



**CESSNA 172S SKYHAWK
PERFORMANS KARAR DESTEK
SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Bahadır CİNOĞLU

Eskişehir, 2019

**CESSNA 172S SKYHAWK PERFORMANS KARAR DESTEK
SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Bahadır CİNOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Pilotaj Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Uğur ÖZDEMİR

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Mayıs,2019

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Bahadır CİNOĞLU'nun "CESSNA 172S SKYHAWK PERFORMANS KARAR DESTEK SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ" başlıklı tezi 21/05/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Pilotaj Anabilim dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

<u>Jüri Üyeleri</u>	<u>Unvanı Adı Soyadı</u>	<u>İmza</u>
Üye (Tez Danışmanı)	: Dr. Öğr. Üyesi Uğur Özdemir	
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Kaya	
Üye	: Doç. Dr. Kürşad Melih Güleren	

Prof.Dr. Murat TANIŞLI
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ÖZET

CESSNA 172S SKYHAWK PERFORMANS KARAR DESTEK SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Bahadır CİNOĞLU

Pilotaj Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mayıs 2019

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Uğur ÖZDEMİR

İnsanoğlu yeryüzündeki ulaşım araçlarına bir alternatif olarak gözüne gökyüzüne çevirip uçabilen canlıları taklit etme isteği ile büyük bir emekle çalışmalara başladığı günden bu yana her zaman yeni bakış açılarını, yeni kavramları kullanmış ve elindeki mevcut teknolojiden sonuna kadar yararlanmaya çalışmıştır. Dolayısı ile, havacılık sektörü geçmişten bugüne kadar hep yeni teknolojik gelişmeler ile iç içe olmuştur.

Günümüzde artan hava trafiği ve karmaşılaşan uçak yapıları ile birlikte pilotların iş yüklerinde de bir artış söz konusu olmuştur. Bu iş yükü artışında pilotlara yardımcı olabilecek en önemli unsur kokpitlerde dijitalleşmenin ve bilgisayar destekli yazılımların üzerinde durulmasıdır. Bu çalışmada pilotlara, kazalara, emniyet ve insan faktörlerine değinilmiş ve pilot iş yükünü azaltma sürecine yazılım perspektifinde bir çözüm aranmıştır. Bu amaçla özellikle eğitim uçaklarını kullanan öğrencilerin işlerine yarayabilecek, kokpitlerdeki dijitalleşme konusu ile de bağlantılı olan Cessna 172S Skyhawk tipi uçak için örnek bir performans karar destek sistemi geliştirilmiş ve detayları ile açıklanmıştır. Karar destek sisteminin geliştirilmesi süresince gerekli veritabanı tabloları oluşturulmuş, interpolasyon hesaplamaları ile istenilen performans hesaplamaları elde edilmiştir. Tüm bu işlemler için Cessna 172S Skyhawk uçuş el kitabı referans olarak kullanılmıştır.

Performans karar destek sisteminin geliştirilmesi sonucunda, pilotların iş yüklerinin azaltılmasına yardımcı olan ve el ile yaptıkları hesaplamalardan doğacak bir hatanın önüne geçen, yüksek doğruluğa sahip, kullanımı kolay, hızlı ve dolayısıyla zamandan önemli miktarda tasarruf etmeyi sağlayan bir performans hesaplama yazılımı oluşturulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Cessna, Performans, Yazılım, Kokpit, Tablet

ABSTRACT

DECISION SUPPORT SYSTEM DEVELOPMENT FOR PERFORMANCE DETERMINATION OF CESSNA 172S SKYHAWK

Bahadır CİNOĞLU

Department of Flight Training

Graduate School of Eskişehir Technical University, May 2019

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Uğur ÖZDEMİR

Since mankind started to work diligently on perpetuating animals that can fly as an alternative to grounded transportation vehicles, it has tried to adopt new insights and notions and benefit from newest technologies. Thus, aviation industry has gone always hand in hand with new technological innovations.

There has been an increase in pilots' workloads due to today's increased air traffic and complicated aircraft structures. The most important factor that can help pilots deal with this workload increase is to put emphasis on digitalization of cockpits and computer supported software. In this study, crashes, safety and human factors have been mentioned and a solution has been sought to decrease pilot workload from software perspective. For this purpose, a performance decision support system has been developed and explained in detail, for Cessna 172S Skyhawk which can be related to digitalization in cockpits that can be used by students that use training airplanes. During process of developing decision support system, the necessary database tables have been created and the aimed performance calculations has been obtained by interpolation calculations. Cessna 172S Skyhawk flying handbook has been used as a reference for all these calculations.

As a result of the development of performance decision support system, a performance calculation software has been created which helps the pilots relieve workload and prevents mistakes that can arise from calculation by hand, has a high accuracy, is easy to use and fast thus significantly saves on time.

Keywords: Cessna, Performance, Software, Cockpit, Tablet

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütülmesi esnasında yardım ve desteğini esirgemeyen başta danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Uğur ÖZDEMİR olmak üzere, çalışma esnasında tüm sorularımı ve sıkıntılarımı dinleyen ve yardımcı olmaya çalışan Araş. Gör. Batuhan BALLI ve üzerimde emeği geçen, bilgilerini, tecrübelerini paylaşmaktan hiç çekinmeyen tüm kıymetli öğretmenlerime ve tüm arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Tüm hayatım boyunca yanımda olan ve her konuda bana destek çıkan aileme, dört yıl boyunca bana evlerini açan, vefat etmeden önce son yıllarını benimle geçiren ve bu dört yıl boyunca tek çatı altında yaşamaktan çok büyük keyif aldığım ve her zamankinden daha çok yakınlaşabilme şansı bulduğum çok değerli ve güzel insanlar olan Şahin GÖKTAY ve Eden ERKUT ERKURT'a sevgi, saygı ve minnetlerimi sunuyorum.

