yerine gerçekleştirdiğini düşünebilir. Bu noktada iletişim, kazaların önlenmesinde kritik bir rol oynar. Leplat (1987), kazaların en olası olduğu yerlerin, iki ya da daha fazla denetleyicinin aynı süreci kontrol ettiği sınır bölgeleri ya da örtüşme alanları olduğunu ileri sürmektedir. Bu tür durumlar, sistemdeki uyumsuzluklar ve eksik iletişim nedeniyle, kazaların meydana gelmesine zemin hazırlayabilir.

1.2.6. FRAM (The Functional Resonance Analysis Method)

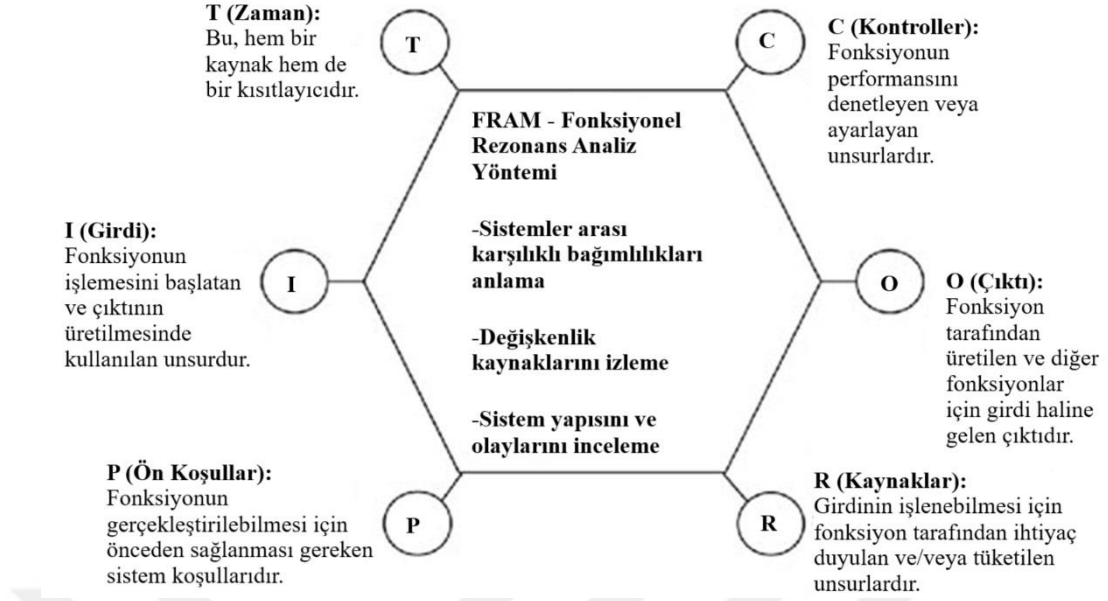
FRAM (Functional Resonance Analysis Method), karmaşık dinamik sosyo-teknik sistemlerde performansın nasıl geliştiğini ve günlük performans varyasyonlarının arkasındaki "mekanizmaların" nasıl modellenebileceğini anlamak ve tanımlamak amacıyla geliştirilmiş bir yöntemdir. Bu yöntem, karmaşık sistemlerin, farklı gruplar, insanlar, teknolojiler ve organizasyonlar gibi bir dizi bileşenden oluştuğunu ve bu bileşenlerin birbirleriyle doğrusal olmayan etkileşimler içinde olduğunu kabul eder. Bu tür etkileşimler, endüstriyel alanlarda sıklıkla karşılaşılan bir durumdur (Tian & Caponecchia, 2020).

FRAM'in Temel Amacı: FRAM, sistemlerin her bir fonksiyonunun performansını modellemek ve bu fonksiyonlar arasındaki etkileşimlerin performans varyasyonlarına nasıl yol açtığını incelemektir. Yöntem, sistemdeki her bir bileşenin nasıl çalıştığını anlamak için bireysel işlevler ve bunlar arasındaki etkileşimler aracılığıyla kazaları ve sistem başarısızlıklarını önlemeye yönelik potansiyel riskleri azaltmayı hedefler.

FRAM'in Özellikleri:

- Fonksiyonel Yansıma: Sistemdeki her bir fonksiyon, hem tek başına hem de diğer fonksiyonlarla olan etkileşimlerinde nasıl performans gösterdiğini belirler.
- Performans Varyasyonu: FRAM, sistemdeki normal çalışma koşullarının yanı sıra, beklenmedik performans sapmalarını ve bunların sistemdeki etkilerini anlamaya yardımcı olur.
- Etkileşimli Sistemler: Karmaşık sistemlerdeki bileşenler arasındaki doğrusal olmayan, zamanla değişen etkileşimleri modellemeyi mümkün kılar.

FRAM'in Gelişimi ve Kullanım Alanları: Başlangıçta, FRAM, karmaşık sosyo-teknik sistemlerdeki kazaların ve olayların incelenmesi için geliştirilmiştir ve Fonksiyonel Yansıma Kaza Modeli (FRAM - Functional Resonance Accident Model) olarak tanımlanmıştır. Ancak zamanla, günlük çalışma prosedürlerinde görülen varyasyonları daha genel bir analiz yöntemi olarak ele alacak şekilde genişletilmiştir. Günümüzde, FRAM hem geriye dönük analizler (örneğin, kazalar veya diğer olayların analizleri) hem de ileriye dönük analizler (örneğin, mevcut çalışma alanları veya risk yönetimi için tasarlanan senaryolar) için kullanılmaktadır (Patriarca et al., 2020).



Şekil 6. Fonksiyonel Rezonans Analizi (FRAM) Modelinin Yapısal Unsurları (Hollnagel, 2012).

FRAM'in Temel Özellikleri:

1. Sistem İşleyişine Odaklanma: FRAM, her bir fonksiyonun nasıl çalıştığına ve bu fonksiyonlar arasındaki etkileşimlerin nasıl performans değişikliklerine yol açtığına dair bir model inşa eder.
2. Kazalar ve Olayların İncelenmesi: İlk başta, karmaşık sistemlerdeki kazaların ve olayların daha iyi anlaşılmasını sağlamak amacıyla kullanılmıştır.
3. Performans Varyasyonu: Yöntem, günlük işleyişteki normal varyasyonları analiz ederek sistemdeki hataları veya beklenmedik sonuçları incelemeye olanak tanır.
4. Gerçekleştirilmesi: Hem geriye dönük (önceki kazalar ve olaylar) hem de ileri dönük (gelecek risk senaryoları ve mevcut çalışma ortamları) analizlerde uygulanabilir.

FRAM'in Temel Prensipleri: FRAM, dört temel prensip üzerine inşa edilmiştir:

1. Başarılar ve Başarısızlıklar Eşdeğerdir: Başarılar ve başarısızlıklar, aynı kaynağa dayanır. Yani, bir şeyin doğru ya da yanlış gitmesinin sebepleri aynıdır. Bu prensip, sisteme etki eden faktörlerin hem olumlu hem de olumsuz sonuçlara yol açabileceği anlamına gelir.

2. Sosyo-teknik Sistemlerin Günlük Performansı: İnsanlar, bireysel olarak ve toplu olarak, günlük performanslarını mevcut koşullara uyum sağlayacak şekilde sürekli olarak ayarlarlar. Bu durum, sistemin her zaman çevresel koşullara ve durumsal değişikliklere uyum sağladığını gösterir.
3. Çıktılar Genellikle Ortaya Çıkan (Emergent) Olarak Tanımlanır: Birçok gözlemlenen sonuç, belirli bir durumda ne olacağı önceden belirlenmiş bir sebep-sonuç ilişkisiyle açıklanamaz. Bu sonuçlar daha çok ortaya çıkan (emergent) ve sistemin dinamikleriyle şekillenen durumlar olarak değerlendirilir.
4. Fonksiyonlar Arasındaki İlişkiler ve Bağımlılıklar: Sistem fonksiyonlarının ilişkileri ve bağımlılıkları, önceden belirlenmiş bir sebep-sonuç bağlantısı olarak değil, belirli bir durumda gelişen koşullar doğrultusunda tanımlanmalıdır. Bu yaklaşımda fonksiyonel rezonans (functional resonance) kullanılarak bu ilişkiler modellenir. Bu, her bir fonksiyonun performansındaki değişikliklerin, diğer fonksiyonlarla etkileşime girerek nasıl bir etkilenme yaratabileceğini anlamamıza yardımcı olur (Hollnagel, 2012).

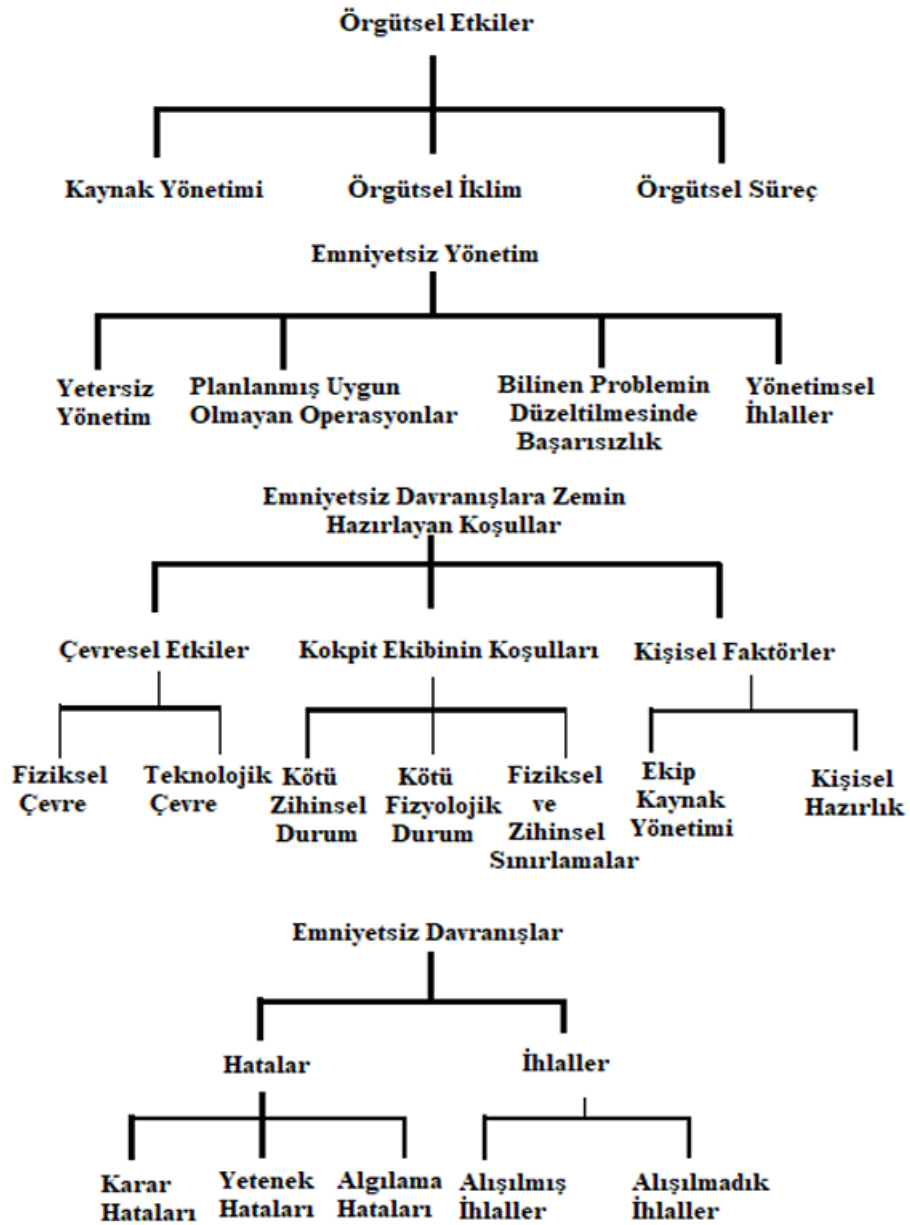
Sonuç olarak FRAM, karmaşık sosyo-teknik sistemlerdeki değişkenlikleri anlamak ve yönetmek için güçlü bir araç sunar. Bu yaklaşım, geleneksel hata odaklı modellemelerden farklı olarak, performansın birbiriyle etkileşen fonksiyonlar aracılığıyla nasıl şekillendiğine odaklanır. Karmaşık sistemlerdeki beklenmedik sonuçları ve hataları anlamak için daha dinamik ve esnek bir bakış açısı sunar. Bu nedenle, güvenlik ve performans yönetimi alanlarında önemli bir rol oynamaktadır.

1.2.7. HFACS (Human Factors Analysis and Classification System)

HFACS (Human Factors Analysis and Classification System), insan hatalarının bir taksonomisidir ve olayların/kazaların altında yatan nedensel faktörleri tanımlamak ve kategorize etmek için sistematik bir çerçeve sunmayı amaçlar. HFACS tarafından sağlanan çerçeve, etkili güvenlik önlemleri oluşturmak için kullanılabilir (Shappell & Wiegmann, 2000) Swiss Cheese Modeli, havacılık ve diğer sektörlerde kaza araştırmacılarının insan hatasını yorumlama şeklini değiştirmiştir. Ancak bu model, gerçek dünyada uygulanabilirlik açısından yeterince ayrıntı sunmamıştır. Bu eksiklik,

Human Factors Analysis and Classification System (HFACS)'in geliştirilmesini gerekli kılmıştır (Shappell, 2000).

HFACS, SCM içindeki sorunları ve hataları tanımlar ve böylece olayların/kazaların nedenlerinin metodolojik olarak kategorize edilmesini sağlar. Bu nedenle, HFACS, kazaların araştırmacıları, araştırmacılar ve güvenlik profesyonelleri için gerçek dünya ortamlarında bir araç işlevi görmektedir (Wiegmann & Shappell, 2003).



Şekil 7. HFACS Modeli: İnsan Hatalarının ve Sistemsel Faktörlerin Hiyerarşik Sınıflandırılması (Shappell vd., 2007).

HFACS, insan hatalarını dört seviyede analiz eden 19 nedensel kategori içerir:

1. Emniyetsiz Davranışlar (Karar Hatası, Yetenek Hatası, Algılama Hatası, İhlaller)
2. Ön Koşullar (Zihinsel Durum, Fizyolojik Durum, Zihinsel/Fiziksel Sınırlama, CRM Eksikliği, Kişisel Hazırlık Eksikliği, Fiziksel Faktörler, Teknolojik Çevre)
3. Emniyetsiz Yönetim (Yetersiz Yönetim, Uygun Olmayan Operasyon Planlaması, Bilinen Problemin Düzeltmemesi, Yönetimsel İhlaller)
4. Örgütsel Etkiler (Kaynak Yönetimi, Örgütsel İklim, Örgütsel Süreç)

Bu sistem, kazaların kökenindeki sistemsel aksaklıkları belirlemeyi sağlar. Ayrıca, geçmişteki olaylar analiz edilerek tekrar eden insan hataları ve sistemsel eksiklikler belirlenebilir. Bu sayede organizasyonlar, zayıf alanlara odaklanarak veri odaklı iyileştirmeler yapabilir ve kaza oranlarını azaltabilir (Wiegmann & Shappell ,2001).

HFACS, geçmiş kazaları ve güvenlik verilerini incelemek ve analiz etmek için bir yapı sunar. İnsan katkısını performans açısından ayrıştırarak, analistin güvensiz bir eylemle ilişkili olan temel faktörleri belirlemesini sağlar. HFACS çerçevesi, aynı zamanda, sahada yürütülecek gelecekteki kaza araştırmalarını yönlendirmek ve daha iyi kaza veri tabanları geliştirmek için de faydalı bir araç olabilir; bu durum, insan faktörleriyle ilgili kaza verilerinin genel kalitesini ve erişilebilirliğini artıracaktır. Bir organizasyondaki yaygın eğilimler, güvensiz eylemlerin psikolojik kökenlerinin ya da bu eylemleri mümkün kılan örtük koşulların karşılaştırılması yoluyla ortaya çıkarılabilir. Bu ortak eğilimlerin belirlenmesi, bir organizasyon içinde müdahale gereksinimi duyulan alanların tespit edilmesini ve önceliklendirilmesini destekler.

HFACS kullanılarak, bir organizasyon geçmişte tehlikelerin nerede ortaya çıktığını belirleyebilir ve bu tehlikelerin sonuçlarını önlemek amacıyla prosedürler uygulayabilir. Bu da insan performansının iyileştirilmesine ve kaza ile yaralanma oranlarının azaltılmasına katkıda bulunur. HFACS çerçevesi, askeri, ticari ve genel havacılık sektörlerindeki kazaları analiz etmek için başarıyla uygulanmıştır (Shappell, 2001)

Aşağıdaki tabloda, farklı araştırmalar ve bu araştırmaların metodolojileri ile ana bulguları yer almaktadır. Bu alışmalar, uçak kazalarında insan faktörlerinin rolünü anlamak ve bu faktörlere dayalı çözüm önerileri sunmak amacıyla çeşitli veri toplama ve analiz yöntemleri kullanmıştır. Tablo, bu alandaki önemli araştırmaların bir derlemesi olup, insan faktörlerinin uçak kazalarındaki etkilerine dair önemli bulguları ortaya koymaktadır.

Tablo 1 – HFACS Modeline Dayalı Akademik alışmaların Özeti

Yazar(lar)	Yıl	Araştırma Konusu	Metodoloji	Ana Bulgular
Liu, Q., Li, F., Ng, K.K.H., Han, J., & Feng, S	2025	LLM Tabanlı Akıl Yürütme ile Kaza Soruşturması: HFACS Rehberli Düşünce Zinciri ve Genel Havacılık Güvenliği	HFACS etiketli genel havacılık kazalarına ilişkin yeni bir veri kümesi üzerinde, GPT-4o modeli ile çok aşamalı çıkarımsal analiz gerçekleştirilmiştir.	HFACS-CoT ve HFACS-CoT+ yaklaşımları, LLM'lerin insan hatalarını ve öncül koşulları doğru şekilde tespit etme yetisini artırmış; bazı durumlarda uzman performansını aşmıştır.
Meng ve Lu	2022	HFACS ve Bayes Ağları (BN) entegre edilerek, CFIT (Controlled Flight Into Terrain) kazalarındaki insan faktörlerinin analizi	Hybrid Model (HFACS ve BN entegrasyonu)	Bu alışma, CFIT kazalarında insan faktörlerinin etkisini incelemiş ve HFACS ile Bayes Ağları (BN) entegrasyonunun kazaların analizindeki etkinliğini göstermiştir.