Bahadır CİNOĞLU

Eskişehir - 2019

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

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

Bahadır CİNOĞLU

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
GÖRSELLER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. KAZALAR VE PİLOT HATALARI.....	3
3. PİLOTLARA ETKİ EDEN FAKTÖRLER	5
3.1. Pilot İş Yüğü	7
3.2. Durumsal Farkındalık	10
3.2.1. Üç seviyeli model	12
3.2.1.1. Birinci seviye durumsal farkındalık	12
3.2.1.2. İkinci seviye durumsal farkındalık	13
3.2.1.3. Üçüncü seviye durumsal farkındalık	13
3.2.2. İnteraktif alt sistemler.....	14
3.2.3. Algısal döngü	16
3.2.4. Durumsal farkındalığın kaybı	16
3.2.5. Durumsal farkındalığın geliştirilmesi.....	18
3.3. Hatalar Zinciri ve İsviçre Peyniri Modelleri.....	19

3.4. Karar Verme.....	22
4. İNSAN FAKTÖRLERİ VE KOKPİT KAYNAK YÖNETİMİ	25
4.1 Emniyetsiz Hareketler Konsepti	26
4.2. Kokpit Kaynak Yönetimi	29
4.3. Tek Pilot ve Kokpit Kaynak Yönetimi.....	32
5. EMNİYET KÜLTÜRÜ VE EMNİYET YÖNETİMİ	35
5.1. Havacılık Emniyeti Ve Emniyet Yönetim Sistemi	35
5.2. Havacılık ve Emniyet Kültürü	38
5.2.1. Adil kültür	39
5.2.2. Bilinçli kültür	39
5.2.3. Öğrenme kültürü.....	40
5.2.4. Esnek kültür	40
5.2.5. Raporlama kültürü	40
6. KOKPİTLERDE DİJİTALLEŞME	42
6.1. Kokpit Tabletleri	46
6.1.1. Elektronik uçuş çantaları.....	46
6.1.1.1. Elektronik uçuş çantalarının gelişimi	46
6.1.1.2. Elektronik uçuş çantalarının kabiliyetleri ve yararları	49
6.1.2. İnsan faktörlerinin önemi	51
7. CESSNA 172S PERFORMANS KARAR DESTEK SİSTEMİ	53
7.1. Amaç.....	53
7.2. Yöntem.....	54
7.2.1. Karar Destek Sisteminin Bileşenleri.....	54
7.2.2. Veritabanının oluşturulması	55
7.2.3. Algoritma ve akış şemaları	70
7.2.4. Lineer interpolasyonun uygulanması	73
7.3. Örnek Performans Hesabı.....	74

8. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	102
8.1.Sonuç.....	102
8.2.Tartışma.....	102
8.3.Öneriler.....	104

KAYNAKÇA

EK-1. UYGUNLUK KONTROLÜ AKIŞ DİYAGRAMI

EK-2. CALCULATOR METODU AKIŞ DİYAGRAMI

EK-3. MAKSİMUM VE MİNİMUM DEĞERLER AKIŞ DİYAGRAMI - 1

EK-4. MAKSİMUM VE MİNİMUM DEĞERLER AKIŞ DİYAGRAMI - 2

EK-5. MAKSİMUM VE MİNİMUM DEĞERLER AKIŞ DİYAGRAMI - 3

EK-6. MAXIMUM RATE OF CLİMB AKIŞ DİYAGRAMI - 1

EK-7. MAXIMUM RATE OF CLİMB AKIŞ DİYAGRAMI - 2

EK-8. DATABASE SINIFI AKIŞ DİYAGRAMI

ÖZGEÇMİŞ

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1. Yıllara ve sebeplerine göre kaza sayıları.....	3
Tablo 2.2. Yıllara ve sebeplerine göre kaza yüzdeleri.....	4
Tablo 3.1. Uçuş ekibi ve ATC durumsal farkındalık hatalarının yüzdesi	17
Tablo 3.2. 143 havacılık olayının analizine dayanan 262 hata taksonomisi.....	17
Tablo 3.3. Hatalar zinciri sırasında durumsal farkındalık kaybı senaryoları	20
Tablo 4.1. Emniyetsiz düşünce kalıpları ve doğru düşünce şekilleri	29
Tablo 4.2. CRM'in bileşenleri ve alt başlıkları.....	31
Tablo 7.1. Ground Roll veritabanı sorguları ve değerleri.....	84
Tablo 8.1. Örnekte ve programda dikkate alınan veriler	103
Tablo 8.2. Dikkate alınan veriler sonucu oluşan fark.....	103

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Pilot Performansı ve İş Yüğü Arasındaki Kavramsal İlişki.....	8
Şekil 3.2. İş Yüğünün Sistem Yorumu(Lüdtke A ve ark., 2009)	9
Şekil 3.3. Üç seviyeli durumsal farkındalık modeli. (N.A. Stanton ve ark., 2001)	14
Şekil 3.4. Durumsal değerdendirmeye dair, etkileşimli bir alt sistem yaklaşımı	15
Şekil 3.5. Algısal döngü (N.A. Stanton ve ark., 2001)	16
Şekil 3.6. Durum değerdendirmesi ve müdahale seçimi karar modeli	23
Şekil 4.1. Emniyetsiz hareketler konsepti	27
Şekil 5.1. Emniyet kültürünün bileşenleri	39