Kılıç B., Gümüş E.	2020	2015-2020 yılları arasında gerçekleşmiş 30 ticari gece uçuşu kazasının HFACS yöntemiyle analiz edilmesi	HFACS Analizi	Analiz sonuçları, gece uçuşlarına özgü kazalarda en belirgin etkenin fiziksel çevre koşulları olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, yetenek yetersizlikleri ve karar hatalarının da kazaların önemli insan faktörü bileşenleri olduğu belirlenmiştir. Teknolojik çevrenin etkisi ise daha düşük düzeyde kalmıştır.
Kılıç B., Gündoğdu S.	2020	2010-2020 yılları arasında gerçekleşmiş 15 hava kargo uçağı kazasının HFACS yöntemiyle analiz edilerek insan faktörlerinin incelenmesi	HFACS Analizi	Çalışma, kazalarda en sık karşılaşılan insan hatası türlerinin yetenek eksiklikleri ve karar verme hataları olduğunu göstermiştir. Ayrıca, yönetsel yetersizlikler ve teknolojik/fiziksel çevre koşullarının da kazalara zemin hazırlayan önemli faktörler arasında

				yer aldığı tespit edilmiştir.
Kılıç B.	2019	01.01.2018 - 12.12.2018 tarihleri arasında gerçekleşmiş 70 genel havacılık kazasının HFACS ile incelenmesi; özellikle uçuş eğitim kazalarındaki insan hatalarının analizi	HFACS Analizi	Emniyetsiz davranışlar arasında yetenek hatalarının %80 oranında olduğu görülmüştür. Fiziksel çevre gibi ön koşullar %58,57 oranında emniyetsiz davranışlara zemin hazırlamıştır.
Dönmez ve Uslu	2018	21. Yüzyıl Havacılık Olaylarında Operasyon Organizasyon ilişkisi: İnsan Faktörleri Analiz ve Sınıflandırma Sistemi Uygulaması	HFACS Uygulaması, Veri Analizi, İstatistiksel Yöntemler	HFACS kullanılarak kokpit ekibi kaynaklı insan hataları analiz edilmiştir. Örgütsel ve yönetimsel hataların kokpit içindeki emniyetsiz davranışları nasıl etkilediği ortaya konmuştur.
Yesilbas, V. ve Cotter, T.	2014	HFACS sisteminin insanlı ve insansız hava araçlarında yapısal analizi	HFACS, Yapısal Analiz, İHA/MHA Karşılaştırması	HFACS çerçevesi kullanılarak insanlı ve insansız hava aracı operasyonları analiz edilmiş; yapısal farklar ve

				insan faktörleri açısından değerlendirilmiştir.
Bilbro, J.	2013	HFACS ve HFACS-M sistemlerinin ABD Savunma Bakanlığı bağlamında gözlemciler arası karşılaştırması	HFACS, HFACS-M, Karşılaştırmalı Güvenilirlik Analizi	HFACS ve HFACS-M sistemlerinin gözlemciler arası tutarlılığı incelenmiş, iki sistemin benzerlikleri, farkları ve kullanım alanlarına etkisi değerlendirilmiştir.
Ergai A.	2013	HFACS sisteminin değerlendirilmesi: Gözlemci içi ve gözlemciler arası güvenilirlik analizi	HFACS Değerlendirmesi, Güvenilirlik Analizi	HFACS sisteminin güvenilirliği, aynı gözlemcinin farklı zamanlarda yaptığı sınıflamalarla ve farklı gözlemciler arasındaki tutarlılıkla analiz edilmiştir.
Li, Harris ve Yu	2008	Çin Halk Cumhuriyeti'nde sivil havacılık kazalarına HFACS uygulaması (1999-2006)	HFACS Uygulaması, Veri Analizi	Çin'deki sivil havacılık kazalarının insan faktörleriyle ilişkisi analiz edilmiş, örgütsel eksikliklerin emniyetsiz davranışlar

				üzerindeki etkisi ve yönetimsel düzeydeki ilişkiler incelenmiştir.
Wen-Chin Li, Don Harris, Chung-San Yu	2007	1999-2006 yılları arasında Çin'de gerçekleşmiş 41 sivil havacılık kazasının HFACS ile incelenmesi	HFACS Analizi	Çalışmada, kazaların çoğunun doğrudan pilotların karar ve yetenek eksikliklerinden kaynaklandığı belirlenmiştir. Ayrıca, kasıtlı ihlallerin yüksek oranı dikkat çekerken, denetim zafiyetleri ve örgütsel süreç aksaklıklarının da sistem düzeyinde önemli katkıları olduğu görülmüştür.
Australian Transport Safety Bureau (ATSB)	2007	Avustralya'daki genel, ticari ve tarım uçuş kazalarına HFACS uygulaması	HFACS Uygulaması, Karşılaştırmalı Çalışma	Avustralya ve ABD uçak kazalarının HFACS analizi karşılaştırılmış ve iki ülke arasındaki insan faktörleri kaynaklı farklar incelenmiştir.

Shappell vd.	2006	1990-2002 yılları arasında meydana gelen ticari uçuş kazalarına HFACS uygulaması	HFACS Uygulaması, Veri Analizi	Ticari uçuş kazalarında emniyetsiz davranışlar (yetenek hataları, karar hataları, ihlaller) analiz edilerek, bu hataların kazaların oluşumundaki etkileri değerlendirilmiştir.
Wiegmann D., Faaborg T., Boquet A., Detwiler C.	2005	1990-2000 yılları arasında NTSB veritabanından alınan 14.436 genel havacılık kazasının HFACS yöntemiyle detaylı analizi	HFACS Analizi	Geniş kapsamlı analizde, kazaların büyük çoğunluğunun pilotların yetersiz performansına dayandığı belirlenmiştir. Yetenek hataları başta olmak üzere, karar verme problemleri, kasıtlı kural ihlalleri ve algılama eksiklikleri kazaların başlıca insan faktörü kaynakları arasında yer almıştır.

Wiegmann ve Shappell	2001	Ticari uçuş kazalarına HFACS uygulaması (1990-1996)	HFACS Uygulaması, Veri Analizi	Ticari uçuş kazalarının HFACS ile analizi yapılmış ve kazaların insan faktörleri tarafından nasıl şekillendiği ortaya konmuştur.
----------------------	------	---	--------------------------------	--

Tabloda yer alan araştırmalar, uçak kazalarındaki insan faktörlerinin kapsamlı bir şekilde incelendiği önemli çalışmalardır. Çalışmaların büyük bir kısmı, insan hatalarının kazalardaki etkilerini anlamak ve bu hataların önlenmesi için uygulanabilir çözüm önerileri geliştirmek amacıyla HFACS modelini kullanmıştır. Bunun yanı sıra, farklı yıllarda yapılan araştırmalar, çeşitli havacılık kazalarını insan faktörleri perspektifinden analiz ederek, sektördeki emniyet kültürünün gelişmesine katkıda bulunmuştur. Özellikle, kokpit içi iletişim, karar verme süreçleri, yönetimsel hatalar ve organizasyonel eksiklikler gibi unsurlar, bu araştırmaların bulgularında önemli yer tutmaktadır.

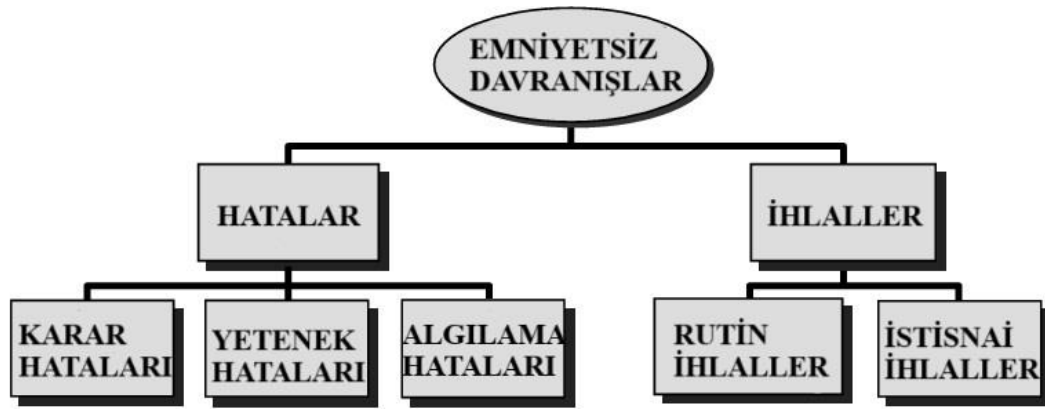
Bu çalışmalar, insan faktörlerinin kazalara yol açan nedenlerden biri olduğunu ve havacılık güvenliğinin sağlanmasında insan faktörlerinin göz önünde bulundurulmasının zorunlu olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmalarda elde edilen bulgular, sektördeki emniyet uygulamalarının geliştirilmesinde, eğitim programlarının iyileştirilmesinde ve daha güvenli uçuş operasyonları için politika oluşturulmasında faydalı olacaktır.

1.2.7.1. HFACS'in Yapısı ve Uygulama Alanları

HFACS'in çerçeveleri, birbirini etkileyen dört hiyerarşik seviye ve on dokuz alt seviyeden oluşmaktadır.

1.2.7.1.1. Emniyetsiz Davranışlar: HFACS'in birinci seviyesi, kazanın/olayın meydana gelmesine yol açan operatörün güvensiz eylemlerini temsil eder. Emniyetsiz Davranışlar, insanların odaklandığı ve kazanın sorumluluğunu operatöre yükleyen durumlardır. Uçuş mürettebatının emniyetsiz davranışları kabaca iki kategoriye

ayrılabilir: hatalar ve ihlaller (Reason, 1990). Genel olarak hatalar, bireylerin zihinsel veya fiziksel faaliyetlerinin, amaçlanan sonucu başaramadığı durumları ifade eder. İnsanların doğası gereği hata yapmaya eğilimli olduğu düşünüldüğünde, bu tür güvensiz eylemlerin çoğu kaza veritabanlarında baskın olması şaşırtıcı değildir. Öte yandan ihlaller, uçuş güvenliğini düzenleyen kural ve yönetmeliklerin kasıtlı olarak göz ardı edilmesi anlamına gelir. Pek çok organizasyonun işleyişini olumsuz etkileyen ve tamamen "önlenebilir" emniyetsiz davranışın öngörülmesi ve önlenmesi, hem yöneticiler hem de araştırmacılar için hâlâ büyük bir sorun olmaya devam etmektedir.



Şekil 8. Emniyetsiz Davranış Türleri ve Alt Kategorileri

Hatalar

Hatalar, operatörlerin istenen sonuçları elde edemeyen eylemleridir ve üç belirli hata biçimine uygulanır: yetkinlik bağımlı, seçimsel ve algısal. Operatörün kurallarına ve düzenlemelerine kasıtlı olarak aykırı hareket etmesi ihlaller olarak sınıflandırılır; bunlar, sıradan ve olağanüstü ihlaller olarak ikiye ayrılır. Patterson ve Shappell (2010) ve Shappell ve ark. (2007)'ye göre, en yaygın hatalar beceri temelli hatalardır. Bu fiziksel hatalar, çok az ya da hiç bilinçli düşünce gerektiren yüksek derecede programlanmış görevlerde meydana gelir. Ancak Airbus (2005), operatörün normal aktiviteleri programlı kontrol sırasında atlayarak yapısal onarımı kontrol etmeyi unuttuğunu açıklamaktadır. Genel olarak, beceri temelli hatalar genellikle hafıza ve/veya konsantrasyon eksikliklerinden kaynaklanır ve sıkça kontrol listelerinde unutulmuş veya eksik adımlar ya da adımların yanlış yerleştirilmesi şeklinde görülür.

Havacılık bağlamında beceriye dayalı davranışlar, genellikle "kumanda hakimiyeti" ve diğer temel uçuş becerileri olarak tanımlanır ve bu eylemler genellikle bilinçli bir düşünce süreci gerektirmeden otomatik olarak gerçekleşir. Bu nedenle, beceriye dayalı

eylemler özellikle dikkat ve/veya hafıza hatalarına karşı savunmasızdır. Nitekim, dikkat hataları; görsel tarama düzeninde bozulma, belirli bir göreve aşırı odaklanma, kontrollerin istemsiz olarak devreye sokulması ve prosedürlerdeki adımların yanlış sıralanması gibi birçok beceriye dayalı hata ile ilişkilendirilmiştir (Tablo 2). Buna klasik bir örnek, mürettebatın yanmış bir uyarı ışığını çözmeye odaklanması sonucunda, uçağın ölümcül bir şekilde yere doğru alçaldığını fark edememesidir (Wiegmann & Shappell, 2000) Bu tür hatalara ilişkin örnekler ve açıklamalar, HFACS çerçevesinde sınıflandırılmış biçimde Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2 – HFACS Çerçevesinde İnsan Hataları Türleri ve Açıklamaları (Wiegmann & Shappell, 2000).

HATALAR	Açıklama
Beceriye Dayalı Hatalar	
Görsel taramada aksama	Pilotun çevresini yeterince tarayamaması
Dikkati önceliklendiremememe	Önemli bilgilere yeterince odaklanamama
Uçuş kontrol sistemlerini istemsiz kullanma	Yanlışlıkla kumanda girişinde bulunma
Prosedürde bir adımı atlama	Uygulanması gereken prosedürün eksik uygulanması
Kontrol listesi maddesini atlama	Gerekli kontrol listesindeki bir adımı atlama
Zayıf teknik	Yetersiz uçuş becerileri gösterme
Uçağı aşırı kontrol etme	Gereğinden fazla kontrol girdisi uygulama
Karar Hataları	
Uygun olmayan prosedür kullanımı	Duruma uygun olmayan prosedürü takip etme
Acil durumu yanlış teşhis etme	Acil durumu doğru değerlendiremememe
Acil duruma yanlış tepki verme	Yanlış müdahalede bulunma
Yetenek sınırlarını aşma	Pilotun kapasitesinin ötesinde hareket etmesi
Uygunsuz manevra yapma	Uçağın limitlerine aykırı bir manevra gerçekleştirme
Zayıf karar verme	Riskli veya hatalı karar alma
Algısal Hatalar	
Mesafe/rakım/hava hızı yanlış değerlendirme	Gerçek mesafe, yükseklik veya hız hakkında yanlış algı
Mekânsal yönelim bozukluğu	Pilotun konumunu ve yönünü doğru algılayamaması
Görsel illüzyon	Çevresel faktörlerden dolayı yanlış görsel algı

İkinci hata biçimi, bireyin niyetli bir şekilde hareket etmesine rağmen, sonuçların yetersiz veya uygunsuz olduğu durumları tanımlar. Wiegmann ve ark. (2005)'e göre, karar hataları üç türde incelenebilir: bilgi temelli, düzenleme temelli ve problemlili çözümlenme. Deneyimsizlik, zaman ve stres gibi faktörler, operatörün duruma uygun olmayan yanlış bir protokol seçmesine yol açarak hataları yoğunlaştırır. Algıdan kaynaklanan üçüncü hata biçimi, duyuşal bilgilere dayalı olarak meydana gelir; bu, görsel, eklemeli veya koku duyuşlarındaki bozulmalarla ortaya çıkar (Recanzone, 2003). Veriler yanlış yorumlanır, ancak bu, girdinin yanlış kullanılması nedeniyle değil, duyuşal bilginin yanlış anlaşılmasıyla olur.

İhlaller

İhlaller, operatörün mevcut kurallara ve düzenlemelere önem vermeden kasıtlı olarak yaptığı eylemlerdir. İhlaller rutin veya olağanüstü bir şekilde gerçekleşebilirler (Wiegmann ve Shappell, 2003). Rutin ihlaller, daha az aşırı olup, alışılmadık hale gelir ve otoriteler tarafından tolere edilen düzenlemelerden sapmalar gösterir. Ancak olağanüstü ihlaller, rutin ihlallerden farklıdır çünkü ne birey için tipiktir ne de otoriteler tarafından tolere edilir ve tahmin edilmesi çok zordur. (Wiegmann & Shappell, 2004).

Rutin ihlaller, doğası gereği alışkanlık haline gelme eğilimindedir ve genellikle yetkili merciler tarafından tolere edilir (Reason, 1990). Örneğin, hız sınırının 5-10 mil üzerinde araç kullanan biri veya yalnızca görsel meteorolojik koşullar için yetkilendirilmiş olmasına rağmen rutin olarak sınırda hava koşullarında uçan bir pilot düşünülebilir. Her ikisi de yönetmeliklere aykırı olsa da, birçok insan aynı şeyi yapar (Wiegmann & Shappell, 2000).

Rutin ihlallerin aksine, olağanüstü ihlaller, yetkilinin otoritesinden bağımsız olarak bireyin tipik davranış kalıbını yansıtmaz ve yönetim tarafından da onaylanmaz (Reason, 1990).

Örneğin, 55 mph hız sınırı olan bir yolda bir kerelik 105 mph hızla araç kullanma durumu olağanüstü bir ihlal olarak kabul edilir. Aynı şekilde, bir köprüünün altından uçmak veya kanyon içinde alçak seviyede uçmak gibi yasaklanmış manevralara katılmak da olağanüstü bir ihlaldir (Wiegmann & Shappell, 2000). Bu tür örnekler, insan hatalarını sistematik bir şekilde sınıflandırmayı amaçlayan HFACS çerçevesi

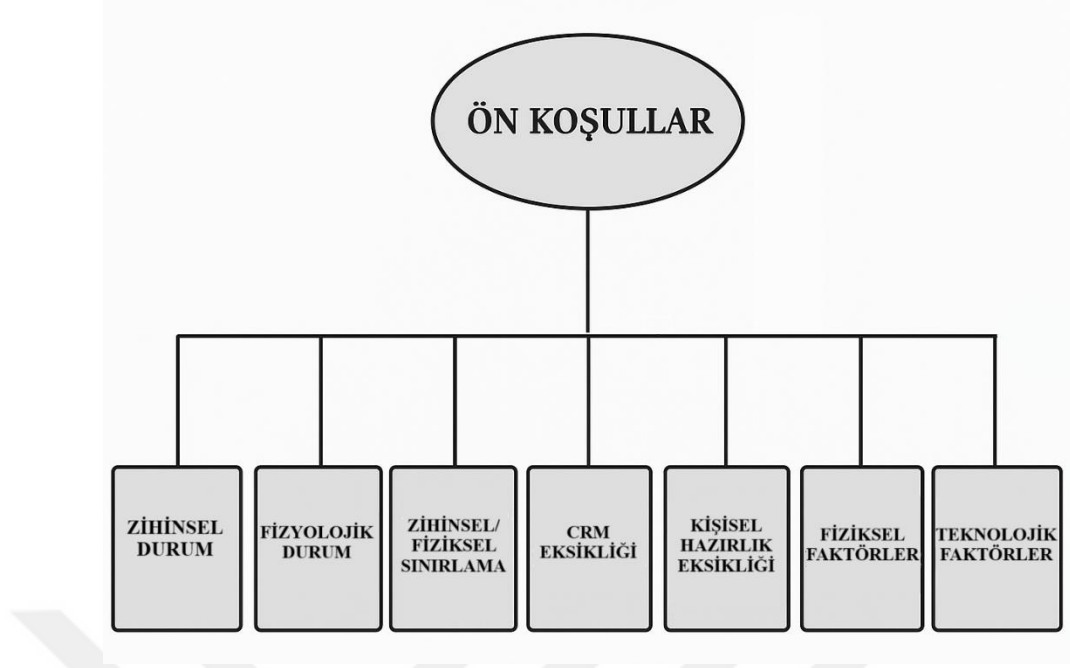
kapsamında tanımlanan ihlal kategorileriyle örtüşmekte olup, ilgili ihlal türleri ve açıklamalarına Tablo 3'te yer verilmektedir.

Tablo 3 – HFACS Çerçevesinde İhlal Türleri ve Açıklamaları (Wiegmann & Shappell, 2000).

İHLALLER	Açıklama
Brifinge uymama	Uçuş öncesi belirlenen talimatları takip etmeme
Radar altimetresini kullanmama	Güvenlik için gerekli olan radar altimetresini devre dışı bırakma veya kullanmama
Yetkisiz bir yaklaşma gerçekleştirme	Onay almadan belirlenen yaklaşma prosedürünü ihlal etme
Eğitim kurallarını ihlal etme	Uçuş eğitiminde belirlenen kurallara uymama
Aşırı agresif bir manevra yapma	Normal uçuş sınırlarını aşan riskli manevralar gerçekleştirme
Uçuş için düzgün hazırlanmama	Uçuş öncesinde yeterli kontrolleri ve hazırlıkları yapmama
Yetkisiz bir uçuşu brifingle onaylama	Önceden planlanmamış veya yasaklanmış bir uçuşu onaylama
Görev için güncel/yeterli olmama	Uçuş görevini gerçekleştirmek için gerekli olan yeterlilik ve eğitim seviyesinde olmama
Uçağın sınırlarını kasıtlı olarak aşma	Uçak için belirlenen operasyonel limitleri bilinçli olarak aşma
Görsel meteorolojik koşullarda (VMC) düşük irtifada uçuşa devam etme	VMC koşullarında güvenli olmayan düşük irtifada uçuş sürdürme
Yetkisiz düşük irtifa kanyon uçuşu yapma	Yetkisiz ve tehlikeli bir şekilde vadilerde veya kanyonlarda düşük irtifa uçuşu yapma

1.2.7.1.2. Ön Koşullar: Havacılıkta meydana gelen olay ve kazaların incelenmesinde, insan hatalarının yalnızca sonuç değil, aynı zamanda daha derin yapısal ve bireysel nedenlerin bir çıktısı olduğu kabul edilmektedir. İnsan hataları, sıklıkla bireyin görevini yerine getirmeden önce içinde bulunduğu koşullardan etkilenir. Bu bağlamda, güvensiz eylemleri ortaya çıkaran önkoşullar, sadece bireysel yeterliliklerle değil, bireyin içinde bulunduğu çevresel, fizyolojik, zihinsel ve örgütsel sistemin toplam etkisiyle şekillenmektedir (Tamer, 2021; Wiegmann & Shappell, 2000).

Araştırmalar, pilotların gerçekleştirdiği hatalı eylemlerin havacılık kazalarının yaklaşık %80'i ile doğrudan bağlantılı olduğunu göstermektedir (Wiegmann & Shappell, 2000). Ancak bu davranışları yalnızca sonuç olarak değerlendirmek, altta yatan yapısal ve bireysel nedenleri göz ardı etmek anlamına gelir. Bu nedenle, güvensiz davranışların analizinde operatörün durumu, çevresel ve teknik koşullar, kişisel hazırlık düzeyi ve örgütsel eksiklikler bir bütün olarak değerlendirilmelidir.



Şekil 9. Emniyetsiz Davranışların Ön Koşulları ve Alt Kategorileri

Zihinsel Durum

Bireyin zihinsel kapasitesi, karar alma süreçlerinin kalitesini doğrudan etkileyen temel bir unsurdur. Zihinsel yorgunluk, dikkat dağınıklığı, durumsal farkındalık kaybı, aşırı özgüven ve yanlış yönlendirilmiş motivasyon gibi faktörler, bireyin emniyetli kararlar almasını zorlaştırır (Wiegmann & Shappell, 2001). Bu durum, özellikle yüksek stres altındaki operasyonel ortamlarda belirginleşir.

Fizyolojik Durum

Yorgunluk, hipoksi, hastalık ya da farmakolojik etkiler (ilaç ya da madde kullanımı gibi) gibi fizyolojik durumlar da bireyin görev yeterliliğini doğrudan etkileyebilir. Örneğin, mekânsal yönelim kaybı gibi durumlar, pilotun uçuş göstergelerine güvenmemesine neden olarak kazalara yol açabilir (Wiegmann & Shappell, 2001).

Zihinsel ve Fiziksel Sınırlamalar

İnsan bilişsel ve fiziksel kapasitesi, her durumda görev gereklerini karşılamak için yeterli olmayabilir. Görsel ipuçlarını zamanında algılayamamak, hızlı karar alma süreçlerinde zorlanmak ya da tepki süresinin yetersiz kalması gibi durumlar,

performansı düşüren sınırlayıcı faktörlerdir (Lee & Seppelt, 2006). Bu sınırlılıklar, özellikle karmaşık görev ortamlarında daha görünür hale gelir.

CRM Eksikliği (Ekip Kaynak Yönetimi)

Ekip üyeleri arasındaki iletişim, koordinasyon ve görev paylaşımı, güvenli operasyonun temel unsurlarındandır. CRM uygulamalarının eksikliği, görevlerin yanlış dağıtılması, kritik bilgilerin paylaşılmaması veya yanlış anlaşılması gibi durumlara neden olabilir (Wiegmann & Shappell, 2003; Helmreich & Foushee, 1993). Özellikle uçuş ekipleri ile bakım ve destek birimleri arasındaki uyumsuzluklar, olaylara doğrudan zemin hazırlayabilir.

Kişisel Hazırlık Eksikliği

Bireylerin göreve başlamadan önce fiziksel ve zihinsel olarak yeterli hazırlığı yapmamış olmaları da önemli bir risk faktörüdür. Ekip dinlenme kurallarına uyulmaması, kendi kendine ilaç kullanımı gibi durumlar; yorgunluk, dikkatsizlik ve karar kalitesinde düşüşle sonuçlanabilir (Wiegmann & Shappell, 2000). Bu eksiklikler çoğunlukla kokpit dışında gelişse de, görev sırasında ortaya çıkan etkileri nedeniyle dolaylı risk unsuru taşır.

Fiziksel Faktörler

Fiziksel çevre koşulları — örneğin sıcaklık, basınç, titreşim, gürültü — bireyin performansını sınırlayabilir. Ayrıca, ekipman tasarımı ve sistem arayüzleri gibi teknik ortam unsurları da, insan-makine etkileşimi açısından hayati önem taşır. Bu koşulların ergonomik olmayan biçimde yapılandırılması, performans hatalarına neden olabilir (Wiegmann & Shappell, 2003).

1.2.7.1.3. Emniyetsiz Yönetim: Emniyetsiz yönetim, doğrudan denetim zinciri içerisinde yer alan eylem ya da ihmalleri kapsayan, bireylere gerekli operasyonel desteğin, eğitim ve rehberliğin sağlanmaması durumlarını ifade eder. Denetçilerin sorumluluğu; çalışanlara başarılı olabilmeleri için ihtiyaç duydukları bilgi, beceri ve kaynakları sunmak, gerekli yönlendirme ve izlemeyi sağlamaktır (Wiegmann & Shappell, 2001). Bu gereklilikler karşılanmadığında, ekipler çoğunlukla destekten

yoksun kalır ve operasyonel ortamın getirdiği risklerle tek başına yüzleşmek zorunda kalır.

Yetersiz yönetim, eksik eğitim, yetersiz denetim, rehberlik eksikliği ve prosedürlerin belirsizliği gibi durumları kapsar. Ayrıca yöneticilerin operasyonel riskleri doğru analiz edememesi de bu başlık altında değerlendirilir.



Şekil 10. Emniyetsiz Yönetim Türleri ve Alt Kategorileri

Uygun Olmayan Operasyon Planlaması

Operasyonel planlamalarda yapılan hatalar, özellikle insan kapasitesinin sınırlarını zorlayan görev atamaları ve zaman çizelgeleri ile karşımıza çıkar. Bu tür planlama eksiklikleri, personelin aşırı yorgunluğa maruz kalması, dinlenme sürelerinin ihmal edilmesi ve görevlerin emniyetsiz biçimde icra edilmesi gibi sonuçlara neden olur (Wiegmann & Shappell, 2000).

Örnek olarak, çok otoriter bir kaptan pilotun, deneyimsiz bir yardımcı pilotla eşleştirilmesi durumunda, iletişim kopuklukları ve karar alma çatışmaları yaşanabileceği bilinmektedir. Bu tür uygunsuz eşleşmeler, geçmişte yaşanan bazı büyük kazaların altında yatan önemli faktörlerdendir (NTSB, 1982). Bu bağlamda, planlamadaki zafiyetler, bireyleri doğrudan kabul edilemez operasyonel risklerle başa bırakabilir.

Bilinen Problemin Düzeltilmemesi

Kurumsal yapılar içerisinde daha önce fark edilmiş sorunların, yöneticiler ya da denetçiler tarafından bilinmesine rağmen çözülmemesi durumu, sistemin güvenliğini ciddi şekilde tehdit eder. Eğitim eksiklikleri, ekipman arızaları, disiplin sorunları veya

prosedürel açıkların devam etmesi, "bilinen problemin düzeltilmemesi" kapsamında değerlendirilir (Wiegmann & Shappell, 2000).

Bu tür durumlar, yalnızca bireylerin güvenliğini tehlikeye atmakla kalmaz, aynı zamanda bu sorunların normlaşmasına neden olur. Örneğin, disiplinsiz davranışların sürekli görmezden gelinmesi, bu davranışların kurum içinde tolere edilen bir standarda dönüşmesine yol açabilir.

Yönetimsel İhlaller

Yönetimsel ihlaller, denetim ve yönetim kademelerinde yer alan kişilerin, mevcut yasa, düzenleme ya da kuralları bilerek ihlal etmesini kapsar. Bu durum, örneğin güncel lisansı bulunmayan bir pilotun uçuşa çıkarılması, zorunlu dinlenme kurallarının bilinçli şekilde ihlal edilmesi ya da görev dağılımlarında siyasi/kişisel tercihler yapılması şeklinde somutlaşabilir (Wiegmann & Shappell, 2001).

Bu tür ihlallerin tespit edilmesi zor olsa da, sistem düzeyinde ciddi güvenlik zaafiyetlerine yol açmaktadır. Bilinçli şekilde kuralların çiğnenmesi, yalnızca bireyleri değil, tüm organizasyonun emniyet kültürünü zedeleyen bir yönetimsel sorumsuzluk örneğidir.

1.2.7.1.4. Örgütsel Etkiler: Havacılıkta insan hatalarını anlamak, yalnızca bireyin görev anındaki davranışlarını değil, aynı zamanda bu davranışların şekillendiği örgütsel yapıyı da analiz etmeyi gerektirir. Uçuş ekiplerinin bireysel hataları çoğu zaman daha büyük sistemsel eksikliklerin bir yansımasıdır. Bu bağlamda, HFACS modeli çerçevesinde tanımlanan en üst düzey hata kategorisi olan örgütsel etkiler, tüm operasyonel sistemin temelini oluşturan yapısal ve kültürel faktörleri kapsar (Wiegmann & Shappell, 2001).



Şekil 11. Örgütsel Etki Türleri ve Alt Kategorileri

Örgütsel etkiler; kuruluşların kaynak yönetimi, örgütsel iklim ve örgütsel süreçler gibi temel boyutlardaki karar ve uygulamalarına bağlı olarak şekillenir. Bu etkenler genellikle doğrudan gözlemlenemez; ancak çalışan davranışlarını sistematik olarak etkileyen, dolaylı fakat belirleyici faktörlerdir.

Kaynak Yönetimi

Bir kuruluşun kaynak tahsisi konusundaki tercihleri, uzun vadeli operasyonel emniyeti belirleyen temel unsurlardandır. İnsan kaynağı, ekipman, altyapı ve zaman yönetimi gibi alanlardaki eksiklikler, sistemin en alt kademesinde çalışan bireyleri hata yapmaya açık hâle getirir. Örneğin, bakım ekiplerine yeterli zaman veya personel verilmemesi, operasyonel başarısızlık riskini artırmaktadır (Wiegmann & Shappell, 2001).

Ayrıca, organizasyonlar çoğu zaman maliyet etkinliği adına, personel eğitimi ya da uçuş güvenliği gibi kritik alanlarda kaynak kısıtlamalarına gidebilmektedir. Bu durum, özellikle yüksek tempolu ya da kriz dönemlerinde, güvenlikten ödün verilmesine neden olabilmektedir (Demirhan, 2024).

Örgütsel İklim

Örgütsel iklim, bir kuruluşta hâkim olan değerler bütünü, liderlik anlayışı, iletişim biçimleri ve güvenlik kültürü gibi soyut ancak etkili faktörleri ifade eder. Güvenliğe öncelik verilmeyen ya da cezalandırıcı denetim mekanizmalarının hâkim olduğu örgütlerde, çalışanların olumsuz davranış kalıpları geliştirmesi muhtemeldir (Tamer, 2021).

Kurumsal kültürde “sessizlik normu”nun baskın olması durumunda, çalışanlar hata veya risk durumlarını bildirmekten kaçınabilir. Bu da, kazaların sistem içinde önceden fark edilip önlenmesini engeller. Dolayısıyla, güvenlik kültürü zayıf olan organizasyonlarda hata zinciri erken koparılamaz.

Örgütsel Süreç

Örgütsel süreçler; görev tanımları, prosedürler, karar alma mekanizmaları ve kontrol sistemleri gibi yapılandırılmış uygulamalardır. Bu süreçlerdeki belirsizlik, karmaşıklık ya da çelişki, çalışanların yanlış yorumlara açık kalmasına neden olur (Wiegmann &

Shappell, 2001). Örneğin, görev dağılımı yapılırken açık olmayan sorumluluk sınırları ya da çakışan talimatlar, özellikle kriz anlarında bireyleri hataya zorlayabilir.

Ayrıca, prosedürlerin yalnızca varlığı değil, uygulanabilirliği de kritik öneme sahiptir. Kâğıt üzerinde etkili görünen süreçler, pratikte ekipler tarafından güvenli biçimde uygulanamıyorsa, sistem düzeyinde kırılabilirlik yaratır. Bu durum, özellikle acil durum prosedürlerinde sıkça gözlemlenmektedir (Demirhan, 2024).

1.2.7.2. HFACS'in İnsan Faktörleri Çerçevesinde Önemi

İnsan Faktörleri Analizi ve Sınıflandırma Sistemi (HFACS) çerçevesi, havacılık kazalarının insani nedenlerini tanımlamak ve sınıflandırmak için araştırmacılara kapsamlı ve kullanıcı dostu bir araç sunarak, teori ile pratiği birleştiren önemli bir yöntem olarak kabul edilmektedir. Bu sistem, Reason'ın (1990) latent ve aktif hatalar modeline dayanmakta olup (Shappell & Wiegmann, 1997a), insan hatalarının tüm yönlerini kapsar, bu da operatörlerin koşulları ve organizasyonel hataları da dahil eder. Ancak, HFACS ve diğer benzer çerçeveler, operasyonel ortamda faydalı olmadıkları sürece, yalnızca mevcut insan hatası taksonomileri listesine katkıda bulunur. Bu bağlamda, HFACS son zamanlarda ABD Donanması, Deniz Piyadeleri, Kara Kuvvetleri, Hava Kuvvetleri ve Sahil Güvenlik tarafından havacılık kazası araştırmalarında kullanılmak üzere benimsenmiştir. Şimdiye kadar HFACS, yaklaşık 1.000 askeri havacılık kazasına ait insan faktörleri verilerinin analizinde kullanılmış ve bu süreç boyunca sistemin güvenilirliği ve içerik geçerliliği defalarca test edilip kanıtlanmıştır (Shappell & Wiegmann, 1997c).

HFACS ile yapılan kaza veri analizleri, askeri alanda global insan faktörleri güvenlik sorunlarını, belirli kaza türlerini ve insan faktörleri problemlerini (örneğin CRM hataları) tanımlamakta etkili olmuştur (Shappell & Wiegmann, 1997b; Wiegmann & Shappell, 1999). Bu sistematik uygulama, ABD Donanması ve Deniz Piyadeleri'ne, veri odaklı müdahale stratejileri geliştirme imkanı sunmuş ve özellikle hayat kurtarmaya yönelik ve uçak kayıplarını önlemeye odaklanarak müdahale gerektiren alanları aydınlatmıştır. Ayrıca, HFACS çerçevesi, kaza araştırmalarında toplanan insan faktörleri bilgilerini artıran yenilikçi araştırma yöntemlerinin geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Bu yöntemler, güvenlik profesyonellerinin, insan hatalarını daha etkili bir şekilde analiz etmelerini ve müdahale programlarının başarısını izlemelerini

sağlamaktadır. Bu sayede araştırma ve güvenlik programları, değişen ihtiyaçlara göre yeniden şekillendirilebilmektedir.

Son yıllarda, askeri alanda geliştirilip kanıtlanan bu kaza analiz ve soruşturma teknikleri, ABD sivil havacılık kazalarının analiz ve soruşturulmasında da kullanılmaya başlanmıştır (Shappell & Wiegmann, 1999). HFACS çerçevesi, ticari ve Genel Havacılık kaza verilerini sistematik olarak analiz etmekte ve bu olaylarla ilişkili temel insan faktörleri problemlerini keşfetmektedir. Ayrıca, Federal Havacılık İdaresi (FAA) ve Ulusal Taşımacılık Güvenliği Kurulu (NTSB) yetkilileri, gerçek sivil havacılık kazası soruşturmalarında insan faktörleri sorunlarını araştırmak için HFACS'in sunduğu yöntem ve teknikleri kullanarak bu alanlarda iyileştirmeler yapmaktadır. Bu projenin ilk sonuçları, daha fazla güvenlik araştırması yapılması gereken insan faktörleri alanlarını vurgulamaya başlamıştır. Ayrıca, askeri karşılıkları gibi, HFACS'in sivil havacılık için daha etkili ve erişilebilir bir insan faktörleri kaza veritabanı geliştirmek için gerekli temel bilgileri ve araçları sağlayacağı öngörülmektedir (Wiegmann & Shappell, 2000)

Özetle, HFACS çerçevesinin geliştirilmesi, daha geniş bir askeri ve sivil havacılık güvenliği programının kurulmasında değerli bir ilk adım olmuştur. Bu ve diğer güvenlik programlarının nihai amacı, sistematik ve veri odaklı yatırımlar yoluyla havacılık kazası oranını azaltmaktır.

İKİNCİ BÖLÜM

YÖNTEM

2.1. Araştırma Deseni

Bu çalışma, havacılık kazalarının temel nedenlerinden biri olarak kabul edilen insan hatalarının sistematik biçimde analiz edilmesini amaçlayan nitel araştırma yöntemleri kapsamında yürütülmüştür. Nitel araştırmalar, karmaşık sosyal olguların, belirli bir bağlamda derinlemesine anlaşılmasını sağlamak amacıyla kullanılan esnek, keşfedici ve yoruma açık araştırma desenleridir. Bu bağlamda, çalışmada kullanılan analiz stratejileri, betimsel analiz ve içerik analizi tekniklerini kapsamaktadır.

Betimsel analiz, araştırma kapsamında elde edilen verilerin daha önceden belirlenen temalar doğrultusunda özetlenmesi ve yorumlanmasına dayalı bir yaklaşımdır. Bu yöntem, katılımcıların düşüncelerini açık biçimde yansıtabilmek amacıyla doğrudan alıntılara yer verme imkânı da tanır. Betimsel analizde temel amaç, ulaşılan bulguları okuyucuya anlamlı ve yorumlanabilir bir biçimde sunmaktır (Özdemir, 2010: 336; Karataş, 2015: 73). Bulgular, belirlenmiş temalara göre sınıflandırılır, bu sınıflar üzerinden özetleme ve yorumlama yapılır; ayrıca, gerek görüldüğünde olgular arasında karşılaştırmalara yer verilir.

İçerik analizi ise yazılı, sözel ya da görsel materyallerin sistematik ve nesnel biçimde incelenmesine olanak tanıyan bir analiz yöntemidir (Tavşancıl ve Aslan, 2001). Bu teknik, özellikle sosyal bilimler alanında sıklıkla kullanılmakta olup; kitaplar, belgeler, gazete yazıları ve benzeri metinlerin içeriklerinin belirli kurallara dayalı olarak kodlanmasını ve tematik olarak sınıflandırılmasını sağlar (Cohen vd., 2007). Bu yönüyle içerik analizi, elde edilen verilerden anlamlı çıkarımlar yapılmasına olanak tanıyan tekrarlanabilir ve sistematik bir çözümleme süreci sunar.

Her iki yöntem de insan davranışlarının ve bu davranışların altında yatan nedenlerin yapılandırılmasında etkin bir araç olarak işlev görmektedir.

Araştırmanın teorik temelini, Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) modeli oluşturmaktadır. HFACS modeli, Shappell ve Wiegmann (2000) tarafından geliştirilmiş olup, Reason'ın İsviçre Peyniri Modeli'nden türetilmiş çok

katmanlı bir hata analizi sistemidir. Bu model, insan hatalarını yalnızca bireysel düzeyde değerlendirmekle kalmaz; aynı zamanda bu hataların ortaya çıkmasına neden olan örgütsel, yönetsel ve çevresel unsurları da kapsam içine alır. HFACS modeli, kazaların nedenlerini dört temel düzeyde incelemektedir: (1) emniyetsiz davranışlar, (2) emniyetsiz davranışlara yol açan koşullar, (3) gözetim ve yönetim eksiklikleri, ve (4) organizasyonel etkiler. Bu yapısıyla HFACS, sadece yüzeydeki davranışsal hataları değil, bu hataların arka planındaki sistemsel sorunları da ortaya koyabilen kapsamlı bir analiz çerçevesi sunar.

Bu çerçevede çalışma, yalnızca kazaların "ne" olduğunu değil, "neden" ve "nasıl" olduğunu ortaya çıkarmayı hedeflemektedir. Özellikle havacılık gibi karmaşık ve yüksek riskli bir alanda, hataların sadece bireysel performans yetersizliklerinden değil, aynı zamanda örgütsel sistemlerin eksikliklerinden kaynaklanabileceği gerçeği, HFACS modelinin tercih edilmesinde belirleyici olmuştur. Bu model, hata zincirlerini ve bu zincirlerin halkalarını oluşturan çeşitli faktörleri belirlemeye olanak tanıyarak kazaların önlenmesine yönelik politika geliştirme süreçlerinde kullanılabilir stratejik bilgiler sunmaktadır.

Çalışma kapsamında HFACS modelinin katmanları, NTSB raporlarında yer alan olgular üzerinden yapılandırılmış ve her bir düzey, kazalara özgü örnekler üzerinden analiz edilmiştir. Bu sayede, kazaların oluşumuna etki eden insan faktörlerinin birbirleriyle olan ilişkileri, neden-sonuç bağlamında detaylı biçimde ele alınmıştır. Araştırma deseninin bu şekilde yapılandırılması, elde edilen bulguların yalnızca teorik düzeyde kalmamasını; aynı zamanda pratik önerilere zemin hazırlamasını mümkün kılmaktadır.