GÖRSELLER DİZİNİ

Sayfa

Görsel 3.1. İsviçre Peyniri Modeli.....	21
Görsel 4.1. CRM'in bileşenleri	31
Görsel 5.1. Emniyetin geçmişten günümüze değişimi	35
Görsel 6.1. Eski nesil ekran teknolojisi ve kokpit dizaynı.....	43
Görsel 6.2. Yeni nesil ekran teknolojisi ve kokpit dizaynı	44
Görsel 6.3. Çok fonksiyonlu ekran.....	45
Görsel 6.4. Elektronik uçuş çantası	48
Görsel 7.1. 2200 pound ağırlığa göre kalkış mesafeleri	56
Görsel 7.2. 2200 pound ağırlık veritabanı tablosu oluşturma sorgusu	57
Görsel 7.3. sftd2200 veritabanı tablosu ve değerleri.....	57
Görsel 7.4. 2400 pound ağırlığa göre kalkış mesafeleri	58
Görsel 7.5. 2400 pound ağırlık veritabanı tablosu oluşturma sorgusu	59
Görsel 7.6. sftd2400 veritabanı tablosu ve değerleri.....	59
Görsel 7.7. 2550 pound ağırlığa göre kalkış mesafeleri	60
Görsel 7.8. 2550 pound ağırlık veritabanı tablosu oluşturma sorgusu	61
Görsel 7.9. sftd2550 veritabanı tablosu ve değerleri.....	61
Görsel 7.10. Maksimum tırmanma oranı tablosu	62
Görsel 7.11. Maksimum tırmanma oranı veritabanı tablosu oluşturma sorgusu	62
Görsel 7.12. Maksimum tırmanma oranı veritabanı tablosu ve değerleri	63
Görsel 7.13. 2550 pound ağırlığa göre iniş mesafeleri.....	64
Görsel 7.14. İniş koşu mesafeleri veritabanı tablosu oluşturma sorgusu.....	65
Görsel 7. 15. İniş koşu mesafeleri veritabanı tablosu ve değerleri.....	65
Görsel 7.16. Yakıt, zaman ve mesafeler tablosu	66
Görsel 7.17. Yakıt, zaman ve mesafeler veritabanı tablosu oluşturma sorgusu.....	67
Görsel 7.18. Yakıt, zaman ve mesafeler veritabanı tablosu ve değerleri.....	67
Görsel 7.19. Seyir performansı tablosu kısım-1	68
Görsel 7.20. Seyir performansı tablosu kısım-2.....	69
Görsel 7.21. Seyir performansı veritabanı tablosu oluşturma sorgusu.....	70
Görsel 7.22. Seyir performansı veritabanı tablosu ve değerleri.....	70

Sayfa

Görsel 7.23. Genel akış diyagramı	72
Görsel 7.24. İnterpolasyon örneği tablosu	73
Görsel 7.25. Karar destek yazılımı ana ekran görüntüsü	76
Görsel 7.26. Karar destek yazılımı uçuş performansı ekran görüntüsü.....	77
Görsel 7.27. Verilerin InputComplianceCheck metoduna yollanması.....	78
Görsel 7.28. Verilerin uygunluk kontrolüne yollanması	78
Görsel 7.29. Uygunluk kontrolü.....	79
Görsel 7. 30. Verilerin MaxMinCalculator metoduna yollanması.....	79
Görsel 7.31. Maksimum ve minimum değerlerin hesaplanması.....	80
Görsel 7.32. Maksimum ve minimum veriler	81
Görsel 7. 33. Hesaplama için kontrol mekanizması	82
Görsel 7.34. connect2 metoduna yollanan veriler	82
Görsel 7.35. Veritabanı sorgusunda kullanılacak veriler.....	83
Görsel 7.36. Veritabanı sorguları	83
Görsel 7. 37. Ground Roll için veritabanından çekilen değerler.....	84
Görsel 7.38. İnterpolasyon sonucu hesaplanmış kalkış mesafesi verileri.....	85
Görsel 7.39. Maksimum tırmanma oranı hesabı için verilerin kontole yollanması	86
Görsel 7.40. Program akışının Calculator metoduna yönlendirilmesi.....	86
Görsel 7.41. Akışının MaxRateOfClimbCalculator metoduna yönlendirilmesi	86
Görsel 7.42. rateOfClimbResults değişkeni ve değerleri.....	87
Görsel 7.43. Dizinin ilgili metoda yönlendirilmesi	87
Görsel 7.44. Veritabanından hesaba katılacak maksimum tırmanma oranı verileri.....	87
Görsel 7.45. Maksimum tırmanma oranı tablosundan çekilmiş veriler.....	88
Görsel 7.46. Maksimum tırmanma oranı sonucu	88
Görsel 7.47. Rüzgar faktörleri düzeltmeleri.....	89
Görsel 7.48. Düzeltilmiş koşu mesafeleri	89
Görsel 7.49. Hesaplanan seyir sıcaklığı	89
Görsel 7.50. Seyir performansı için metot çağırımı	90
Görsel 7.51. İrtifa için maksimum ve minimum değerlerin hesaplanması	90
Görsel 7.52. Hesaplanmış minimum ve maksimum irtifalar	90

Sayfa

Görsel 7.53. Uygun hesaplama yönteminin belirlenmesi	91
Görsel 7.54. Zaman, yakıt, mesafe hesabı için kullanılacak veriler	91
Görsel 7. 55. Zaman, yakıt, mesafe hesabı için veritabanından alınan veriler	91
Görsel 7.56. Hesaplanan zaman, yakıt, mesafe verileri.....	92
Görsel 7.57. 2500 ve 5500 feet irtifa arası zaman, yakıt ve mesafe farkları.....	93
Görsel 7.58. 5500 feet irtifa için standart sıcaklığın hesaplanması.....	93
Görsel 7.59. Standart sıcaklığa göre düzeltilmiş veri farkları.....	94
Görsel 7.60. Kalkış sonrası kalan seyir mesafesi	94
Görsel 7.61. 5500 feet irtifa maksimum ve minimum değerlerin hesaplanması.....	95
Görsel 7.62. 5500 feet için hesaplanmış maksimum ve minimum veriler.....	95
Görsel 7.63. Seyir performansı sütun adı oluşturulması.....	95
Görsel 7.64. Seyir performansı sütun isimleri.....	95
Görsel 7.65. İnterpolasyon için güç, hız ve yakt verilerinin alınması	96
Görsel 7.66. Veritabanından alınmış güç, hız ve yakt verileri.....	96
Görsel 7.67. Elde edilen güç, hız ve yakıt ara veriler.....	97
Görsel 7.68. İnterpolasyon hesabı sonu elde edilen güç, hız ve yakıt verileri.....	98
Görsel 7.69. Zaman ve yakıt hesaplaması.....	98
Görsel 7.70. Rüzgar faktörüne göre düzeltilmiş hız verisi.	99
Görsel 7.71. Hesaplanmış gerekli zaman ve yakıt verileri	99
Görsel 7.72. Hesaplanmış iniş verileri.....	100
Görsel 7.73. Hesaplamalar sonucu kullanıcı ekranı	100
Görsel 7.74. Hesaplanmış verilerin gösterilmesi.....	101