2.2. Veri Kaynağı ve Örneklem Seçimi

Bu araştırmanın temel veri kaynağını, Amerika Birleşik Devletleri'nde havacılık kazalarıyla ilgili resmi soruşturmaları yürütmekle görevli olan Ulusal Ulaştırma Güvenlik Kurulu (NTSB – National Transportation Safety Board) tarafından yayımlanan uçak kazası raporları oluşturmaktadır. NTSB, 1967 yılından bu yana bağımsız bir kuruluş olarak çalışmakta ve havacılık dahil birçok ulaşım moduna ilişkin kaza incelemeleri gerçekleştirmektedir. NTSB raporları, kaza olaylarının teknik, operasyonel ve insan faktörlerine dair kapsamlı analizler içermesiyle bilimsel

araştırmalar için yüksek güvenilirliğe sahip birincil kaynaklar arasında yer almaktadır. Kurumun yürüttüğü detaylı soruşturma süreçleri, sadece olayın meydana geliş biçimini değil; aynı zamanda olayın nedenlerini ve bu nedenlerle ilişkili sistemsel aksaklıkları da ortaya koymaktadır.

Araştırma kapsamında analiz edilen veriler, 2020-2024 yılları arasındaki havacılık kazaları ile sınırlı tutulmuştur. Bu dönem, modern uçak teknolojisinin ileri düzeyde kullanıldığı ve sektörde güvenlik politikalarının ciddi biçimde geliştiği bir zaman dilimini temsil etmektedir. Dolayısıyla, söz konusu dönemin seçilmesi, en güncel ve teknolojik olarak donanımlı havacılık ortamında dahi insan faktörlerinin kazalara etkisinin sürmekte olduğunu göstermektedir.

Araştırmada yalnızca tamamlanmış (finalized) raporlar kullanılmıştır. Bu tercih, kazalara ilişkin tüm veri ve analizlerin nihai bir biçimde sunulduğu, güvenilirliği yüksek belgelerden yararlanmak amacıyla yapılmıştır. Ön raporlar veya soruşturması devam eden vakalar çalışmaya dahil edilmemiştir.

Araştırmanın örneklemini oluşturan kazalar, belirli ölçütler doğrultusunda seçilerek yapılandırılmış bir örnekleme yaklaşımıyla belirlenmiştir. Örnekleme seçiminde, hem çalışmanın amacıyla doğrudan ilişkili hem de HFACS modeli doğrultusunda anlamlı analiz yapılmasına olanak tanıyan kazaların dahil edilmesi temel alınmıştır. Seçilen kazaların, insan faktörlerinin çok boyutlu değerlendirilmesine olanak tanıyan yapıda olması, örnekleme niteliğini güçlendiren temel unsurdur.

Bu bağlamda örnekleme dahil edilecek kazaların belirlenmesinde aşağıda detaylı olarak açıklanan dört temel kriter dikkate alınmıştır:

• Uçak Tipi

Araştırmaya yalnızca turbofan motorlu sabit kanatlı yolcu uçakları dahil edilmiştir. Bu kapsamda, Boeing 737, Airbus A320 gibi ticari havacılıkta yaygın olarak kullanılan modern jet uçakları dikkate alınmıştır. Pervaneli uçaklar, piston motorlu hava araçları, helikopterler veya insansız hava araçları gibi farklı motor veya yapı sistemine sahip hava taşıtları, operasyonel dinamikleri ve insan faktörü profilleri açısından farklılık arz ettikleri için kapsam dışı bırakılmıştır. Bu seçim, örnekleme içi homojenliği sağlamak ve analizlerin güvenilirliğini artırmak amacıyla yapılmıştır.

• Uçuş Türü

Çalışmaya yalnızca 14 CFR Part 121 kapsamında yer alan tarifeli yolcu taşımacılığına ait kazalar dahil edilmiştir. Bu düzenleme, Amerika Birleşik Devletleri'nde büyük ticari havayolu işletmelerini kapsamakta olup, yüksek yolcu kapasitesine, gelişmiş operasyonel sistemlere ve düzenli sefer yapısına sahip uçuşları içermektedir. Genel havacılık, özel uçuşlar, kargo taşımacılığı, askeri uçuşlar ve charter operasyonları bu düzenleme kapsamına girmediğinden, çalışma dışı bırakılmıştır. Bu sınırlama, ticari havacılıkta karşılaşılan insan faktörlerini daha sistematik ve karşılaştırılabilir biçimde analiz etmeyi mümkün kılmaktadır.

• Rapor Durumu

Araştırmaya dahil edilen kaza raporlarının tamamı NTSB tarafından yayımlanmış, nihai (finalized) ve kamuya açık belgelerden oluşmaktadır. Ön raporlar, geçici değerlendirmeler içermeleri ve olguların nihai nedenlerine dair eksik bilgi barındırmaları nedeniyle örneklem dışında tutulmuştur. Benzer şekilde, halen devam eden soruşturmalara ait veriler de analiz dışı bırakılmıştır. Bu seçici yaklaşım, elde edilecek analizlerin geçerliliğini artırmak ve kazaların çok yönlü olarak değerlendirilmesini mümkün kılmak adına tercih edilmiştir.

• Coğrafi Kapsam

Araştırmanın örneklem çerçevesi, yalnızca Amerika Birleşik Devletleri sınırları içinde meydana gelen uçak kazalarıyla sınırlandırılmıştır. ABD'nin seçilme nedeni, havacılık endüstrisinde dünya genelinde en büyük ve en düzenlenmiş sivil havacılık altyapısına sahip ülkelerden biri olmasıdır. Ayrıca NTSB gibi bağımsız ve kapsamlı veri sağlayan bir kurumun varlığı, kazalara ilişkin bilgilere doğru, güvenilir ve şeffaf biçimde ulaşılmasını sağlamaktadır. Bu durum, analiz sürecinde insan faktörlerinin daha nesnel ve karşılaştırılabilir şekilde değerlendirilmesine olanak tanımaktadır.

Ayrıca, ABD'nin bu araştırmaya örneklem olarak seçilmesinin bir diğer nedeni, ülkenin yüksek hava trafiği yoğunluğudur. Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği (IATA) tarafından yayımlanan 2024 Güvenlik Raporu'na göre, 2024 yılı boyunca dünya genelinde 40,6 milyon ticari uçuş gerçekleştirilmiştir. Bu uçuşların yaklaşık 16 milyonu ABD hava sahasında gerçekleşmiş ve ABD, tek başına dünya hava trafiğinin

yaklaşık %40'ını oluşturmuştur (IATA, 2024; FAA, 2025). Avrupa toplamında bu sayı yaklaşık 11 milyon, Asya-Pasifik bölgesinde ise yaklaşık 13 milyon seviyesindedir (AirlineRatings, 2024).

Güvenlik verileri açısından değerlendirildiğinde, 2024 yılında tüm dünyada toplam 7 ölümcül uçak kazası yaşanmış, bu kazalarda 244 kişi hayatını kaybetmiştir. Bu oran, milyon uçuş başına yaklaşık 0,17 ölümcül kaza oranına denk gelmektedir (IATA, 2024). Buna karşın, ABD'de bu oran çok daha düşüktür; NTSB ve FAA verilerine göre 2024 yılında ABD'de jet yolcu uçuşlarında ölümcül kaza meydana gelmemiştir (NTSB, 2025; FAA, 2025). Bu veriler, hem yüksek uçuş hacmi hem de düşük ölümcül kaza oranı açısından ABD'yi, insan faktörlerini analiz etmeye yönelik çalışmalarda örneklem olarak ideal bir konuma yerleştirmektedir.

Bu örnekleme süreciyle birlikte elde edilen raporlar, HFACS modeli çerçevesinde sistematik olarak analiz edilmeye uygun nitelikli veri seti sunmaktadır. Ayrıca, NTSB'nin raporlarında olaylara ilişkin hem nicel veriler (zaman, lokasyon, uçak tipi, hava koşulları vb.) hem de nitel bulgular (pilot ifadeleri, ses kayıtları, yönetsel süreçler, bakım dökümleri vb.) detaylı biçimde yer almaktadır. Araştırmanın veri kaynağı olan NTSB raporları; hem içerdikleri kapsamlı bilgiler hem de güvenilirlikleri sayesinde, kazalarda etkili olan insan faktörlerinin doğru, derinlikli ve sistematik bir şekilde analiz edilmesini mümkün kılmaktadır.

2.2.1. Veri Toplama Süreci

Bu araştırmada kullanılan veriler, Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Ulaştırma Güvenlik Kurulu (NTSB)'nin resmi web tabanlı veri arşivinden elde edilmiştir. Veri toplama süreci, önceden belirlenmiş örneklem kriterleri doğrultusunda sistematik ve çok aşamalı bir tarama süreci ile gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, NTSB'nin kamuya açık dijital veritabanı üzerinde 2020-2024 yılları arasında meydana gelmiş olan tüm havacılık kazaları liste halinde derlenmiştir. Daha sonra, araştırma kapsamında kabul edilen kriterler (turbofan motorlu uçaklar, Part 121 kapsamındaki tarifeli yolcu uçuşları, yalnızca ABD sınırları içinde meydana gelmiş olaylar ve tamamlanmış raporlar) bu listeye filtreleme işlemleri uygulanarak örneklem seti oluşturulmuştur.

Toplamda 57 adet kaza raporu, çevrim içi erişim yoluyla dijital formatta (PDF, HTML vb.) elde edilmiş ve analiz süreci için hazırlanmıştır. Her rapor, öncelikle olayın genel yapısını anlamaya yönelik olarak özetlenmiş, ardından HFACS modeline göre ayrıntılı bir kodlama sürecine tabi tutulmuştur.

Toplanan verilerin HFACS'e uygun biçimde analiz edilebilmesi için, her bir rapordaki olgusal veriler tematik kodlara dönüştürülmüş ve bu kodlar aracılığıyla kazaya neden olan insan faktörleri sistematik şekilde kategorize edilmiştir. Bu süreçte, kodlamanın tutarlılığı ve geçerliliği açısından iki araştırmacı tarafından paralel kodlama uygulanmış; olası farklılıklar uzlaşma yoluyla giderilmiştir. Bu yöntem, nitel veri analizinde sıklıkla kullanılan çoklu kodlayıcı güvenilirliği ilkesine dayanmaktadır.

2.3. Veri Analizi

Bu araştırmada kullanılan nitel veriler, sistematik bir analiz süreciyle değerlendirilmiş olup, analiz iki temel aşamaya dayanmaktadır: betimsel analiz ve içerik analizi. Her iki teknik de, kazaların ardında yatan insan faktörlerini HFACS modeli kapsamında çok katmanlı biçimde ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır. HFACS'in sunduğu teorik çerçeve doğrultusunda, analiz süreci hem tematik bütünlük hem de sistemsellik ilişkisel ilkeleri gözetilerek yapılandırılmıştır.

2.3.1 Betimsel Analiz

Analiz sürecinin ilk aşamasını oluşturan betimsel analiz, NTSB raporlarında yer alan olguların yüzeysel olarak sınıflandırılmasından ziyade, olayların HFACS modelindeki dört temel düzey (emniyetsiz davranışlar, ön koşullar, gözetim hataları, organizasyonel etkiler) kapsamında sistematik biçimde çözümlenmesini kapsamaktadır. Her bir kaza raporu, bu dört düzeye göre önceden belirlenmiş temalar çerçevesinde ayrı ayrı incelenmiş ve olayların ardındaki örüntüler temsili olarak ortaya konmuştur.

Betimsel analiz sürecinde aşağıdaki temalar odak alınmıştır:

- Emniyetsiz Davranışlar
- Emniyetsiz Davranışlara Zemin Hazırlayan Koşullar
- Emniyetsiz Yönetim

- Örgütsel Etkiler

Bu temalar doğrultusunda her rapor özetlenmiş, benzer yapısal özelliklere sahip kazalar arasında karşılaştırmalar yapılmış ve böylece insan hatalarının tekrar eden doğası ve dağılımı belirlenmiştir. Betimsel analiz, HFACS'in çok katmanlı yapısını anlamak ve kazaların insan faktörü perspektifinden nasıl oluştuğunu geniş bir çerçevede irdelemek için bir temel işlevi görmüştür.

2.3.2 İçerik Analizi

Betimsel analizden elde edilen bulgular, daha derinlemesine bir değerlendirme yapılabilmesi amacıyla içerik analizine tabi tutulmuştur. İçerik analizi, verilerin sistematik şekilde kodlanması, tematik olarak gruplanması ve yorumlanması yoluyla yürütülmüştür. Bu süreçte HFACS modelinin dört düzeyine karşılık gelen temaların belirlenmesi ve bunlar arasındaki ilişkilerin ortaya konması esas alınmıştır. İçerik analizi süreci aşağıdaki adımlar çerçevesinde gerçekleştirilmiştir.

2.4. Verilerin Kodlanması ve Analizi

Kodlama süreci, NTSB tarafından yayımlanan 57 nihai kaza raporunun HFACS modeline dayalı olarak sistematik biçimde analiz edilebilmesini sağlamak amacıyla yapılandırılmıştır. Bu süreçte, her raporda yer alan açıklamalar, olayların oluş sırası, karar anları, çevresel koşullar ve yönetsel arka planlar dikkatlice incelenmiş ve HFACS'in dört temel düzeyine (1. Emniyetsiz Davranışlar, 2. Ön Koşullar, 3. Emniyetsiz Yönetim, 4. Örgütsel Etkiler) göre kategorize edilmiştir.

Kodlama Adımları:

- **Veri Hazırlığı:** Araştırma kapsamında yalnızca NTSB'ye ait uçak kazası raporları kullanılmış; bu raporlar, meydana geldikleri yıllara göre sınıflandırılmış ve her biri tek tek incelenerek içerik analizi için manuel olarak Excel tablosuna kodlanmıştır.
- **Açımlayıcı Okuma ve İlk Kodlama:**
 - Tüm raporlar en az iki kez okunarak, kazaya neden olan ifadeler ve davranış kalıpları belirlenmiştir.

- İlk okuma aşamasında, HFACS sistemine uygun olarak veri içerisindeki belirli davranışlar, durumlar veya sistemseller sorunlar potansiyel kod adayları olarak işaretlenmiştir. Örneğin:
 - "Pilotun yanlış pisti seçmesi" → *Karar Hatası (Decision Error)*
 - "Hava durumu bilgisi yetersizdi" → *Çevresel Koşullar*
- **Ayrıntılı Kodlama:**
 - Tüm raporlar, kod defteri referans alınarak tekrar incelenmiş ve HFACS'e karşılık gelen temalar doğrultusunda bir Excel tablosu oluşturularak sınıflandırılmıştır.
 - Kodlama sırasında bir olay birden fazla kodla eşleştirilebilmiştir. Örneğin, bir olay hem "Karar Hatası" hem de "Fiziksel Faktörler" kodlarını içerebilir.
- **Çift Kodlayıcı Kullanımı:**
 - Kodlama süreci, araştırmacı tarafından yürütülmüş olup, kodlamaların güvenilirliğini artırmak amacıyla iki alan uzmanından görüş alınmıştır. Uzmanlara örneklem yoluyla seçilmiş veri setleri sunulmuş ve yapılan kodlamalar doğruladılmıştır. Görüş farklılıklarının bulunduğu durumlarda, uzmanların önerileri doğrultusunda gerekli revizyonlar yapılmıştır. Bu süreç, kodlamaların geçerlik ve güvenilirliğini sağlamaya yönelik olarak tasarlanmıştır.
- **Kodların HFACS Katmanlarına Dağılımı:**
 - Kodlanan her bir veri parçası, HFACS'in ilgili düzeyine yerleştirilmiştir:
 - **Düzyey 1:** Emniyetsiz Davranışlar (karar hatası, yetenek hatası, algılama hatası, ihlaller)
 - **Düzyey 2:** Ön Koşullar (zihinsel durum, fizyolojik durum, zihinsel ve fiziksel sınırlama, CRM eksikliği, kişisel hazırlık eksikliği, fiziksel faktörler, yetersiz yönetim)
 - **Düzyey 3:** Emniyetsiz Yönetim (uygun olmayan operasyon planlaması, bilinen problemin düzeltilmemesi, yönetimsel ihlaller)
 - **Düzyey 4:** Örgütsel Etkiler (kaynak yönetimi, örgütsel iklim, örgütsel süreç)

- **Kodların Sayısal ve Tematik Dağılımı:** HFACS modeline göre gerçekleştirilen kodlama süreci sonucunda elde edilen veriler, her bir alt kategorinin kaç kez tekrarlandığına ve hangi kazalarda yoğunlaştığına göre hem frekans tabloları hem de tematik dağılım şemaları ile analiz edilmiştir. Kodlama işlemleri Microsoft Excel programı aracılığıyla yürütülmüş; her bir kategoriye ait veriler ilgili tablolara girilerek sistematik biçimde sınıflandırılmıştır. Excel'in sunduğu temel formüller (örneğin COUNTIF, SUM, vb.) kullanılarak alt kategorilerin tekrar sayıları hesaplanmış ve frekans analizleri gerçekleştirilmiştir. Kodların sayısal olarak dağılımı, insan hatalarının dört HFACS düzeyinde hangi alanlarda daha sık gerçekleştiğini ortaya koyarken; tematik analiz, bu hataların bağlamsal olarak hangi koşullarda ve nasıl ortaya çıktığını değerlendirme olanağı sağlamıştır. Bu yaklaşım sayesinde hem nicel (frekans) hem de nitel (yorumlayıcı) boyutlar bir arada ele alınarak, kazalara etki eden insan faktörlerinin yapısal örüntüleri derinlemesine analiz edilmiştir.

Tema Oluşturma

Kodlama sürecinde elde edilen veriler, HFACS modelinin öngördüğü çerçeve doğrultusunda içeriksel benzerlikleri temel alarak tematik analiz sürecine tabi tutulmuştur. Bu süreç, kodlanan ifadelerin yalnızca sayısal değil, aynı zamanda bağlamsal olarak da anlamlı gruplar içinde yeniden yapılandırılmasını kapsamaktadır. Her bir kod, olayın içeriğine, bağlamına ve etkilediği düzeye göre benzer diğer kodlarla ilişkilendirilerek tematik kümeler altında toplanmıştır. Bu yaklaşım, kazaların yüzeydeki sebeplerini aşarak, insan hatalarının tekrarlayan örüntülerini ortaya çıkarmayı mümkün kılmıştır.

Tema oluşturma süreci aşağıdaki şekilde gerçekleştirilmiştir:

- **Kodların İncelenmesi ve Gruplandırma:**
 - İlk olarak, kodlanan veriler okunmuş, tekrar eden kodlar belirlenmiş ve bunlar ortak anlam alanlarında gruplandırılmıştır.
 - Bu aşamada, anlamsal yakınlık, HFACS düzeyi, sebep-sonuç ilişkisi ve ifade edilen davranış türü gibi ölçütler göz önünde bulundurulmuştur.
- **Temaların Belirlenmesi:**

- Ortaya çıkan temalar, kazalarda en sık karşılaşılan insan hatası biçimlerini yansıtacak şekilde adlandırılmıştır. Bu temalar, hem HFACS literatürüne uygunluk hem de çalışma bağlamına özgü detayları kapsayacak şekilde yapılandırılmıştır.
- Temaların bir bölümü HFACS tarafından doğrudan tanımlanan hata kategorilerine, diğer bölümü ise raporlarda sıkça tekrar eden örüntülere dayalı olarak araştırmacı tümevarımıyla oluşturulmuştur.
- **Belirlenen Başlıca Temalar:**
 - **İhlal:** Kuralları, prosedürleri veya operasyonel standartları bilerek ve isteyerek ihlal etme durumlarını içerir. Örneğin, kontrolör izni olmadan iniş yapılması, briefing eksikliği nedeniyle check-list atlanması gibi durumlar bu tema altında toplanmıştır.
 - **Algılama Hatası:** Pilotun ya da mürettebatın dış çevreyi, sistem verilerini veya kokpit içi göstergeleri yanlış algılaması sonucunda ortaya çıkan hataları içerir. Görüş kısıtlılığı, yanlış yön/havaalanı seçimi ve görsel yanılsama gibi durumlar bu kapsamdadır.
 - **Planlama Eksikliği:** Göreve hazırlık aşamasında yapılan eksiklikleri ya da yanlış değerlendirmeleri ifade eder. Yetersiz rota değerlendirmesi, hava koşullarının yeterince analiz edilmemesi veya alternatifsiz uçuş planlamaları bu temanın örneklerindedir.
 - **Fiziksel Çevre:** Bu tema, operasyonun gerçekleştirildiği fiziksel koşulların emniyete etkisini kapsar. Uçuş sırasında karşılaşılan hava durumu, pist durumu, görüş mesafesi, aydınlatma düzeyi, sıcaklık, gürültü gibi çevresel faktörlerin yetersizliği ya da değişkenliği, hata riskini artırabilir. Örneğin, düşük görüş koşullarında yeterli ışıklandırmanın olmaması veya yoğun rüzgâr altında iniş planlamasının uygun şekilde güncellenmemesi, mürettebatın algılamasını zorlaştırarak operasyonel kararları olumsuz etkileyebilir. Ayrıca, kokpit içi ergonomik zayıflıklar ya da dış çevreden gelen fiziksel stresörler, pilotların dikkat seviyesini düşürebilir ve bu durum, hata yapma olasılığını artıran kritik bir zemin oluşturur.
 - **Uygun Olmayan Operasyon Planlaması:** Üst düzey yöneticilerin, operasyonel kontrol otoritelerinin ya da denetim birimlerinin eksik veya hatalı uygulamaları sonucunda oluşan hatalardır. Bu, genellikle

"Emniyetsiz Yönetim" düzeyine karşılık gelir. Örnek olarak; eksik uçuş eğitimi döngüleri, prosedür dışı görevlendirmeler veya hatalı iş yükü dağılımı gösterilebilir.

- **Tema Eşleştirme ve İlişkilendirme:**
 - Elde edilen temalar, HFACS'in dört temel düzeyiyle eşleştirilerek her bir temanın organizasyonel yapı içerisindeki konumu belirlenmiştir.
- **Tematik Geçişlerin İzlenmesi:**
 - Bazı temaların birden fazla düzeyle ilişkili olduğu belirlenmiştir. Örneğin, "planlama eksikliği" hem bireysel (pilotaj seviyesinde), hem de örgütsel (operasyon planlaması) düzeyde etkili olabilmektedir. Bu gibi durumlarda temalar çok düzeyli nitelik taşıyacak şekilde yorumlanmıştır.

Düzenleme

Tema oluşturma sürecinde belirlenen kavramsal gruplar, araştırmanın kuramsal çerçevesini oluşturan Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) modeli ile doğrudan eşleştirilerek sistematik bir yapıya dönüştürülmüştür. Bu eşleştirme işlemi, kazalara yol açan hata türlerinin sadece adlandırılması değil, aynı zamanda bu hataların hangi düzeyde ortaya çıktığı, sistemin hangi katmanlarında etki gösterdiği ve nihai kazaya nasıl katkıda bulunduğuunun neden-sonuç ilişkisi içinde analiz edilmesini sağlamıştır.

HFACS modeli, insan hatasını dört ana düzeyde tanımlamaktadır:

1. Emniyetsiz Davranışlar (Unsafe Acts)
2. Emniyetsiz Davranışlara Yol Açan Ön Koşullar (Preconditions for Unsafe Acts)
3. Emniyetsiz Yönetim (Unsafe Supervision)
4. Örgütsel Etkiler (Organizational Influences)

Her bir tema, içerdiği davranış tipi, bağlamsal yönü ve sistem içindeki konumuna göre yukarıdaki katmanlardan biriyle eşleştirilmiştir. Bu düzenleme süreci, yalnızca tematik kümeleri yerleştirmekten ibaret olmayıp, aynı zamanda HFACS modelinin çok katmanlı hata zinciri yaklaşımını da görünür hale getirmeyi amaçlamıştır.

Örnek olarak:

- “İhlal” teması, Emniyetsiz Davranışlar düzeyine yerleştirilmiştir. Bu düzey, pilotların kasıtlı ya da kasıtsız şekilde sergilediği operasyonel hataları kapsar.
- “Fiziksel Faktörler” ve “Teknolojik Çevre” gibi temalar ise genellikle Ön Koşullar düzeyinde değerlendirilmiştir; çünkü bu tür hatalar, bireyin içinde bulunduğu fiziksel, psikolojik ya da çevresel şartlardan kaynaklanır.
- “Yönetimsel İhlaller”, tipik olarak Emniyetsiz Yönetim düzeyinde yer almakta olup, yöneticilerin ya da süpervizörlerin yetersiz müdahalesi veya hatalı kararlarıyla ilişkilendirilmiştir.
- “Örgütsel İklim” teması ise HFACS modelinin en üst düzeyi olan Örgütsel Etkiler altında sınıflandırılmıştır. Bu düzeye dahil olan unsurlar, kurum içi politikalar, prosedür eksiklikleri, eğitim stratejileri ve bütçe yetersizlikleri gibi yapısal sorunları kapsamaktadır.

Bu şekilde yapılan sistematik yerleştirme sayesinde, her bir hatanın yalnızca bireysel performansla sınırlı kalmadığı, aksine daha derin sistemsel nedenlerle etkileşim içinde geliştiği açık biçimde ortaya konulmuştur. Ayrıca bu yapı, HFACS’in temel varsayımı olan "hatalar zincirleme ve katmanlı olarak meydana gelir" anlayışını da desteklemektedir. Örneğin, bir “karar hatası” sadece pilotun bireysel hatası gibi görünse de, bu hatanın temelinde yetersiz yönetim (emniyetsiz yönetim) ve örgütsel iklim (örgütsel etkiler) bulunabilmektedir.

Sonuç olarak, düzenleme süreci tematik verilerin sadece sınıflandırılmasını değil, çok katmanlı yapısal bir çerçeve içine yerleştirilmesini de sağlamıştır. Bu süreç, verilerin HFACS’e entegre biçimde yorumlanmasını mümkün kılarak hem teorik geçerlilik hem de uygulama tutarlılığı açısından araştırmaya bütünlük kazandırmıştır.

- **Yorumlama:** Tematik yapının analizinden elde edilen bulgular, kazalarda rol oynayan insan faktörlerinin sadece bireysel hatalardan ibaret olmadığını, aksine bu hataların arkasında çoğunlukla sistematik ve yönetimsel eksikliklerin bulunduğunu ortaya koyacak biçimde yorumlanmıştır. Örneğin, sık tekrarlanan bir hata türü olan “karar hatası”, birçok vakada yetersiz eğitim politikaları, eksik denetim ve hatalı görev atama gibi üst düzey organizasyonel sorunlarla bağlantılı olarak değerlendirilmiştir.

Veri analiz süreci sadece yüzeysel hata türlerini tespit etmekle kalmamış; aynı zamanda bu hataların ardındaki sistemsal nedenleri ortaya çıkarmayı mümkün kılmıştır. HFACS modelinin sunduğu katmanlı yapı sayesinde, insan faktörleri kapsamındaki temaların hem yatay (aynı düzeydeki temalar arası) hem de dikey (farklı düzeyler arası) ilişkileri analiz edilmiş ve bu ilişkiler çerçevesinde daha kapsamlı çıkarımlarda bulunulmuştur.

2.5. Etik İlkeler

Bu araştırmada kullanılan tüm veriler, Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Ulaştırma Güvenlik Kurulu (NTSB) tarafından kamuya açık olarak yayımlanan, herkesin erişimine açık nihai kaza raporlarından elde edilmiştir. Söz konusu raporlar, bireylerin kimlik bilgilerini içermemekte; yalnızca olaylara ilişkin teknik ve operasyonel verileri, analiz bulgularını ve sistemsal değerlendirmeleri kapsamaktadır. Bu nedenle araştırma, kişisel verilerin korunmasına ilişkin herhangi bir risk barındırmadığı gibi, insan katılımcı içermediğinden dolayı etik kurul onayı gerektirmemektedir.

Bununla birlikte, araştırma sürecinde bilimsel araştırma ve yayın etiği ilkelerine titizlikle uyulmuştur. Özellikle;

- Verilerin özgünlüğü korunmuş, herhangi bir manipülasyon veya seçici alıntı yapılmamıştır.
- Kodlama ve analiz sürecinde şeffaflık esas alınarak, yorumlarda öznellikten kaçınılmıştır.
- Kullanılan her kaynak, atıf kurallarına uygun biçimde belirtilmiş; intihalden kaçınmak amacıyla tüm metinler orijinal biçimde oluşturulmuştur.
- HFACS modeli temel alınarak yapılan sınıflandırmalar, bilimsel literatür ile tutarlı bir şekilde yürütülmüştür.
- İkincil veri kullanımı kapsamında, araştırmanın hem hukuki hem de etik sorumlulukları gözetilmiştir.

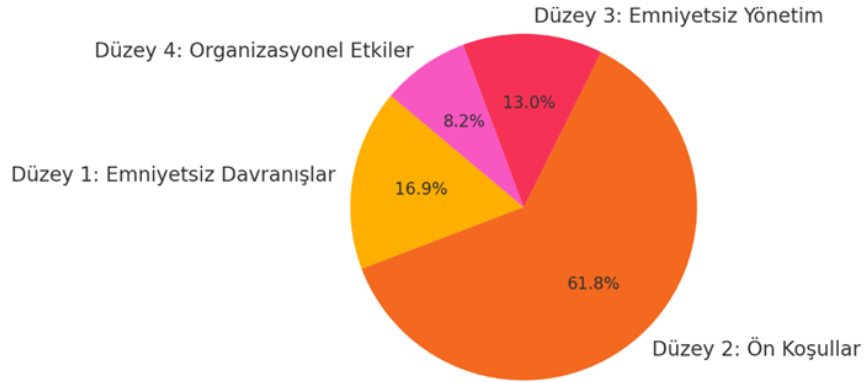
Araştırma süreci boyunca veri güvenliği, araştırmacı tarafsızlığı, şeffaf raporlama ve akademik dürüstlük ilkeleri temel alınmış, çalışmanın tüm aşamaları etik ilkelere uygun şekilde yürütülmüştür.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, 2020–2024 yılları arasında meydana gelen 57 havacılık kazasına ait veriler, HFACS modelinin dört düzeyine göre analiz edilmiştir. Her düzey için yapılan kodlamalar ayrı başlıklar altında değerlendirilmiş, kazalara yol açan insan faktörleri farklı kategoriler üzerinden incelenmiştir. Kodlamaların genel dağılımına bakıldığında, en yüksek oran %61,8 ile emniyetsiz davranışlara yol açan ön koşullar düzeyinde gerçekleşmiştir. Bunu %16,9 ile emniyetsiz davranışlar, %13,0 ile emniyetsiz yönetim ve %8,2 ile örgütsel etkiler izlemiştir. Bu dağılım, kazaların büyük ölçüde çevresel, ekip içi veya teknolojik koşullar gibi bireysel hatalara zemin hazırlayan etkenlerden kaynaklandığını göstermektedir. Her düzeyde öne çıkan bulgular, ilgili örneklerle birlikte aşağıda açıklanmıştır.

HFACS Düzeylerine Göre Genel Kodlama Dağılımı



Şekil 12. HFACS Düzeylerine Göre Genel Kodlama Dağılımı

3.1. Emniyetsiz Davranışlar (HFACS Düzey 1)

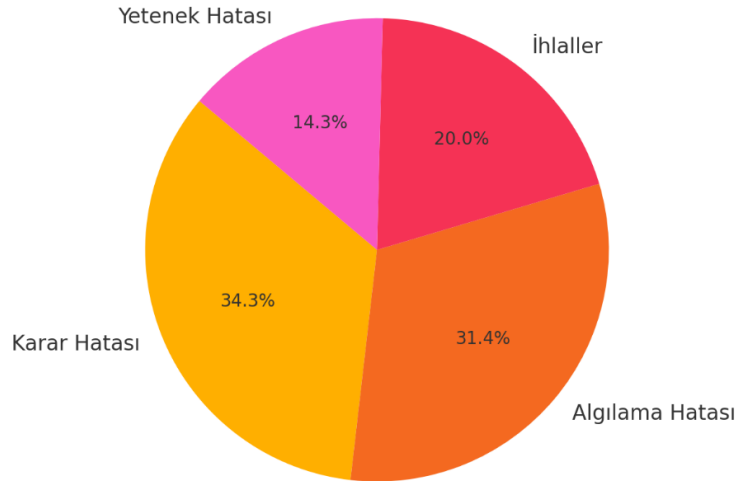
Bu araştırmada analiz edilen toplam 57 havacılık kazası kapsamında, HFACS modelinin ilk düzeyi olan Emniyetsiz Davranışlar başlığı altında toplam 35 ayrı kodlama yapılmıştır. Bu düzey, kazaların oluşumunda doğrudan etkili olan bireysel davranışsal hataları kapsamakta olup; karar hataları, yetenek yetersizlikleri, algılama sorunları ve prosedür ihlalleri gibi kritik insan faktörlerini içermektedir.

Emniyetsiz davranışlara ilişkin kodlama sonuçları aşağıda sunulmaktadır:

Tablo 4. HFACS Düzey 1: Emniyetsiz Davranışların Frekans ve Yüzde Dağılımı

Kategori	Frekans (n)	Yüzde (%)
Karar Hatası	12	34,3%
Algılama Hatası	11	31,4%
İhlaller	7	20,0%
Yetenek Hatası	5	14,3%
Toplam	35	100%

HFACS Düzey 1: Emniyetsiz Davranışlar



Şekil 13. HFACS Düzey 1: Emniyetsiz Davranış Türlerinin Dağılımı

Karar Hataları (n=12, 34,3%)

En sık karşılaşılan emniyetsiz davranış türü karar hataları olmuştur. Bu tür hatalar; pilotların operasyonel karar anlarında hatalı veya eksik değerlendirme yapmaları sonucu ortaya çıkmaktadır. Örneğin; yanlış piste yaklaşma, meteorolojik değerlendirmeyi göz ardı ederek uçuşa devam etme, türbülans bölgesinden kaçınmama gibi hatalar bu başlık altında sınıflandırılmıştır. Karar hatalarının sık görülmesi, özellikle durumsal farkındalık ve risk değerlendirme becerilerinin yeterince gelişmemiş olabileceğine işaret etmektedir.

Algılama Hataları (n=11, 31,4%)

İkinci en yaygın davranışsal hata türü algılama hatalarıdır. Bu kategori, uçuş ekibinin dış çevreyi (meteorolojik durum, diğer hava araçları, pist durumu) ya da uçak sistemlerini yanlış algılaması veya yorumlaması sonucu gelişen hataları kapsamaktadır. Bu tür hatalarda sıklıkla kokpit ekipmanlarının yanlış yorumlanması, görsel yanılsamalar, dikkat dağınıklığı veya uyarı eksikliği belirleyici rol oynamaktadır. Bu durum, uçuş esnasında duyuşal yüklenme, bilgi fazlalığı veya görsel-işitsel çelişkiler gibi faktörlerin etkili olduğunu göstermektedir.

İhlaller (n=7, 20,0%)

Üçüncü düzeyde yer alan ihlaller, personelin mevcut kural, prosedür ya da standart operasyon uygulamalarına bilinçli ya da bilinçsiz olarak uymamasını kapsamaktadır. Bu çalışmada HFACS (Human Factors Analysis and Classification System) modeli çerçevesinde gerçekleştirilen analizde, ihlaller rutin ve istisnai olarak ayrı kategorilerde ele alınmamış, her iki tür ihlal birlikte değerlendirilmiştir. Kontrol onayı alınmadan iniş yapılması, türbülans uyarılarına rağmen kabin içinde dolaşılması ya da prosedür dışı bir yaklaşma profilinin uygulanması gibi örnekler bu tür ihlal davranışlarına örnek olarak verilebilir.

Eğer bu tür ihlaller zamanla alışkanlık hâline gelmişse, bu durum sistemdeki temel sorunun daha üst yönetim düzeylerinde aranması gerektiğine işaret eder. Zira alışkanlık hâline gelen ihlaller çoğu zaman, kurallara uyum göstermeyen yöneticilerin denetiminde çalışan personel tarafından gerçekleştirilmektedir. Havacılık sektöründe,

olumsuz hava koşullarına rağmen uçuşların ısrarla sürdürülmesi, bu tür kurumsallaşmış ihlallere örnek olarak gösterilebilir (Shappell & Wiegmann, 2000).

HFACS modeline dayalı analizler, örgütsel düzeydeki aksaklıklar ile kokpit ekibinin ihlal davranışları arasında anlamlı ilişkiler olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle, örgütsel süreçlerdeki eksikliklerin varlığı durumunda kokpit ekibinin ihlal gerçekleştirme olasılığının yaklaşık üç kat arttığı belirlenmiştir (Dönmez, 2018).

Araştırmada yer alan son beş yıllık bulgulara göre, ihlal oranlarının önceki yıllara kıyasla kayda değer bir artış gösterdiği gözlemlenmektedir. Bu tür davranışların arkasında ise sıklıkla zaman baskısı, aşırı öz güven ya da örgütsel kültürde yerleşik hâle gelmiş tolerans gibi faktörlerin etkili olduğu görülmektedir.

Yetenek Hataları (n=5, 14,3%)

En az gözlemlenen kategori olan yetenek hataları, bireyin bilgi veya beceri düzeyinin görev gerekliliklerini karşılamadığı durumları ifade etmektedir. Bu tür hatalarda genellikle yeni veya deneyimsiz personelin karmaşık görevlerde zorlandığı, uçak sistemlerini yanlış yönettiği ya da beklenmeyen durumlara uygun tepki veremediği görülmüştür. Bu durum, eğitim sistemlerinin yeterliliği, iş başı gözlem süreçleri ve görevlendirme politikalarının önemini vurgulamaktadır.

Genel Değerlendirme

Bu düzeydeki bulgular, kazaların önemli bir bölümünün bireysel hatalardan kaynaklandığını göstermekle birlikte, bu hataların çoğunun bilişsel süreçler (karar verme ve algılama) kaynaklı olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, ihlal gibi daha sistemli davranış kalıplarının da dikkate değer oranda bulunması, bireysel hataların yalnızca kişisel eksikliklerden değil, aynı zamanda örgütsel tutum ve normlardan da etkilenebileceğine işaret etmektedir.

Bu bulgular, havacılık güvenliği açısından birey temelli önlemlerin (eğitim, farkındalık artırma) yanı sıra, kurumsal düzeyde davranış modellerini etkileyen faktörlerin de göz önünde bulundurulması gerektiğini göstermektedir.

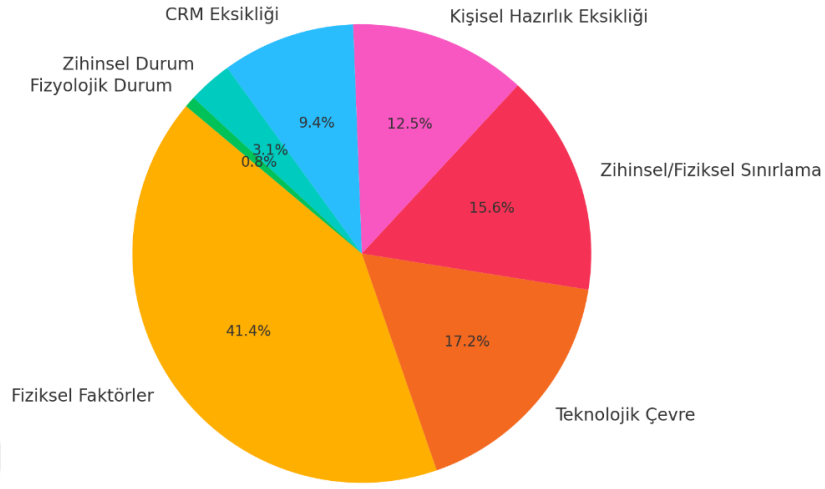
3.2. Emniyetsiz Davranışlara Yol Açan Koşullar (HFACS Düzey 2)

Araştırmada analiz edilen 57 havacılık kazasına ilişkin toplam 128 kodlama, HFACS modelinin ikinci düzeyi olan Emniyetsiz Davranışlara Yol Açan Koşullar kapsamında sınıflandırılmıştır. Bu düzeydeki faktörler, emniyetsiz davranışların ortaya çıkmasına zemin hazırlayan çevresel, fizyolojik, psikolojik ve ekip içi koşulları içermektedir. Kodlama sonuçları aşağıda sunulmuştur:

Tablo 5. HFACS Düzey 2: Emniyetsiz Davranışlara Yol Açan Koşulların Frekans ve Yüzde Dağılımı

Alt Kategori	Frekans (n)	Yüzde (%)
Fiziksel Faktörler	53	41,4%
Teknolojik Çevre	22	17,2%
Zihinsel/Fiziksel Sınırlama	20	15,6%
Kişisel Hazırlık Eksikliği	16	12,5%
CRM Eksikliği	12	9,4%
Zihinsel Durum	4	3,1%
Fizyolojik Durum	1	0,8%
Toplam	128	100%

HFACS Düzey 2: Emniyetsiz Davranışlara Yol Açan Koşullar



Şekil 14. HFACS Düzey 2: Emniyetsiz Davranışlara Yol Açan Koşulların Dağılımı

Fiziksel Faktörler (n=53, %41,4)

Bu alt kategori, incelenen kazalarda en yüksek frekansa sahip faktör olarak öne çıkmaktadır. Fiziksel faktörler, uçuş ortamına ilişkin dışsal koşulları ifade etmekte olup, analiz edilen olayların büyük çoğunluğunda türbülans başat unsur olarak tespit edilmiştir. Türbülansın, hem kokpit ekibi hem de kabin personeli açısından ciddi oranda kontrol kaybına, yaralanmalara ve ikincil operasyonel hatalara yol açtığı görülmüştür. Bu durum, uçuş emniyetinin yalnızca insan performansına değil, aynı zamanda dış çevresel koşullara karşı alınan önlemlerin yeterliliğine de bağlı olduğunu göstermektedir. Golding (2000), türbülansın ticari havacılıkta mürettebat ve yolcu yaralanmalarının en yaygın nedenlerinden biri olduğunu ve operasyonel süreçler üzerinde ciddi etkiler yarattığını belirtmektedir.