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ATC	: Air Traffic Control (Hava Trafik Kontrol)
ETA	: Estimated Time of Arrival (Tahmini Varış Zamanı)
ICAO	: Civil Aviation Organization (Sivil Havacılık Organizasyonu)
CRM	: Cockpit Resource Management (Kokpit Kaynak Yönetimi)
PED	: Portable Electronic Device (Taşınabilir Elektronik Cihaz)
TCAS	: Traffic Collision Avoidance System (Trafik Çarpışma Önleme Sistemi)
COI	: Critical Operational Issues (Kritik Operasyonel Durumlar)
GPS	: Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)
VHF	: Very High Frequency(Çok Yüksek Frekanslı)
IAP	: Instrument Approach Plate (Aletli yaklaşma plakası)
BELT	: Boeing Laptop Tool (Boeing Dizüstü Bilgisayar Aracı)
MEL	: Minimum Equipment List (Asgari donanım listesi)
FAA	: Federal Aviation Administration (Federal Havacılık Kurulu)
EASA	: European Union Aviation Safety Agency (Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı)
MFD	: Multi Function Display (Çok İşlevli Gösterge Ekranı)
PPL	: Private Pilot Licence (Hususi Pilot Lisansı)
FPM	: Feet Per Minute (Dakikada Dikey Doğrultuda Alınan Feet)
KTAS	: Knots True Air Speed (Knot Gerçek Hava Hızı)
GPH	: Gallon Per Hour (Saatlik Yakıt Sarfıyatı)
RPM	: Revolutions Per Minute (Dakikadaki Devir Sayısı)
SFTD	: Short Field Takeoff Distance (Kalkış Mesafesi)
MROC	: Maksimum Rate of Climb (Maksimum Tırmanma Oranı)

1. GİRİŞ

Dünya üzerinde ilk uçuş denemelerinin yapıldığı zamanlardan itibaren havacılık sektörü, gelişmekte olan teknoloji ile her zaman iç içe olmuştur. Özellikle 2. Dünya Savaşı sonrasında ivme kazanan teknolojik gelişmeler, sivil havacılığın hızla büyümesine katkıda bulunarak günümüzdeki karmaşık ve işlek havacılık sektörünün oluşmasına ön ayak olmuştur.

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte hava araçlarında karşılaşılan problemler mekanik veya elektronik bir arızadan ziyade yerini insan veya organizasyonel hatalara bırakmıştır.

Günümüz şartlarında karmaşık ve işlek hava sahası sistemindeki herhangi bir hava aracının işletilmesi ve uçurulması yüksek seviyede eğitim, beceri, yeterlilik ve dikkat gerektirmektedir. Ticari havayollarından bireysel kullanıcıya kadar bugünün pilotları görevlerini yerine getirirken, eski zamanlara kıyasla teknoloji ile çok daha fazla iletişimde bulunmakta ve çok daha karmaşık hava araçlarını kullanmaktadırlar. Bu durum doğal olarak pilotları sürekli bir iş yükü ile mücadele etmeye zorlamaktadır. Bu iş yükü, kullanılan hava aracının tipi, Hava Trafik Kontrol (ATC), hava durumu, uçulan arazi, uçuş gereksinimleri ve pilotun bireysel mental ve fiziksel kapasitesi gibi birçok farklı faktör nedeni ile meydana gelir.

Bu tezin amacı, Eskişehir Teknik Üniversitesinde eğitim uçağı olarak kullanılmakta olan Cessna 172S Skyhawk tipi uçağın kullanıcı el kitabında belirtilen performans hesaplamalarına yardımcı olması amacı ile bilgisayar tabanlı bir yazılım geliştirilmesidir. Bu sayede pilotun iş yükü azaltılabilir, güvenlik açıklarının ve pilot hatalarının önüne geçilebilir veya pilotların uçuş öncesi yapacakları hesaplamaların doğruluğunu kontrol etmeleri sağlanabilir. Karar destek yazılımında, uçuşun kalkış iniş ve seyir süresince gerekli olan bilgi ve verileri kullanıcı için hesaplaması ve göstermesi planlanmıştır. Bu yazılım şuanda sadece Windows işletim sistemi yüklü olan bilgisayarlar üzerinde çalıştırılmaya uygundur ama gerekirse tablete veya telefona da uyarlanabilir.

Tez 8 ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde tez konusuna genel bir giriş yapılmış ve tezin yazım amacı belirtilmiştir. İkinci bölümde kazalar ve pilot hataları incelenmiştir. Üçüncü bölümde pilotlara etki eden faktörler anlatılmış ve durumsal farkındalık, pilot iş yükü gibi konular hakkında bilgiler verilmiştir. Dördüncü bölümde insan faktörleri ve kokpit kaynak yönetimine yer verilmiş, pilotun kokpit içindeki

davranışları üzerinde durulmuştur. Beşinci bölümde havacılık emniyeti, havacılık emniyet kültürü ve alt başlıklarına yer verilmiştir. Altıncı bölümde, kontrol listeleri üzerinde durulmuş ve kontrol listelerinin dezavantajlarına değinilmiştir. Yedinci bölümde günümüz uçaklarında kokpitlerin dijitalleşmesi hakkında bilgilere yer verilmiş olup, elektronik uçuş çantaları hakkında bilgilere değinilmiştir. Sekizinci bölümde ise, bu tezin temeli olan performans karar destek yazılımı hakkındaki bilgiler ve uygulanan metotlar derinlemesine incelenmiştir.



2. KAZALAR VE PİLOT HATALARI

Silas Christofferson, 1913 yılında San Francisco ve Oakland limanları arasında deniz uçağı ile yolcuları taşımaya başladığı günden beri, havacılık endüstrisi sürekli olarak yolcu ve kargo uçaklarının güvenliğini özellikle mühendisler, psikologlar ve psikiyatristlerin yardımları ile sürekli olarak arttırmaya çalışmaktadır. İlk zamanlarda her ne kadar bazı trajediler ve sıkıntılar yaşandıysa da, uçak yolculuğu günümüzde tartışmasız en güvenli ulaşım şekillerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır[1]. Yaklaşık bir asır önceki bu ilk uçuşlardan bu yana atılmış olan adımların havacılık sektörünün güvenliğini arttırıp kazaların sayısını azalttığından kimsenin şüphesi olmasa bile, ilerlemiş olan mevcut teknoloji ve modern uçakların varlığına rağmen yaklaşık son 15 yıldaki kaza oranlarında çok bir farklılık olmamıştır. Bunun sebeplerinden biri, günümüzde uçakta meydana gelebilecek bir mekanik veya elektronik arızanın önüne mevcut teknoloji ile azımsanamayacak bir miktarda geçilebilmiş olunsada, pilotların yapabilecekleri hatalar konusunda son yıllarda çok bir ilerleme kaydedilmemiş olması olabilir.