Teknolojik Çevre (n=22, %17,2)

Teknolojik çevre kategorisi, uçuş esnasında kullanılan araç, sistem ve sensörlerle ilgili yetersizlikleri kapsamaktadır. Bu bağlamda en sık karşılaşılan problem, hava

radarlarının türbülans oluşturan bulut yapılarını ya hiç göstermemesi ya da eksik göstermesi olmuştur. Radarın, yalnızca yağış bulutlarını algılayabilmesi, tehlikeli fakat yağışsız (örneğin kuru konvektif) türbülans bölgelerinin tespitini güçleştirmekte; bu durum, uçuş ekibinin önleyici karar alma kapasitesini sınırlamaktadır. Elde edilen bulgular, teknolojik sistemlerin algı sınırlılıklarının, özellikle ani türbülans gibi çevresel risklerin doğru şekilde yönetilmesini engellediğini ortaya koymaktadır.

Zihinsel/Fiziksel Sınırlama (n=20, %15,6)

Bu alt kategori, insan performansını sınırlayan bilişsel ve fizyolojik kapasite sınırlarını kapsamaktadır. Çalışmada analiz edilen kazaların önemli bir bölümünde, özellikle şiddetli türbülans anlarında ayakta bulunan kabin görevlilerinin fiziksel olarak kendilerini koruyamayacak durumda olmaları, bu başlık altında öne çıkan temel tema olmuştur.

Bu tür durumlar, bireyin görevine ilişkin bilgi eksikliği ya da yanlış uygulamalarından ziyade, tamamen çevresel koşulların insanın biyomekanik ve refleksif kapasitesini aşan etkileri nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Örneğin, türbülansın uyarı süresinin olmaması ya da etkisinin ani başlaması durumunda, ayakta bulunan kabin personelinin emniyetli pozisyona geçme ya da kendini sabitleme yönünde herhangi bir eylem gerçekleştirmesi fiziksel olarak mümkün olmamaktadır. Bu bağlamda ortaya çıkan sınırlama, bireysel kontrol alanının dışındadır ve sistemsel açıdan insanın dayanıklılığı ve korunabilirliği sorunsalı çerçevesinde değerlendirilmelidir.

Bu bulgular, havacılık operasyonlarında yalnızca bireysel hazırlık ya da prosedürel bilgi yeterliliğinin değil, aynı zamanda mürettebatın fiziksel güvenliğini korumaya yönelik sistem ve zamanlama düzenlemelerinin de ne denli kritik olduğunu göstermektedir. Özellikle iniş hazırlık zamanlaması, türbülans tahmin kapasitesi, uyarı sistemlerinin yeterliliği gibi unsurların göz ardı edilmesi, insan performansının sınırlarını aşan risk durumlarını ortaya çıkarabilmektedir. Dolayısıyla, bu kategori altında değerlendirilen olaylar, insan faktörleri literatüründe sıkça vurgulanan "fiziksel sınırlılıklar bağlamında sistemin insana uyumu" ilkesini bir kez daha gündeme getirmektedir.

Kişisel Hazırlık Eksikliği (n=16, %12,5)

Bu kategori, mürettebatın uçuş öncesi veya uçuş sırasındaki bireysel hazırlık düzeyinin yetersizliğine işaret etmektedir. Analiz edilen kazalarda, özellikle operasyonel brief eksiklikleri, güncellenmemiş prosedür bilgisi ve yeterince öngörülemez uçuş koşullarına karşı hazırlıksızlık öne çıkmıştır. Örneğin, bazı durumlarda kabin memurlarının türbülans ihtimaline karşı yeterince bilgilendirilmemesi ya da önlem almadan görevlerini sürdürmeleri, hazırlıksız yakalanmalarına ve güvenlik risklerinin artmasına neden olmuştur. Bu durum, bireysel düzeyde hataların yalnızca anlık dikkatsizlikten değil, hazırlık sürecinin yetersizliğinden de kaynaklanabileceğini göstermektedir.

CRM Eksikliği (n=12, %9,4)

CRM (Crew Resource Management) eksikliği, kokpit ve kabin ekipleri arasındaki bilgi akışının zayıflığı, görev paylaşımında belirsizlik ve karar alma süreçlerinde iletişim yetersizliği gibi unsurları içermektedir. Kodlanan vakalarda, türbülans gibi ani gelişen durumlarda ekip üyeleri arasında koordinasyon eksikliği yaşandığı; bunun da güvenlik kararlarının zamanında alınmasını engellediği gözlemlenmiştir.

Zihinsel Durum (n=4, %3,1)

Zihinsel durum başlığı altında, mürettebatın bilişsel süreçlerini olumsuz etkileyen stres, anksiyete veya dikkat dağınıklığı gibi psikolojik faktörler yer almaktadır. Bu kategori, frekans açısından düşük olsa da, özellikle türbülans ve hava kaynaklı acil durumlar sırasında bu tür faktörlerin karar sürecine doğrudan etki ettiği bazı örneklerde açıkça gözlemlenmiştir.

Fizyolojik Durum (n=1, %0,8)

Nadir gözlemlenen bu kategori, mürettebatın fiziksel sağlık durumunun görev performansını olumsuz etkilediği durumları kapsamaktadır. Tek bir olayda, kabin görevlisinin uçuş sırasında yaşadığı ani fiziksel rahatsızlık, hem kendi güvenliğini hem de yolcu güvenliğini tehlikeye atabilecek bir risk yaratmıştır.

Genel Değerlendirme

Emniyetsiz davranışlara yol açan koşullar düzeyinde elde edilen bulgular, kazaların önemli bir kısmının bireysel hatalardan çok, çevresel ve sistemik risk faktörlerinin etkisiyle oluştuğunu göstermektedir. Özellikle türbülans gibi çevresel koşulların sıklıkla kodlanması ve buna karşı radar sistemlerinin yetersizliği, bireyin hata yapma olasılığını artıran temel dışsal riskler olarak öne çıkmaktadır.

Bu sonuçlar, sadece uçucu personelin eğitimi ve bireysel yeterliliklerinin değil, aynı zamanda çevresel farkındalığın artırılması, teknolojik sistemlerin iyileştirilmesi ve görev planlamasında öngörülebilirliğin artırılması gerektiğine işaret etmektedir.

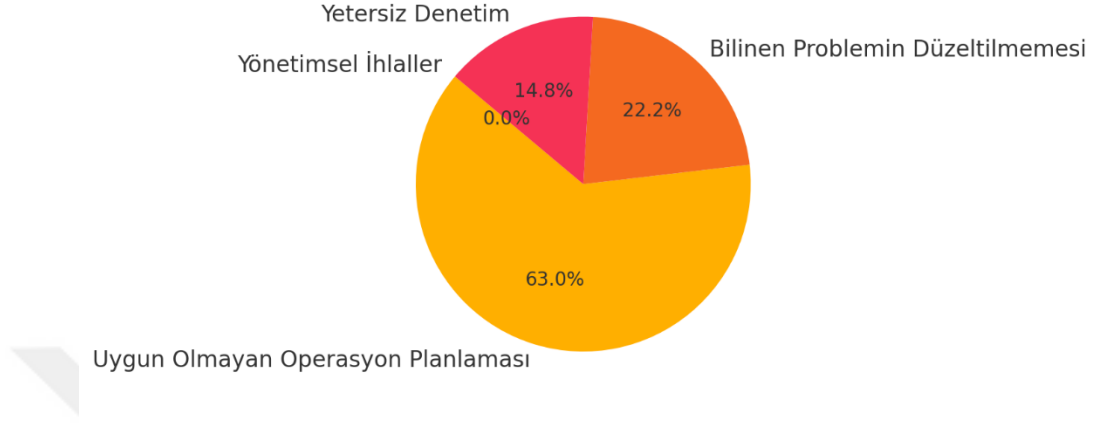
3.3. Emniyetsiz Yönetim (HFACS Düzey 3)

Bu düzey, emniyetsiz davranışların ve ön koşulların sistematik olarak önlenememesi veya yanlış yönlendirilmesi durumlarını kapsamaktadır. Araştırma kapsamında yapılan 27 kodlama, denetim ve yönetim düzeyindeki eksikliklerin kazaların oluşumundaki rolünü ortaya koymaktadır. Aşağıda, her bir alt kategoriye dair bulgular detaylandırılmıştır:

Tablo 6. HFACS Düzey 3: Emniyetsiz Yönetim Faktörlerinin Frekans ve Yüzde Dağılımı

Kategori	n	Yüzde (%)
Uygun Olmayan Operasyon Planlaması	17	63,0%
Bilinen Problemin Düzeltilmemesi	6	22,2%
Yetersiz Denetim	4	14,8%
Yönetimsel İhlaller	0	0,0%
Toplam	27	100%

HFACS Düzey 3: Emniyetsiz Yönetim



Şekil 15. HFACS Düzey 3: Emniyetsiz Yönetim Faktörlerinin Dağılımı

Uygun Olmayan Operasyon Planlaması (n=17, %63,0)

Bu kategori, görev öncesi veya uçuş sürecinde yapılan operasyon planlamalarının, riskleri yeterince öngörmeyen ya da gerçekçi olmayan biçimde yapılandırılmasından kaynaklanan eksiklikleri kapsamaktadır. Kodlanan olayların büyük çoğunluğunda, planlama sürecinde türbülanslı hava şartlarının göz ardı edilmesi, alternatif iniş senaryolarının oluşturulmaması, görev saatlerinin operasyonel yorgunluğu tetikleyecek biçimde düzenlenmesi gibi unsurlar ön plana çıkmıştır. Bu bulgular, havayolu yönetimlerinin operasyonel planlamada yalnızca teknik değil, aynı zamanda insan performans kapasitesini ve çevresel değişkenleri dikkate alan çok katmanlı değerlendirmeler yapması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bilinen Problemin Düzeltilmesinde Başarısızlık (n=6, %22,2)

Bu kategori, daha önce gözlemlenmiş veya raporlanmış operasyonel risklerin, sistemli biçimde giderilmemesi durumlarını kapsamaktadır. Analiz edilen kazalarda, aynı uçuş rotasında daha önce bildirilen türbülans uyarılarının dikkate alınmaması, teknik

arızalarla ilgili bakım taleplerinin karşılanmaması ya da eğitimsel zafiyetlerin devam etmesi gibi durumlar bu başlık altında yer almıştır. Bu bulgu, organizasyon içinde geri bildirim mekanizmalarının işlerliğinin sınırlı olduğunu ve öğrenen organizasyon anlayışının yeterince kurumsallaşmadığını göstermektedir.

Yetersiz Denetim (n=4, %14,8)

Yetersiz denetim, yöneticilerin görev atama, performans izleme, eğitim sürekliliği ve prosedürlerin uygulanmasına yönelik kontrol süreçlerinde yetersiz kalmasını ifade etmektedir. Kodlanan olaylarda, mürettebatın yeterlilik durumunun göz ardı edilerek uçuşa gönderilmesi, eğitim döngülerinin düzensizliği veya riskli hava koşullarına rağmen uçuşun onaylanması gibi durumlar gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, yönetim kademesinin yalnızca planlama değil, uygulama ve gözetim süreçlerinde de aktif sorumluluk alması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Yönetimsel İhlaller (n=0, %0,0)

İncelenen örnekte, yönetim kademesinin mevcut düzenlemeleri bilerek ve isteyerek ihlal ettiğine dair açık bir bulguya rastlanmamıştır. Ancak bu durum, bu tür ihlallerin sistematik olarak hiç gerçekleşmediğini değil; analiz edilen 57 kazada bu tip durumlara dair yeterli açık veri sunulmadığını göstermektedir.

İncelenen örnekte, yönetim kademesinin mevcut düzenlemeleri bilerek ve isteyerek ihlal ettiğine dair herhangi bir bulguya rastlanmamıştır. Bu durum, söz konusu türden ihlallerin analiz edilen kazalarda hiç gerçekleşmediği anlamına gelmemekte; daha çok, raporlarda bu tür davranışları doğrudan ortaya koyacak nitelikte yeterli veri bulunmadığını göstermektedir. Dolayısıyla, yönetim düzeyinde ihlal temelli hataların %0 oranında çıkması, veriye erişim kısıtı bağlamında değerlendirilmelidir.

Genel Değerlendirme

HFACS'in üçüncü düzeyi olan Emniyetsiz Yönetim başlığı altındaki bulgular, kazaların yalnızca operasyonel değil, aynı zamanda organizasyonel karar yapılarındaki zaafiyetlerden de kaynaklanabileceğini ortaya koymaktadır. Özellikle operasyon

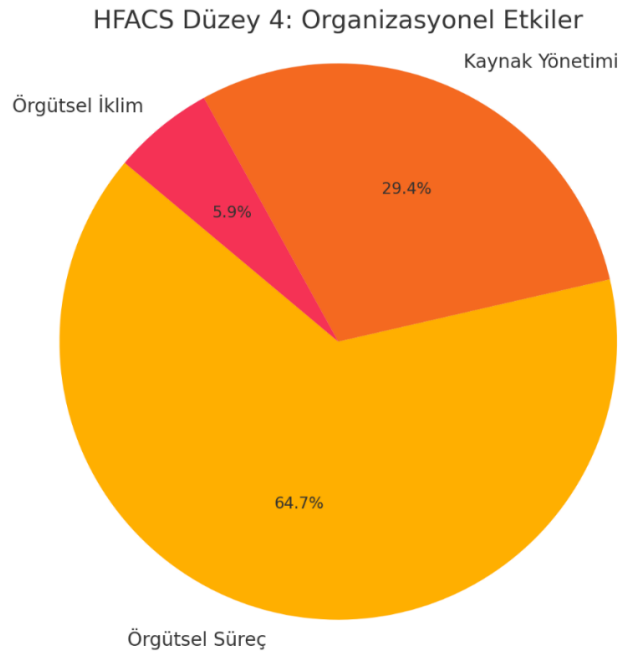
planlamasında yapılan stratejik hatalar, uçuş ekiplerini riskli ortamlara yönlendirmekte ve bireysel hata olasılığını artırmaktadır. Bu durum, uçuş güvenliğinin yalnızca birey temelli değil, aynı zamanda kurumsal gözetim ve stratejik yönetim düzeyinde de ele alınması gerektiğine işaret etmektedir.

3.4. Organizasyonel Etkiler (HFACS Düzey 4)

HFACS modelinin dördüncü düzeyi olan Organizational Influences, bireysel hataların arkasında yatan sistemsel ve yapısal etkenleri analiz etmeyi amaçlamaktadır. Düzey 4 kapsamında yapılan 17 kodlama, örgüt yapılarının ve kurumsal politikaların kazalar üzerindeki dolaylı fakat belirleyici etkisini ortaya koymaktadır.

Tablo 7. HFACS Düzey 4: Organizasyonel Etkilerin Frekans ve Yüzde Dağılımı

Kategori	n	Yüzde (%)
Örgütsel Süreç	11	64,7%
Kaynak Yönetimi	5	29,4%
Örgütsel İklim	1	5,9%
Toplam	17	100%



Şekil 16. HFACS Düzey 4: Organizasyonel Etkilerin Dağılımı

Örgütsel Süreçler (n=11, %64,7)

Bu alt kategori, kurum içi prosedürlerin, politikaların ve operasyonel standartların yetersizliği veya işlevsizliğiyle doğrudan ilişkilidir. Kodlanan vakalarda, standart işletim prosedürlerinin yetersiz tanımlanması, kriz anlarında başvurulacak sistemli uygulamaların eksikliği ve prosedürlerin saha uygulamalarıyla uyumsuzluğu gibi sorunlar tespit edilmiştir. Bu bulgular, örgütlerin yalnızca prosedür üretmekle değil, aynı zamanda bu prosedürlerin uygulanabilirliğini ve sahadaki karşılığını da gözetmekle sorumlu olduklarını ortaya koymaktadır. Özellikle türbülans gibi öngörülemeyen durumlarda kabin ve kokpit prosedürleri arasında eşgüdüm eksikliği bu başlık altında sıkça karşılaşılan bir temadır.

Kaynak Yönetimi (n=5, %29,4)

Kaynak yönetimi, kurumun personel, ekipman, zaman ve finansal kaynakları ne ölçüde etkin ve yeterli biçimde kullandığını sorgulayan bir kategoridir. Kodlanan olaylarda, özellikle yetersiz mürettebat planlaması, ekipman eksiklikleri ve operasyonel baskı nedeniyle esnekliği sınırlı görev dağılımları gibi faktörler öne çıkmıştır.

Bu bulgu, uçuş güvenliğinin sadece birey temelli yeterliliklerle değil, organizasyonun sunduğu yapısal destek unsurlarıyla da doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir.

Örgütsel İklim (n=1, %5,9)

Bu kategori, kurum kültürü, liderlik anlayışı, emniyet önceliği ve iletişim normları gibi yapısal ancak ölçülmesi zor etkenleri içermektedir. Kodlanan tek olayda, organizasyonun güvenlikten ziyade zamanlama ve performans hedeflerine odaklandığı bir yönetim yaklaşımı, karar alma süreçlerini olumsuz etkilemiştir. Bu durum, kurumsal iklimin operasyonel kararlar üzerindeki dolaylı etkisini göstermesi açısından dikkate değerdir. Her ne kadar az sayıda vakada doğrudan tespit edilmiş olsa da, örgütsel iklimin uzun vadede güvenlik kültürü oluşturmadaki etkisi yadsınamaz.

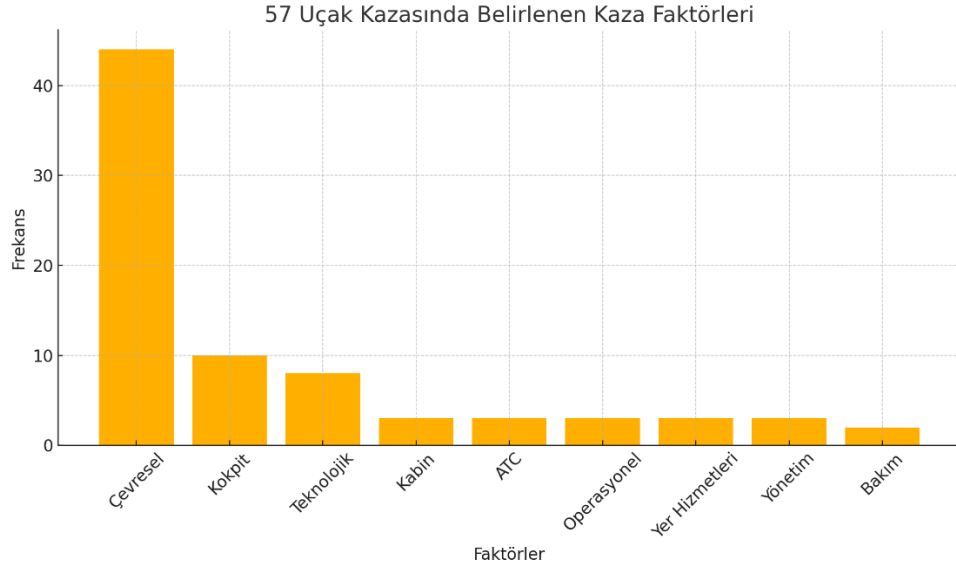
Genel Değerlendirme

HFACS Düzey 4 kapsamında elde edilen bulgular, havacılık kazalarının yalnızca bireysel ya da doğrudan yönetimsel hatalardan değil, kurumun yapısal eksikliklerinden de kaynaklandığını göstermektedir. Özellikle örgütsel süreçlerin işlevselliği, yani üretilen prosedürlerin sahada uygulanabilir olup olmaması, kazalara dolaylı fakat ciddi katkı sağlamaktadır.