Uçak kazalarının verilerini veritabanlarında tutan bir internet sitesine göre, 01/01/1960 ve 31/12/2015 yılları arasında kaza nedeni belli olan 1.104 uçak kazasında 5 farklı kategori öne çıkmaktadır(http-1). Bunlar, pilot hataları, mekanik hatalar, hava durumundan kaynaklı kazalar, sabotajlar ve diğer(ATC hataları, yer ekibi hataları, yanlış yerleştirilmiş veya aşırı yüklenmiş kargo vb.) hatalardır. Bu hatalar Tablo 2.1 ve Tablo 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2. 1. Yıllara ve sebeplerine göre kaza sayıları(http-1)

Sebepler	1960’lar	1970’ler	1980’ler	1990’lar	2000’ler	Toplam
Pilot hatası	150	132	111	140	107	640
Mekanik	52	38	37	36	32	195
Hava	14	13	11	13	12	63
Sabotaj	12	25	23	19	16	95
Diğer	20	30	23	27	11	111

Tablo 2. 2. Yıllara ve sebeplerine göre kaza yüzdeleri(http-1)

Sebepler	1960'lar	1970'ler	1980'ler	1990'lar	2000'ler	Toplam
Pilot hatası	%60	%55	%54	%60	%60	%58
Mekanik	%21	%16	%18	%15	%18	%17
Hava	%6	%5	%6	%6	%7	%6
Sabotaj	%5	%11	%11	%8	%9	%9
Diğer	%8	%13	%11	%11	%6	%10

Bu bilgiler ışığında, 1960'lı yıllardan günümüze uçak kazalarına en çok sebebiyet veren faktörlerin mekanik arızalar ve pilot hataları olduğu görülebilir. Pilot hataları ve mekanik hatalar da dahil olmak üzere, yıllar boyunca gelişen teknoloji, yeni yaklaşımlar, güvenlik önlemleri ve kaza önleme amacı ile geliştirilen metotlar ile birlikte tüm uçak kazaları sebeplerinin sayısında gözle görülür bir düşüş olmuştur. Bununla birlikte, en çok üzerine yoğunlaşılan kısmın pilot hataları olduğu ve buna bağlı olarak pilot hatalarından dolayı oluşan kazaların miktar bazında en fazla azalan kısım olduğu gözden kaçırılmamalıdır. Ancak şu bir gerçektir ki, yıllar geçtikçe pilot hatalarından dolayı oluşan kaza sayısı azalmış gibi gözükse de, Tablo 2.2'ye baktığımızda pilot hataları sebebi ile oluşan kazaların yüzdelerinin yaklaşık 40 yıl öncesi ile aynı olduğu görülebilir. Gelişen havacılık endüstrisi ile birlikte yıl içerisinde kazaya karışan uçakların sayısı azalsa bile kaza sebeplerindeki en büyük pay günümüzde hala pilot hatalarına aittir.

Pilot hatalarını azaltmak için bazı yardımcı sistemler geliştiriliyor olsa da havacılık sektöründe yaşanan kazaların çoğunun pilot hatası sebebi ile olması yadsınamaz bir gerçektir. Andreas Lüdtke ve arkadaşları insan hatası simülasyonu ile alakalı yazmış oldukları bir tezde bu konu hakkında, günümüzde yardımcı sistemleri, insanlara araba sürmek veya uçak kullanmak gibi kritik güvenli görevleri yerine getirirken destek olmak amacıyla yaygın olarak kullanıldığına değinmişlerdir. Amaç, sıfır kazaya ulaşana dek insan hatalarını azaltmaktır. Trafik ortamının sürekli artan karmaşıklığı göz önüne alındığında, hava veya kara trafiğinde insan hatası bu amaca ulaşmak için en önemli zorluk olarak kalacaktır[2].

3. PİLOTLARA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Pilot performansı eğer havacılık ile alakalı konulardaki kilit nokta ise, bakmamız gereken nokta bu bireylerin kendileridir. Uçuştaki hataları ve sorunları önlemenin en iyi yolunun, bu olaylara sebebiyet vermeden önce çözümlenmesinden geçtiği açıkça söylenebilir.

Uçaklardaki teknik başarısızlıkların etkisini azaltmak için 1950'li yıllardan beri birçok önemli adımlar atılmıştır. Modern uçaklar, günümüzde oldukça güvenilirlerdir. Ancak buna uygun olarak sistemin insan bileşeninde gerekli iyileştirmeler yapılamamıştır. İstatistiksel olarak bakıldığında, insan hatalarına bağlı kazaların kalıcı bir şekilde karşımıza çıktığı gözlenmektedir. Hatta, kazaların büyük bir çoğunluğunu pilot hatası ile ilişkilendirmek mümkündür. Bu kazaların yarısına yakınının ise pilotun yanlış karar vermesi üzerine olduğu söylenebilir[3].

Bu durumda, uçakların pilotlar sebebi ile kaza yapmasının arkasında pilotları etkileyen bir takım faktörlerin olduğu da söylenebilir. Bunlar, organizasyonel, sosyal veya kişisel faktörler olabilir.

Organizasyonel faktörler, organizasyonel kültür, zaman baskısı ve yorgunluktur. Organizasyonel faktörlerde, çalışma ortamı küçük bir organizasyon ise organizasyonun başındaki bir yöneticinin pilotlara karşı tavrı, pilotları kar-zaman bakımından bazı olumsuz durumlara sürükleyebilir. Örneğin iş kaybına uğramamak için fazla mesai yapmak veya zamandan kazanmak için kontrol listelerini(Checklist) göz ardı etmek gibi.