Bu sonuçlar, havayolu işletmelerinde süreç tasarımı, kaynak planlaması ve güvenlik önceliklendirmesi gibi stratejik yönetim alanlarının, uçuş güvenliğinin temel belirleyicileri arasında yer aldığını ortaya koymaktadır. Bu düzeydeki hatalar, genellikle bireysel kararların ötesinde, sistemin genel işleyişine dair yapısal sorunlara işaret etmektedir.

3.5. Kaza Faktörlerinin HFACS Kapsamında Değerlendirilmesi

Yapılan analizlerde, incelenen 57 kazanın büyük çoğunluğunda birden fazla nedensel faktörün eşzamanlı olarak etkili olduğu tespit edilmiştir. Örneğin, bazı kazalarda hem kokpit kaynaklı insan hataları hem de çevresel koşulların olumsuzluğu (özellikle türbülans) birlikte rol oynamıştır. İnceleme sonucunda; 44 çevresel, 10 kokpit, 8 teknolojik, 3'er kabin, hava trafik kontrol (ATC), operasyonel, yer hizmetleri ve yönetim, 2 bakım faktörü olmak üzere çok çeşitli nedenlerin kazalara katkı sağladığı belirlenmiştir. Çevresel faktörler arasında türbülans, en belirgin tekrar eden unsur olarak öne çıkmakta; bu da uçuş emniyeti açısından dış koşulların ne denli kritik olduğunu göstermektedir. Bulgular, kazaların tek bir insan hatasına veya sistem arızasına indirgenemeyeceğini; tersine, farklı HFACS düzeylerinde yer alan birçok faktörün etkileşim hâlinde çalıştığını ortaya koymaktadır. Bu çoklu nedenlilik durumu, HFACS modelinin çok katmanlı yapısının neden önemli olduğunu bir kez daha vurgulamakta; kazaların önlenmesinde bütüncül ve entegre bir güvenlik yönetimi anlayışının benimsenmesini zorunlu kılmaktadır.



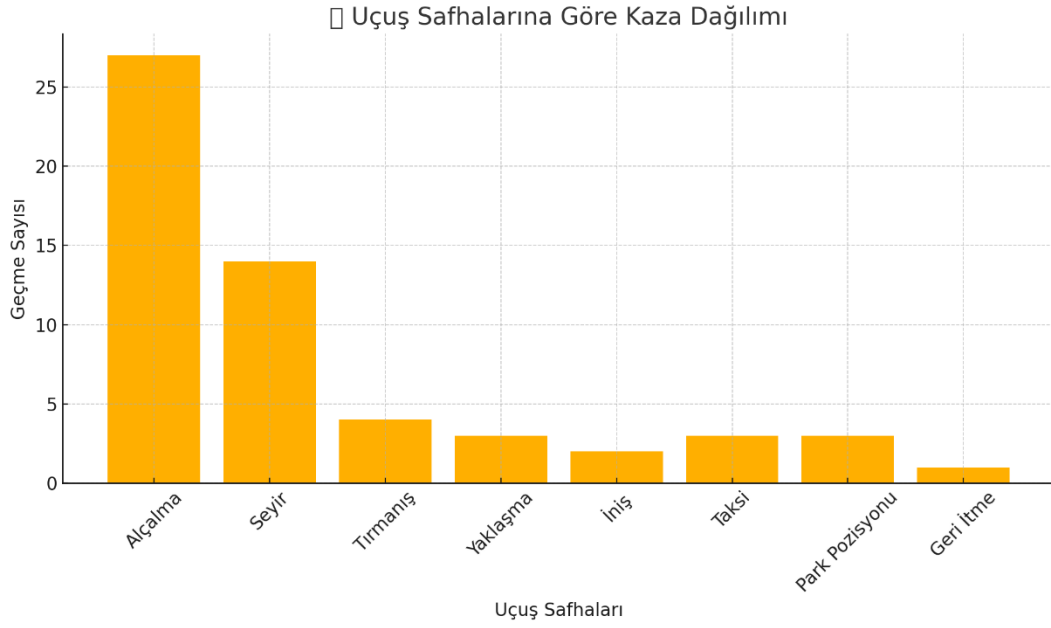
Şekil 17. 57 Uçak Kazasında Belirlenen Kaza Faktörlerinin Frekans Dağılımı

3.6. Uçuş Safhalarına Göre Kaza Dağılımı ve Çevresel Etkenlerle İlişkisi

Yapılan incelemede, 57 kazanın uçuş safhalarına göre dağılımında belirgin bir yoğunlaşma alçalma safhasında görülmüştür. Alçalma evresi, 27 kez geçerek açık ara en yüksek kazaya neden olan safha olurken; bunu seyir (14 kez) ve tırmanış (4 kez) evreleri takip etmektedir. Uçuşun daha az karmaşık kabul edilen taksi, park pozisyonu ve geri itme gibi yer safhalarında ise görece sınırlı sayıda kaza meydana gelmiştir.

Bu bulgu, HFACS modelinin ikinci düzeyi olan "Ön Koşullar" kategorisiyle doğrudan ilişkilidir. Özellikle çevresel koşulların —başta türbülans olmak üzere— alçalma ve yaklaşma gibi uçuşun kritik evrelerinde daha sık karşılaşıldığı bilinmektedir. Alçalma sırasında atmosferik istikrarsızlıklar, görüş kısıtlamaları ve trafik yoğunluğu gibi faktörler, pilotların karar alma süreçlerini doğrudan etkileyerek emniyetsiz davranışların tetikleyicisi hâline gelebilmektedir. HFACS'in sistematik yapısı içinde bu safha, çevresel faktörlerle insan hatasının etkileştiği bir risk noktası olarak değerlendirilmelidir.

Dolayısıyla, kazaların yalnızca bireysel hatalardan değil; bu hataları kolaylaştıran uçuş bağlamı ve operasyonel çevreden kaynaklandığı sonucuna ulaşılmaktadır. Alçalma safhasındaki bu yoğunluk, eğitim, prosedür geliştirme ve hava durumu farkındalığı gibi konularda alana özgü önleyici stratejilerin gerekliliğine işaret etmektedir.



Şekil 18. Uçuş Safhalarına Göre Kaza Dağılımı

3.7. TARTIŞMA

Bu araştırma kapsamında, HFACS modelinin dört düzeyi esas alınarak gerçekleştirilen analizler, havacılık kazalarının yalnızca bireysel hatalardan değil; çok katmanlı, sistem odaklı nedenlerden kaynaklandığını ortaya koymaktadır. Bulgular, bireysel davranışların çoğu zaman kazaların son halkasını oluşturduğunu; bu davranışlara zemin hazırlayan çevresel, yönetsel ve örgütsel faktörlerin ise olayların oluşum sürecinde belirleyici rol oynadığını göstermektedir.

Bu çok katmanlı yapıyı açıklamak adına Reason'ın İsviçre Peynir Modeli ile karşılaştırıldığında, kazaların genellikle tek bir hatadan değil, savunma katmanlarındaki (organizasyonel, yönetsel, çevresel) eşzamanlı zafiyetlerden kaynaklandığı görülmektedir (Reason, 1997). Her bir HFACS düzeyinde saptanan eksiklikler, bu savunma katmanlarının delinmesine neden olarak, nihai olarak bireysel hataların sonuç doğurmasına yol açmaktadır.

Ayrıca, kazaların yüzeyde raporlanan nedenlerin ötesinde daha derin sistemsel problemlere dayandığı düşünüldüğünde, Dekker'in (2002) vurguladığı "Buz Dağı Metaforu" kavramsallaştırması da önem kazanmaktadır. Görünen bireysel hatalar yalnızca buz dağının ucu niteliğinde olup, altında yatan organizasyonel, kültürel ve

yönetmelikler çoğu zaman raporlanmamakta ya da fark edilmemektedir. Bu durum, rapor kısıtlılığına bağlı olarak, kazaların nedenlerinin bütüncül şekilde değerlendirilememesine yol açabilmektedir.

Araştırma kapsamında elde edilen bulgular doğrultusunda, ön koşullar düzeyi, kazaların oluşum sürecinde en belirleyici faktörler arasında öne çıkmaktadır. HFACS sistematigi içerisinde, çevresel koşullar, insan-makine arayüzleri, ekip dinamikleri ve bireysel performans sınırlılıkları gibi değişkenlerin bir araya geldiği bu düzeyin, kazaların yaklaşık %61,8'ine etki ettiği tespit edilmiştir. Bu bulgu, Shappell ve Wiegmann (2000) tarafından geliştirilen HFACS çerçevesinde ön koşulların, sistemik riskleri barındıran ve bireysel hataları şekillendiren temel ortam olduğunu belirten yaklaşım ile tutarlıdır.

Emniyetsiz Davranışlar Düzeyi

Araştırma kapsamında elde edilen veriler, emniyetsiz davranışlar düzeyinde en sık karşılaşılan faktörlerin karar ve algılama hataları olduğunu ortaya koymuştur. Türbülanslı bölgelerden kaçınmama, yanlış piste yaklaşma gibi karar hataları, durumsal farkındalık eksikliğiyle ilişkilendirilmiştir. Algılama hatalarında ise dikkat dağınıklığı ve kokpit göstergelerinin yanlış yorumlanması gibi bilişsel hatalar ön plana çıkmaktadır.

Bu sonuçlar, Endsley'in (1995) durumsal farkındalık modeli ile büyük ölçüde örtüşmektedir. Benzer şekilde, Demirhan (2024) tarafından yapılan çalışmada incelenen kazaların %60'ında karar hataları ve %45'inde algılama hatalarının tespit edildiği belirtilmiştir. Bu oranlar, bu çalışmada ulaşılan oranlarla paralellik göstermektedir. Dönmez (2018) de HFACS temelli analizinde, bilişsel yükün ve bilgi akışının pilotların karar alma süreçleri üzerindeki etkisine vurgu yaparak, algılama ve değerlendirme hatalarının olayların başlıca nedenlerinden biri olduğunu ifade etmiştir.

Tamer (2021) tarafından Tenerife Uçak Kazası'na ilişkin yapılan analizde, karar hatalarının yanı sıra iletişim eksikliği ve zaman baskısının da pilot davranışları üzerinde belirleyici olduğu ifade edilmiştir. Bu durum, çalışmamızda stres ve dikkat bölünmesi gibi etkenlerin vurgulanması ile uyumludur.

Ön Koşullar Düzeyi

Çalışma bulgularına göre, ön koşullar düzeyi en yoğun kodlamaların gerçekleştiği düzey olmuş ve çevresel faktörlerin etkisi açık biçimde gözlemlenmiştir. Türbülans, radar yetersizlikleri, kokpit koşulları gibi çevresel baskılar, bireysel hataların temel hazırlayıcısı olarak öne çıkmıştır. Özellikle türbülans esnasında ayakta bulunan kabin görevlilerinin yaralanmaları, sistemin bu durumları öngörmekte ve önlemek üzere yeterli önlemler geliştiremediğini göstermektedir.

Bu bulgular, Reason'ın İsviçre Peyniri Modeli'nde belirtilen savunma katmanlarının eksikliğiyle örtüşmektedir. Dönmez (2018), benzer şekilde kuru türbülans gibi tahmin edilemeyen koşulların, pilotların hatalı kararlar almalarına neden olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca radarların sadece yağışlı hava kütlelerini gösterebilmesi nedeniyle kuru türbülansın algılanamaması, teknolojik sınırlılıkların karar süreçlerini olumsuz etkilediğini göstermektedir.

Demirhan (2024) çalışmasında, çevresel faktörlerin kazaların %40'ında doğrudan etkili olduğu ifade edilmiştir. Bu oran, bu araştırmanın sonuçları ile tutarlılık göstermekte olup, uçuş ortamındaki dışsal koşulların kazaların oluşumunda kritik rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Emniyetsiz Yönetim Düzeyi

Bu düzeyde elde edilen bulgular, uçuş operasyonlarının planlama aşamasındaki stratejik eksikliklerin kazalara zemin hazırladığını göstermektedir. Türbülans raporlarının yeterince dikkate alınmaması, alternatif senaryoların geliştirilmemesi ve bilinen problemlerin düzeltilmemesi gibi unsurlar, yönetsel düzeyde önemli açıklar olduğunu ortaya koymuştur.

ICAO'nun (2021) Safety Management Manual'ında vurgulanan "proaktif güvenlik yönetimi" ilkeleri ile bu bulgular arasında belirgin bir çelişki olduğu görülmektedir. Dönmez (2018), yönetsel eksikliklerin doğrudan bireysel hatalara neden olabileceğini, yönetim kaynaklı ihlallerin emniyetsiz davranışlarla ilişkili olduğunu istatistiksel olarak ortaya koymuştur. Benzer biçimde Demirhan (2024) çalışmasında da kazaların yaklaşık %30'unda yönetsel faktörlerin rol oynadığı bildirilmiştir.

Bu bulgular, yönetimin güvenlik kültürünü yapılandırmadaki yetersizliğini ve emniyet süreçlerini sistematik bir biçimde izlemede eksiklik olduğunu ortaya koymakta, dolayısıyla kazaların yalnızca operasyonel değil, stratejik birer problem olduğunu düşündürmektedir.

Organizasyonel Etkiler Düzeyi

Organizasyonel düzeyde tespit edilen en önemli sorun, prosedürlerin uygulanabilirliğindeki eksiklik ve kaynak yönetimindeki yetersizliktir. Emniyet prosedürlerinin yalnızca var olması değil, personel tarafından anlaşılması ve uygulanabilir olması gerekmektedir. Ayrıca zaman, ekipman ve personel planlamasındaki aksaklıkların da bireysel hatalara zemin hazırladığı tespit edilmiştir.

Tamer (2021), Tenerife kazası analizinde organizasyonel düzeydeki iletişim ve otorite problemlerinin doğrudan kazaya etkisi olduğunu belirtmiştir. Bu bulgu, bu çalışmadaki örgütsel iklim ve süreç eksikliklerini desteklemektedir. Dönmez (2018) de organizasyonel eksikliklerin doğrudan “planlanmış uygun olmayan operasyonlar” ile bağlantılı olduğunu ifade etmiştir.

Bu düzeyde elde edilen bulgular, havacılık emniyetinin bireysel becerilerin ötesinde kurumsal yapıların işleyişine bağlı olduğunu göstermektedir.

Genel Değerlendirme

İncelenen raporlardan anlaşılmaktadır ki, kazalarda etkili olan faktörlerin yaklaşık %61,8’i ön koşullar düzeyinde, yani çevresel ve sistem kaynaklı etkenlerde yoğunlaşmaktadır. Bu kapsamda, fiziksel çevre faktörleri arasında türbülansın önemli bir yer tuttuğu görülmektedir. Türbülans, pilotların uçuş sırasında karşılaştığı ani ve beklenmedik hava hareketleri nedeniyle dikkat ve karar alma süreçlerini olumsuz etkileyebilmekte; bu durum, pilotların durumsal farkındalığını azaltarak hata yapma riskini artırmakta ve ekip kaynak yönetimi (CRM) süreçlerinde iletişim ile koordinasyon sorunlarına yol açabilmektedir. Böylece türbülans gibi çevresel etkenler, bireysel performansı doğrudan etkilemesinin yanı sıra, dolaylı yoldan ekip içi etkileşimi zayıflatarak havacılık güvenliği açısından kritik riskler oluşturduğu ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, sadece bireysel becerilerin geliştirilmesi değil, insan-

makine-örgüt etkileşimini bütüncül olarak ele alan sistem yaklaşımları, havacılık emniyetinin temel taşıını oluşturmaktadır.

Bu bağlamda, HFACS modeli ile gerçekleştirilen çalışmalar, kazaların sistematik analizinde etkili sonuçlar vermektedir. Örneğin, Avcı ve Ercan (2022) tarafından 2003-2017 yılları arasında gerçekleşen 59 Türk sivil havacılık kazasında, ekip kaynak yönetimi sorunlarının %41,4 oranında belirleyici olduğu ortaya konulmuştur. Ekip içi iletişim ve koordinasyon eksikliklerinin, havacılık güvenliğinde ciddi zafiyetlere yol açtığı bu çalışma ile doğrulanmıştır.

Benzer şekilde, Gümüş ve Kılıç (2020) 2015-2020 yılları arasında gerçekleşen 30 ticari gece uçuşu kazasında insan faktörlerini incelediklerinde; fiziksel çevrenin %63,33, yetenek hatalarının %33,33, karar hatalarının %26,66 ve teknolojik çevrenin %13,3 oranında etkili olduğunu belirlemişlerdir. Bu bulgular, özellikle gece uçuşlarında çevresel koşulların ve insan becerilerinin kazalar üzerindeki etkisini göstermektedir.

Gündoğdu ve Kılıç (2020) tarafından 2010-2020 yılları arasında meydana gelen 15 hava kargo uçağı kazasında yapılan incelemede ise, yetenek hatalarının %53,3, yetersiz yönetimin %46,66, teknolojik çevrenin %40, karar hatalarının %33,3, fiziksel çevrenin %33,3 ve örgütsel süreçlerin %33,3 oranında kazalarda etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, hem bireysel yeteneklerin hem de yönetsel ve teknolojik faktörlerin kazalarda belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır.

Ayrıca, Dönmez (2018) tarafından 2000-2016 yılları arasında ABD’de gerçekleşen 324 uçak kazası üzerinde yapılan araştırma, yetenek hatalarının %90, kişisel faktörlerin %79, karar hatalarının %62, çevresel faktörlerin %52 ve örgütsel süreçlerin %35 oranında kazalarda etkili olduğunu göstermiştir. Bu veriler, insan faktörlerinin çok boyutlu yapısının havacılık güvenliğinde ne denli önemli olduğunu net bir şekilde ortaya koymaktadır.

Algılama hatalarının %39 oranında kazalarda etkili olması, personelin durumsal farkındalık yeteneklerinin geliştirilmesi gerekliliğine işaret ederken, çevresel faktörlerin %29,2 oranında etkisi hava koşulları ve dışsal etkenlerin kazaların

oluşumundaki rolünü vurgulamaktadır. Özellikle yorgunluk gibi insan faktörlerine bağlı riskler, havacılık sektöründe güvenliğin sağlanmasında kritik öneme sahiptir.

Sonuç olarak, ekip dinamikleri, algılama yetenekleri, çevresel koşullar ve yönetim süreçlerinin iyileştirilmesi, havacılık kazalarının önlenmesinde odaklanılması gereken temel alanlar olarak öne çıkmaktadır.



DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, 2020–2024 yılları arasında belirlenen 57 havacılık kazasının İnsan Faktörleri Analiz ve Sınıflandırma Sistemi (HFACS) çerçevesinde incelenmesiyle gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın temel amacı, havacılık kazalarının yalnızca bireysel hatalardan mı kaynaklandığını, yoksa bu hataların sistemsel, çevresel ve örgütsel faktörlerle ilişkisinin bulunup bulunmadığını ortaya koymaktır.

HFACS'in dört düzeyi esas alınarak yapılan toplam 207 kodlama sonucunda, kazaların tekil hatalardan çok daha geniş ve çok katmanlı bir sistemsel yapı içerisinde değerlendirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Emniyetsiz davranışlar düzeyinde en sık karşılaşılan hata türlerinin karar ve algı hataları olduğu; emniyetsiz ön koşullar düzeyinde ise özellikle türbülans gibi fiziksel çevre faktörlerinin öne çıktığı görülmüştür. Yönetim düzeyinde planlama ve uygulama eksiklikleri, organizasyonel düzeyde ise kaynak dağılımı ve emniyet kültürü ile ilgili sorunlar dikkat çekmektedir.

Çalışmamızda elde edilen bulgular literatür ile genel olarak uyumlu olmakla birlikte, özellikle orta ve şiddetli türbülans koşullarının kabin ekipleri üzerinde oluşturduğu risklerin belirginleşmesi yönüyle literatüre ek bir katkı sunduğu değerlendirilmektedir. Ayrıca, HFACS modelinin dört düzeyi arasında açık ilişkiler kurulmamakla birlikte, düzeyler arasında nedensel bağların kurulabileceğine dair bulgular dikkat çekicidir.