Bununla birlikte, büyük ölçekli kuruluşlar için çalışan pilotlar işlerinde genellikle iş kaybına uğrama bakımından daha güvendedirler ve kuruluştaki, uçuş öncesi kontrollerin atlanmaması ve pilotların izin saatlerinde çalışmadığından emin olmak için sıkı prosedürler ve güvenlik standartları vardır. Dolayısıyla küçük ölçekli organizasyonlarda ortaya çıkan ve pilot ile birlikte diğer insanların da hayatlarını tehlikeye atabilecek olumsuz durumlara büyük ölçekli organizasyonlarda rastlanması çok daha düşük bir olasılıktır[4].

Sosyal faktörler pilotlara etki eden diğer önemli bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Sosyal faktörler, sosyal kültür ve müşteri baskısı olarak karşımıza çıkar. Sosyal kültür çerçevesinde, bazı pilotların diğer pilotları örnek almaya çalıştıklarını(kendilerinde çok daha deneyimli olsalar bile) ve hatta sırf onlar gibi olmak veya onlardan daha iyi olmak için kendilerinden emin olmadıkları uçuş şartlarında bile

uçmaya çalışmalarına veya zorlu manevralar yapmalarına neden olur. Bu sosyal kültür biçimleri, pilotların yenilgiyi kabul etmekte isteksiz oldukları ve başkalarının önünde kötü görünmek istemedikleri durumlar, Alaska'daki küçük boyutlu bir işletmede gözlemlenmiştir[5].

Müşteri baskısı da Alaska'da yapılan çalışmada tartışılan başka bir sosyal faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Paletz ve arkadaşlarının yapmış olduğu araştırma sonrasında, müşterileri hayal kırıklığına uğratmamak adına pilotların standartların dışına çıkarak karar aldıklarına ve Avustralya'daki pilotların müşteri baskısı sebebi ile kuralları ihlal ettiğine de değinmişlerdir (Regülasyonların izin verdiğiinden daha düşük bir uçuş seviyesinde uçmak gibi). Yapmış oldukları çalışma ayrıca farklı tipteki uçuşların, müşteriler tarafından uygulanan baskının tipini ve miktarını belirleyebileceğini de göstermiştir[5]. Örneğin bir işletmede, doğa gezisi için bekleyen yolcular hava durumu ile iptal olan seferleri hakkında çok yakınmazken, charter tipi uçakla seyahat edecek yolcuların genellikle acelesi olduğundan dolayı pilot üzerindeki baskıyı arttırdığı görülmektedir. Bu gibi müşteri baskısının yoğun olduğu durumlar daha çok, pilotların müşteriler ile etkileşime geçmesini gerektiren küçük ölçekli organizasyonlarda görülmekte olsa da, büyük ölçekli organizasyonlarda da pilotlar zaman zaman müşteri baskısına maruz kalabilir[5].

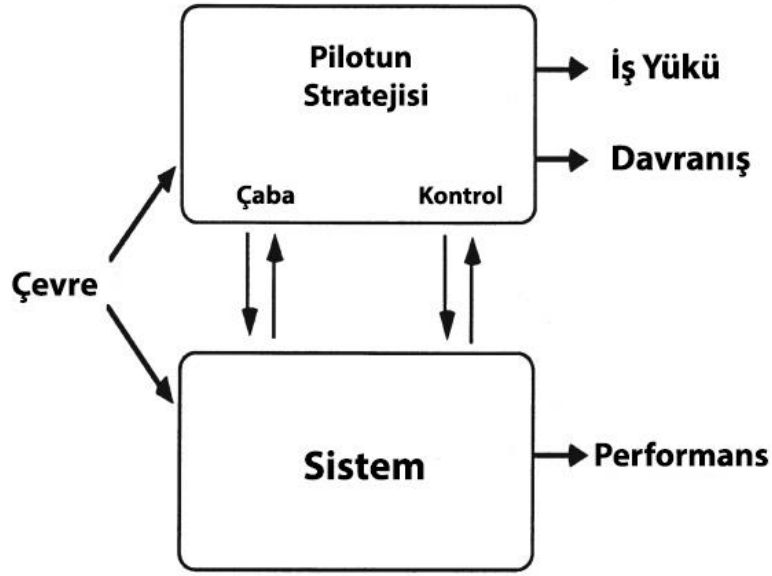
Diğer bir konu ise, işin dışındaki insanlar olarak genellikle bir uçağa pilotluk yapmayı fiziksel bir beceri olarak düşünmeye meyilli olmamızdır. Ama aslında durum, bundan çok daha fazlasıdır. Bir pilotun uçuş emniyetini sağlamak ve görevini layığı ile yerine getirebilmek için bireysel olarak yapması gereken şeyler de vardır. Söz konusu pilot sürekli olarak uçuşa, kullandığı hava aracına veya uçuş ortamına dair bilgiler toplamalı, bu bilgileri yorumlamalıdır. Sonrasında toplamış olduğu bu bilgilerin önemini değerlendirmeli ve bu bilgiler ışığında karar vermeli, iletişim kurmalı ve harekete geçmelidir. Sonrasında ise tüm bu süreç sürekli olarak kendini tekrar etmelidir ki bu durum ister istemez kişide zamanla bir yorgunluğa yol açar[5]. Pilotlara etki eden en önemli bireysel faktörler, pilot iş yükü, durumsal farkındalık, hatalar zinciri ve karar verme (Decision Making) kısımlarından oluşur.

3.1. Pilot İş Yüğü

Bir pilot için en iyi performans, yüksek düzeyde beceri, bilgi ve deneyim(tutarlılık ve kendine güven) ve optimum uyarılma derecesinin bir araya gelmesi ile ancak elde edilir. Beceri, bilgi ve tecrübe pilotun eğitimine bağlıdır. Uyarılma derecesi, sadece pilotun uçuş yeteneğine değil, aynı zamanda kokpit tasarımına, ATC'ye, çevreye, motivasyona, kişisel yaşama, hava durumu vb. gibi etkenlere de bağlıdır. Düşük seviyede beceri, bilgi ve tecrübe, ayrıca kötü tasarlanmış bir kokpit, kötü hava koşulları ve kötü kontrol yüksek zihinsel iş yüküne ve düşük performansa yol açar. Zihinsel işin miktarına bağlı olarak , karar verme kalitesi kötüleşir, hatta gerçekleşmeyebilir. Bu durum pilotun sadece tek bir göreve konsantre olabilmesine yol açabilir. Bu duruma Tünel Görüşü de denebilir.

Konuyu derinlemesine inceleyebilmek için, birbiri ile içli dışlı olan iki olguya, yani pilot iş yükü ile yorgunluk(Fatigue) kavramlarına öncelikle bakmak gereklidir. En basit yönü ile, pilot iş yükü bir pilotun belirli bir uçuş işlemini gerçekleştirmek için ne kadar efor sarf etmesi gerektiğidir. Fatigue ise, genellikle bariz bir isteksizlik veya devam edememenin eşlik ettiği bir gerginlik veya yorgunluk hissi olarak anlaşılır. Bununla birlikte, belirli bir uçak tasarımı veya işletme prosedürü ile bir pilota uygulanan iş yükünü ölçmek veya yorgunluğun sistem performansı üzerindeki etkilerini ölçmek için girişimlerde bulunulduğunda, iş yükü ve yorgunluk kavramlarının değerlendirme kriterleri ve tekniklerinin yeterliliğine dair çözülmemiş önemli konular olduğu göze çarpmaktadır[6].

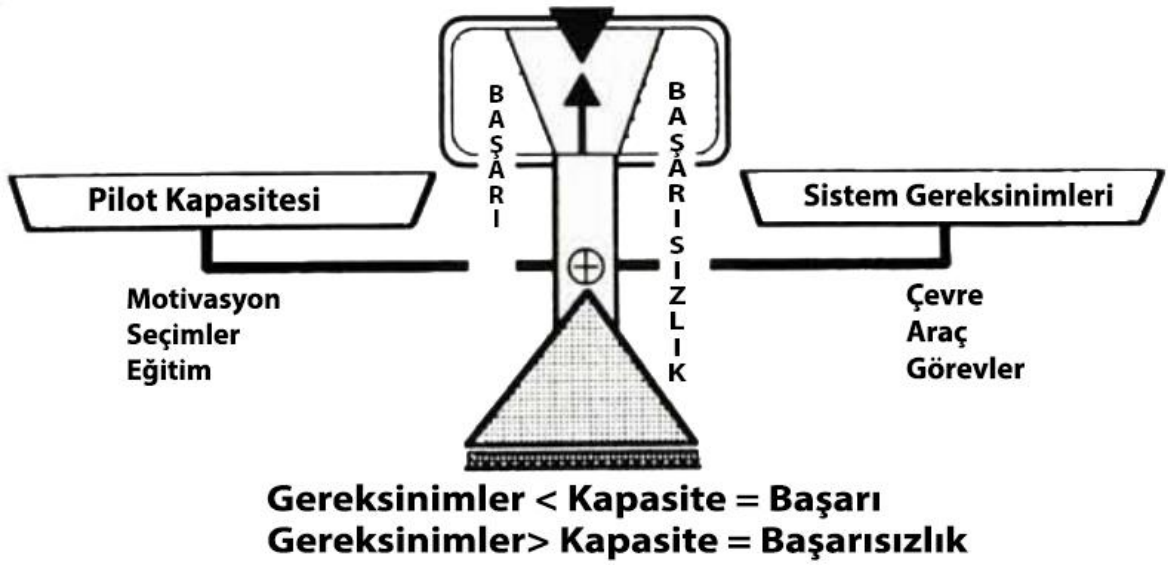
İş yüküne, insanın makine ve çevresi ile olan etkileşimi sonucu ortaya çıkan bir unsur olarak da bakılabilir. Farklı sistemlerin(veya çalışma koşullarının) herhangi bir pilot üzerindeki etkilerini değerlendirmek için veya spesifik olmak gerekirse, belirli bir iş ortamında belirli bir pilotların eğitim ve becerilerindeki bireysel farklılıkları ölçebilmek için bazı iş yükü ölçütleri kullanılabilir. Aslında bakıldığında iş yükünün, sistemler arası ve pilotlar arasındaki değişimin birbiri ile olan etkileşimi sonucunda ortaya çıkan bir ürün veya bir fonksiyon olduğunu da söyleyebiliriz[7]. İş yükünün ve başarının, belirli bir görev ve pilot arasındaki etkileşiminin bir sonucu olduğunu daha iyi anlayabilmek için görsele yer verilmiştir(Bkz. Şekil 3.1, Şekil 3.2).



Şekil 3. 1. *Pilot Performansı ve İş Yüğü Arasındaki Kavramsal İlişki*[7]

Şekil 3.1’de hem sistemin hem pilotun çevre ile etkileşimi gözükmektedir. Pilotun sistem değişkenleri üzerinde karar vereceği davranış biçimi yani stratejisi ise sistemi kontrol etme çabası ile açıklanabilir. Bu çaba ve kontrol sonucunda oluşan karar verme ve strateji belirleme adımının sonucunda iki adet bileşen ortaya çıkmaktadır. Bunlar pilotun iş yükü ve oluşan strateji sonrası ortaya çıkan pilotun davranış veya kararıdır.

Sistem ise, pilotun iş yüküne ve davranışına direkt olarak etki ettiği gibi, aynı zamanda kendisi de pilot gibi çevre koşullarından direkt olarak etkilenmektedir. Pilotun sistem üzerindeki çabası ve kontrolü sonucu ise ortaya çıkan sisteme bağlı fonksiyon performansıdır.



Şekil 3. 2. İş Yükünün Sistem Yorumu[3]

Görselde iş yükünün sistemsel yorumu olarak başarı ve başarısızlık bir terazide resmedilmiş ve başarının anahtar noktası pilotun kapasitesi olarak verilmiştir. Pilotun kapasitesi olarak ise üç farklı odak noktası belirtilmiştir. Bunlar pilotun motivasyonu, yapmış olduğu veya yapacağı seçimler, ve pilotun eğitim kalitesi, bilgisi veya deneyimleridir. Terazinin diğer kolunun temsil ettiği başarısızlık olgusu ise, sistem gereksinimleri olarak verilmiş ve başarısızlığa direkt etki eden odak noktaları, çevresel faktörler, kullanılan araç(uçak) ve pilotun üstesinden gelmesi gereken görevler olarak verilmiştir.