Bu bağlamda, çalışmamızın bulgularına dayanarak aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir:

1. Türbülans kaynaklı risklerin değerlendirilmesi, emniyetsiz ön koşullar düzeyinde ön plana çıkmıştır. Özellikle kabin ekibinin etkilenme düzeyi göz önüne alındığında, bu tür çevresel koşulların operasyonel planlamada daha belirleyici hale gelmesi gerektiği düşünülmektedir. Ancak bu çalışmada radar sistemlerinin teknik yeterliliği özel olarak incelenmemiştir.
2. İniş öncesi kabin hazırlık süreçlerinin, sabit prosedürler yerine türbülans ve benzeri meteorolojik koşullara göre esnetilebilmesi yönünde değerlendirmeler yapılabilir.
3. Yönetimsel planlama süreçlerinde, personel yorgunluğu, ekipman yeterliliği ve çevresel koşullar gibi faktörlerin daha bütüncül biçimde ele alınması

gerekmektedir. Çalışmada bu faktörlerin göz ardı edilmesinin kazalara dolaylı katkı sunduğu gözlemlenmiştir.

4. Organizasyonel düzeyde, emniyet kültürü ve kaynak dağılımı konularında uygulama ile prosedürler arasında farklılıklar tespit edilmiştir. Bu durum, uygulayıcı görüşlerinin karar alma süreçlerine daha fazla yansıtılması gerektiğini göstermektedir.
5. Akademik çalışmalar açısından, HFACS düzeylerinin yalnızca ayrı ayrı ele alınması değil, aynı zamanda bu düzeylerin birbirleri üzerindeki etkilerinin de ölçülmesi önerilmektedir. Örneğin, emniyetsiz yönetim uygulamalarının emniyetsiz davranışlara ne ölçüde etki ettiğinin belirlenmesi, daha işlevsel müdahale stratejileri geliştirilmesine katkı sağlayabilir.
6. Bu çalışma, yalnızca 2020–2024 yılları arasında belirlenen 57 kazayla ve belirli bir bölgeyle sınırlıdır. Gelecek araştırmalarda farklı ülkeler veya havayolu şirketleri karşılaştırmalı olarak ele alınarak bulguların genellenebilirliği artırılabilir.

Bu çalışma, havacılık kazalarının kökeninde yalnızca bireysel hataların değil; çevresel etkenler, yetersiz planlama ile kaynak dağılımı ve zayıf emniyet kültürü gibi örgütsel-yönetimsel eksikliklerin birlikte rol oynadığını ortaya koymuştur. HFACS kodlamaları, karar verme ve algı hatalarının ön plana çıktığını ancak bu hataların çoğunlukla söz konusu çevresel ve sistemsel baskılar tarafından tetiklendiğini göstermiştir. Dolayısıyla havacılık emniyeti yalnızca bireysel hataların azaltılmasıyla değil, sistemin tüm bileşenlerinin birbirleriyle olan etkileşimiyle birlikte ele alınmasıyla geliştirilebilir. Bu doğrultuda, havacılık emniyetinin sürdürülebilir şekilde geliştirilebilmesi, insan, organizasyon ve çevresel faktörlerin karşılıklı etkileşimini esas alan sistem odaklı yaklaşımların benimsenmesini gerektirmektedir.

KAYNAKÇA

- AirlineRatings.com. (2025, Mart 10). *Airline safety report for 2024*. Erişim tarihi: 27 Haziran 2025, <https://www.airlineratings.com/articles/airline-safety-report-for-2024->
- Aksoy, E. (2006). *Uçuş emniyetinin sağlanmasında insan unsuru ve bu süreçte mesleki eğitimin önemine ilişkin bir araştırma* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Baber, E. (2007). *İnsan faktörü analizi ve sınıflandırma sistemi (HFACS) ve kara havacılık kazalarına uygulanabilirliği* (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bína, L., Bínová, H., Ploch, J., & Žihla, Z. (2014). *Operation of air transport and logistics*. CERM.
- CASA. (2014c). *SMS 6 – SMS for aviation – A practical guide: Safety policy and objectives* (2nd ed.). CASA. <https://www.casa.gov.au/files/2014-sms-book6-human-factorspdf>
- CASA. (2018). *CAAP SMS-01 v1.1: Safety management systems for regular public transport operations*. sms@casa.gov.au
- Checkland, P. (1981). *Systems thinking, systems practice*. John Wiley & Sons.
- Civil Aviation Act 1988, No. 63, 2019 (Austl.).
- Civil Aviation Authority of the Philippines. (2018). *Annual audit report 2018*. Philippines: CAAP.
- Civil Aviation Safety Authority. (2014). *SMS 6: Human factors* (2nd ed.). Civil Aviation Safety Authority.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research methods in education* (6th ed.). Routledge.
- Cohen, T. N., Wiegmann, D. A., & Shappell, S. A. (2007). *Human error and commercial aviation accidents: An analysis using the Human Factors Analysis and Classification System*. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 49(2), 227–242.

- Courtenay, C. (2005, January). *Airbus Flight Safety Manager's Handbook* (Safety First No. 01). Blagnac, France: Airbus S.A.S.
- Creswell, J. W. (2013). *Nitel araştırma yöntemleri* (M. Bütün & S. B. Demir, Çev.). Siyasal Kitapevi.
- de Hoyos, J. U. (2023). *Human factor in military aviation accidents II: A summary of 21 USAF accidents extracted from Accident Investigation Board (AIB) public reports*. Amazon. <https://www.amazon.com/Human-FactorMilitary-Aviation-Accidents-ebook/dp/B0BTB46WVY>
- Deaton, J. E., & Morrison, J. G. (2010). Aviation research and development: A framework for the effective practice of human factors. In J. A. Wise, V. D. Hopkin, & D. J. Garland (Eds.), *Handbook of aviation human factors* (2nd ed., pp. 2-1–2-12). CRC Press.
- Deaton, J. E., & Morrison, J. G. (2010). Measurement in aviation systems. In J. A. Wise, V. D. Hopkin, & D. J. Garland (Eds.), *Handbook of aviation human factors* (2nd ed., pp. 3-1–3-?). Boca Raton, FL: CRC Press/Taylor & Francis.
- Dekker, S. (2002). *The field guide to human error investigations* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315202778>
- Demirhan, Y. (2024). *Ticari uçak kazalarının HFACS modeli ile incelenmesi ve EYS açısından değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Türk Hava Kurumu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Douglas, A. W., & Shappell, S. A. (2001). *A human error analysis of commercial aviation accidents using the human factors analysis and classification system (HFACS)* (Report No. DOT/FAA/AM-01/3).
- Dönmez, K. (2018). *21. yüzyıl havacılık olaylarında operasyon organizasyon ilişkisi: İnsan faktörleri analiz ve sınıflandırma sistemi uygulaması* (Yüksek Lisans Tezi). Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Dönmez, K., & Uslu, S. (2018). İnsan faktörleri analiz ve sınıflandırma sistemi'nin (HFACS) literatürde yaygın kullanımının değerlendirilmesi. *Journal of Aviation*, 2(2), 156–176. <https://doi.org/10.30518/jav.463607>

- Drury, C. G. (1996). Establishing a human factors/ergonomics program. In *Human Factors Guide for Aviation Maintenance* (Version 2.0). Galaxy Scientific Corporation.
- Dupont, G. (1997). The dirty dozen errors in maintenance. *11th Symposium on Human Factors in Aviation Maintenance*.
- Erdem, M., Tüzemen, M., Yavuzkan, G., Köseoğlu, N., Ayadi, Y., & Taghizadehalvandi, M. (2015). İnsan mühendisliğinde pilotaj hataları ve/veya uçak tasarım problemleri açısından bir inceleme: İnsan hatalarının önemi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), 493–500.
- European Union Aviation Safety Agency. (2021, August 5). *Annual Safety Review 2021* [Annual safety report]. Cologne, Germany: EASA.
- Federal Aviation Administration. (2005). Chapter 14: Human Factors. In *Aviation Maintenance Technician Handbook*, 14-8.
- Federal Aviation Administration. (2024, November 19). *Annual Safety Incident Report 2024* (Report to Congress; AFB-200-231219-001-Final_Report_508). Washington, DC: U.S. Department of Transportation. https://www.faa.gov/about/plans_reports/congress/annual-safety-incident-report
- Golding, W. L. (2000). Turbulence and its impact on commercial aviation. *Journal of Aviation/Aerospace Education & Research*, 11(2). <https://commons.erau.edu/jaaer/vol11/iss2/8/>
- Griffin, T., Young, M., & Stanton, N. (2015). *Human factors models for aviation accident analysis and prevention*. Ashgate Publishing Limited.
- HaSPA (Health and Safety Professionals Alliance). (2012). *The core body of knowledge for generalist OHS professionals*. Safety Institute of Australia.
- Havacılık Psikolojisi. (2021, Şubat 13). *İsviçre peyniri (Swiss-Cheese) modeli nedir?* Havacılık Psikolojisi Blogu. <https://blog.havacilikpsikolojisi.net/isvicre-peyniri-swiss-cheese-modeli-nedir/>
- Heinrich, H. (1931). *Industrial accident prevention: A scientific approach*. McGraw Hill.

- Helmreich, R. L. (2000, March 18). *On error management: Lessons from aviation*. *BMJ*, 320(7237), 781–785. <https://doi.org/10.1136/bmj.320.7237.781>
- Helmreich, R. L., & Foushee, H. C. (1993). *Why crew resource management? Empirical and theoretical bases of human factors training in aviation*. In E. L. Wiener, B. G. Kanki, & R. L. Helmreich (Eds.), *Cockpit resource management* (pp. 3–45). San Diego, CA: Academic Press.
- Hollnagel, E. (2012). *FRAM: The functional resonance analysis method: Modelling complex socio-technical systems*. Ashgate.
- Human Factors in Aviation. (2021, May 6). EASA Part 147 Aircraft Type Training Company, Advanced Aircraft Training Ltd. <https://www.advancedat.co.uk>
- ICAO, Annex 13 (2010), “Aircraft Accident and Incident Investigation, Tenth edition. Montreal”, ICAO Publication, July, (1-1)
- ICAO. (2014). *Safety management manual* (4th ed.). International Civil Aviation Organization.
- International Air Transport Association. (2024). *Annual Review 2024*. International Air Transport Association. <https://www.iata.org/contentassets/c81222d96c9a4e0bb4ff6ced0126f0bb/iata-annual-review-2024.pdf>
- International Civil Aviation Organization. (2003). *Training guidelines for aircraft accident investigators* (ICAO Circular No. 298). Montréal, CA: ICAO.
- International Civil Aviation Organization. (2010). *Guidelines for lateral separation of arriving and departing aircraft on published adjacent instrument flight procedures* (ICAO Circular No. 324). Montréal, Canada: ICAO.
- International Civil Aviation Organization. (2018). *ICAO safety report 2018 edition*. Montréal, Canada: ICAO.
- International Civil Aviation Organization. (2021). *ICAO safety report 2021 edition*. Montréal, Canada: ICAO. Retrieved from <https://www.icao.int/safety/Documents/ICAO%20Safety%20Report%202021%20Edition.pdf>

- Kanki, B. G. (2010). Communication and crew resource management. In B. G. Kanki, R. L. Helmreich, & J. Anca (Eds.), *Crew resource management* (2nd ed.). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-374946-8.10004-4>
- Karakuş, Ö. (2006). *Hava aracı kaza ve kırımlarında insan faktörünün araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi.
- Karataş, Z. (2015). Sosyal bilimlerde araştırma yöntemleri. *Manevi Temelli Sosyal Hizmet Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 63–64, 72–73.
- Kızıltepe, N. (2021). *Analysis of human factors in aircraft accidents: The case of the USA* (Master's thesis). İbn Haldun University, İstanbul.
- Lee, J. D., & Seppelt, B. D. (2006). *Application of ecological interface design to driver support systems*. In *Proceedings of the 16th World Congress on Ergonomics (IEA 2006)*. Maastricht, Netherlands: IEA.
- Leplat, J. (1987). Occupational accident research and systems approach. In J. Rasmussen, K. Duncan, & J. Leplat (Eds.), *New technology and human error* (pp. 181–191). John Wiley & Sons.
- Leveson, N. G. (2003). A new accident model for engineering safer systems. *Safety Science*. Elsevier.
- Maurino, D. (2017). *Why SMS: An introduction and overview of safety management systems*. ITF Discussion Paper 2017.16. <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/whysms.pdf>
- National Transportation Safety Board. (1967, July 14). *Aircraft Accident Report: Delta Air Lines Flight during a landing approach to New Orleans International Airport, Kenner, Louisiana, March 30, 1967* (NTSB/AAR-67/AG). Washington, DC: Author. <https://www.nts.gov/Investigations/AccidentReports/Reports/AAR67AG.pdf>
- National Transportation Safety Board. (1982, August 10). *Aircraft accident report: Air Florida Flight 90, Boeing 737-222, N62AF, collision with 14th Street Bridge near Washington National Airport, Washington, D.C., January 13, 1982* (NTSB/AAR-82/08). Washington, DC: Author.

<https://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Reports/AAR8208.pdf>

- National Transportation Safety Board. (2025, March 29). *US civil aviation accident data: 1962–present* [Data files]. Washington, DC: Author. Retrieved from https://www.nts.gov/safety/data/Pages/Data_Stats.aspx
- Özdemir, M. (t.y.). Nitel veri analizi: Sosyal bilimlerde yöntem bilim sorunsalı üzerine bir çalışma. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(1), 327–336.
- Patriarca, R., Di Gravio, G., Woltjer, R., Costantino, F., Praetorius, G., Ferreira, P., & Hollnagel, E. (2020). Framing the FRAM: A literature review on the Functional Resonance Analysis Method. *Safety Science*, 129, 104827.
- Patterson, J. M., & Shappell, S. A. (2010). Operator error and system deficiencies: Analysis of 508 mining incidents and accidents from Queensland, Australia using HFACS. *Accident Analysis and Prevention*, 42, 1379–1385. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.02.018>
- Rasmussen, J. (1982). *Human errors – A taxonomy for describing human malfunction in industrial installations*. *Journal of Occupational Accidents*, 4(2–4), 311–333. [https://doi.org/10.1016/0376-6349\(82\)90041-4](https://doi.org/10.1016/0376-6349(82)90041-4)
- Reason, J. (1995). *A systems approach to organizational error*. *Ergonomics*, 38(8), 1708–1721.
- Reason, J. (1997). *Managing the risks of organizational accidents*. Ashgate.
- Reason, J. (1998). *Achieving a safe culture: Theory and practice*. *Work & Stress*, 12(3), 293–306.
- Reason, J. (2000, March 18). *Human error: Models and management*. *BMJ*, 320(7237), 768–770. <https://doi.org/10.1136/bmj.320.7237.768>
- Reason, J. T. (1990). *Human error*. Cambridge University Press.
- Reason, J. T., Hollnagel, E., Paries, J., & Drouglul, F. (2006). *Revisiting the ‘Swiss Cheese’ model of accidents* (EUROCONTROL EEC Note No. 13/06). Paris, France: EUROCONTROL Experimental Centre.

- Rodrigues, C., & Cusick, S. (2012). *Commercial aviation safety* (6th ed.). McGraw-Hill.
- Sabet, P., Aadal, H., Jamshidi, M., & Rad, K. (2013). Application of domino theory to justify and prevent accident occurrence in construction sites. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 2(6), 72–76.
- Safety Institute of Australia. (2012). *Models of causation: Safety*. Safety Institute of Australia Ltd.
- Sarter, N. B., & Alexander, H. M. (2000). *Error types and related error detection mechanisms in the aviation domain: An analysis of aviation safety reporting system incident reports*. *The International Journal of Aviation Psychology*, 10(2), 189–206.
- Shappell, S. A., & Wiegmann, D. A. (1997a). A human error approach to accident investigation: The taxonomy of unsafe operations. *International Journal of Aviation Psychology*, 7, 269–291.
- Shappell, S. A., & Wiegmann, D. A. (1997b). Why would an experienced aviator fly a perfectly good aircraft into the ground? In *Proceedings of the Ninth International Symposium on Aviation Psychology* (pp. 26–32). The Ohio State University.
- Shappell, S. A., & Wiegmann, D. A. (1997c). *The human factors analysis and classification system (HFACS): Reliability and validity of a post-accident coding taxonomy*. *The International Journal of Aviation Psychology*, 7(1), 67–81.
- Shappell, S. A., & Wiegmann, D. A. (2000). The Human Factors Analysis and Classification System—HFACS. *US Federal Aviation Administration, Office of Aviation Medicine*.
<https://www.researchgate.net/publication/247897525>
- Shappell, S. A., & Wiegmann, D. A. (2000). The human factors analysis and classification system—HFACS. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 70, 407.

- Shappell, S., & Wiegmann, D. (2009). A methodology for assessing safety programs targeting human error in aviation. *International Journal of Aviation Psychology, 19*, 252–269. <https://doi.org/10.1080/10508410902983904>
- Shappell, S., Wiegmann, D., Fraser, J., Gregory, G., Kinsey, P., & Squier, H. (1999b). Beyond mishap rates: A human factors analysis of U.S. Navy/Marine Corps TACAIR and rotary wing mishaps using HFACS. *Aviation, Space, and Environmental Medicine, 70*, 416–417.
- Shappell vd. (2007). *Human error and commercial aviation accidents: An analysis using the Human Factors Analysis and Classification System. Human Factors, 49*(2), 227–242.
- Shorrock, S. T., & Kirwan, B. (2002). Development and application of a human error identification tool for air traffic control. *Applied Ergonomics, 33*(4), 319–336.
- Singapore Airlines. (2012). *Annual report 2011/2012*. Singapore Airlines.
- Stolzer, A. J., & Goglia, J. J. (2016). *Safety management systems in aviation* (2nd ed.). Ashgate.
- Stolzer, A. J., Halford, C. D., & Goglia, J. J. (2015). *Safety Management Systems in Aviation* (2nd ed.). Routledge.
- Şekerli, E. B. (2008, Mayıs). Havacılık emniyetinin sağlanmasında insan faktörleri disiplini ve hata yönetimi. *VII. Havacılık Sempozyumu (HaSeM'08)*, Kayseri.
- Şimşek, H., & Yıldırım, A. (2011). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Seçkin Yayıncılık.
- Tamer, Ş. (2021). *Havacılıkta insan faktörünün uçak kazalarına etkisinin incelenmesi: Tenerife uçak kazası örneği* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Gelişim Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Tavşancıl, E., & Aslan, E. (2001). *İçerik analizi ve uygulama örnekleri*. Epsilon Yayınları.

- Terzioğlu, M. (2007). *Uçak kazalarının nedeni olarak insan hatalarını azaltmada ekip kaynak yönetimi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, Türkiye.
- Tian, W., & Caponecchia, C. (2020). Using the Functional Resonance Analysis Method (FRAM) in aviation safety: A systematic review. *Journal of Advanced Transportation*.
- Villela, B. (2011). *Applying Human Factors Analysis and Classification System to Aviation Incidents in the Brazilian Navy* [Master's thesis, Embry-Riddle Aeronautical University].
- Wiegmann, D. A., & Shappell, S. A. (1997). Human factors analysis of postaccident data: Applying theoretical taxonomies of human error. *International Journal of Aviation Psychology*, 7(1), 67–81. https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0701_4
- Wiegmann, D. A., & Shappell, S. A. (1999). Human error and crew resource management failures in naval aviation mishaps: A review of U.S. Naval Safety Center data, 1990–96. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 70, 1147–1151.
- Wiegmann, D. A., & Shappell, S. A. (2001). A human error analysis of commercial aviation accidents using the Human Factors Analysis and Classification System (HFACS). *International Journal of Aviation Psychology*, 11(4), 357–370. https://doi.org/10.1207/S15327108IJAP1104_7
- Wiegmann, D. A., & Shappell, S. A. (2003). *A human error approach to aviation accident analysis: The human factors analysis and classification system*. Ashgate.
- Wise, J. A., Hopkin, V. D., & Garland, D. J. (Eds.). (2016). *Handbook of aviation human factors*. CRC Press.
- Xiong, C., Beckmann, V., & Tan, R. (2018). *Effects of infrastructure on land use and land cover change (LUCC): The case of Hangzhou International Airport, China*. *Sustainability*, 10(6), 2013. <https://doi.org/10.3390/su10062013>

Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2008). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (8. baskı). Seçkin Yayıncılık.

Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2013). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (9. baskı). Seçkin Yayınevi.