Bu noktada, tüm sistem gereksinimlerinin etkilerinin bileşkesi düşünüldüğünde, eğer bu etkiler pilotun kapasitesinin ilgili olaya karşı vereceği reaksiyon ve yapacağı etkiden daha yüksek miktarda ise, pilotun iş yükü sınırlarını aşacağını ve olası bir acil(Emergency) durumda pilotun bu koşullar altında yaptığı görevde başarısız olabileceği gösterilmektedir.

Diğer bir olasılıkta ise, yine tüm sistem gereksinimlerinin etkilerinin bileşkesi düşünüldüğünde, eğer bu etkiler pilotun kapasitesinin ilgili olaya karşı vereceği reaksiyon ve yapacağı etkiden daha düşük miktarda ise, pilotun iş yükü sınırları dahilinde olacağını ve muhtemel bir acil durum anında pilotun yapması gereken görevlerde başarılı olması olasılığının yüksek olduğu belirtilmektedir.

Her ne kadar iş yükü ve performans açıkça ilişkilendirilse de, bu ilişkinin yapısı basit değildir. Pilot ve sistem performansı, pilot iş yükünü belirlemek için yapılan ölçümler benzer faktörlerden etkilenebildiği kadar farklı faktörlerden de etkilenebilir.

Görev gereksinimleri zaman içerisinde değiştiğinden ötürü, pilotlar tutarlı bir performans seviyesini korumak için çabalarını zamanlar arttırıp azaltabilir veya sürekli olarak belirli bir çaba seviyesini korumaya çalışabilir ama bu durum performansta düşüşe sebep olur. Diğer bir durumda, görev gereksinimleri fazla olduğunda, kritik görevlerdeki performanslarını yüksek tutmak için daha önemsiz görevleri geçiştirebilirler veya düşük iş yüküne sahip oldukları durumlarda, gelecekteki yüksek iş yükü olabilecek durumları düşünerek bazı görevleri zamanları henüz gelmeden tamamlayabilirler. Bu nedenle, iş yükü ile performans arasında zamanla değişen ilişki yoğunluğu, pilotların görev gereksinimlerine karşı olan stratejilerine bağlı olduğu kadar kontrol yüzeyleri, ekranlar ve diğer çevresel faktörler karşısında ek çaba gösterme kabiliyetine veya isteklerine de bağlıdır[7].

Sonuç olarak, pilotların uçuş süresince yapmak durumunda kaldıkları görevler ve pilotların bu görevlere nasıl bir reaksiyon gösterdiği incelenmeli ve pilotlara acil durum karşısında gösterebildikleri etki kapasitelerinin ne olduğu belirtilmelidir. Aynı zamanda pilot iş yükünün olası kazaları azaltma bakımından nasıl indirgenebileceği, bu konuda teknolojiye daha fazla nasıl yararlanılabileceği araştırılmalıdır. Şu unutulmamalıdır ki, bir uçağın dizayn ve test safhalarında, kullanıma uygun olarak sertifikalandırılabilmesi için bazı beceriler ve pilot tepkileri ortalama bir pilot referans alarak belirlenmekte ise, bu demektir ki o uçağı uçuracak pilotların yaklaşık yarısı ortalama beceri sınırının altında olabilir.

3.2. Durumsal Farkındalık

Durumsal farkındalık kavramı ilk kez, I. Dünya savaşı sırasında düşmanın benzer bir farkındalık kazanmadan önce düşmanın farkındalığını kazanmanın önemini fark eden Oswald Boelke tarafından tanımlandı ve bunu başarmak için sistemler geliştirildi. Böylelikle, insanlar arasında sistem durumunu anlama ve gerçek sistem durumunu ayırma fikri, durumsal farkındalık tanımının temel noktasını oluşturdu[8].

Durumsal farkındalık fikri 1980'lerin sonuna kadar yeterli ilgiyi görememiş olsa da, o zamandan beri dünya üzerinde önemli konulardan bir tanesi haline gelmeyi başaramıştır.

Durumsal farkındalığın basit olarak tanımını yapmamız gerekirse, kişinin içerisinde bulunduğu duruma dair olan bilinçli yaklaşımı, farkındalığı diyebiliriz. Bu fenomenin I. Dünya savaşı sonrasındaki tanımı ile bu kavramın olgunlaşarak popüler bir

konu haline gelmesi arasındaki zaman farkının uzun sürmesi, ortaya durumsal farkındalık ile uğraşılacak konuların çok sık rastlanılmaması ile açıklanabilir. Durumsal farkındalık, yakın tarihimizde performans ile ilgili psikolojik bir kavram olarak büyük dikkat çekmeye başlamıştır. Bu durum özellikle, bünyesinde insan bulunduran karmaşık dinamik sistemlerin güvenli bir şekilde çalışması için gerekli bir önkoşul olarak kabul edilen alanlarda geçerlidir[9].

Bu konuda araştırma ve geliştirme için gerekli olan ilk itici güç pilotların ve hava trafik kontrolörlerinin daha fazla bir durumsal farkındalığa sahip olmasının gerektiği şeklinde önemli bir baskının olduğu havacılık endüstrisinden gelmiştir. Yani tarihe bakıldığında, durumsal farkındalık kavramının tam anlamıyla önemli hale gelmesi havacılık sektöründeki ihtiyaçtan dolayı doğmuştur.

Bir uçağın kontrolünü güvenli bir şekilde sağlamada durumsal farkındalığın önemi göz ardı edilemez. 200’den fazla uçak kazasının incelenmesinin sonucunda, kazaların çoğundaki temel nedensel faktörün durumsal farkındalık olduğu ortaya çıkarılmıştır[8].

Durumsal farkındalık konusunda üç ana tanımlama mevcuttur. Bu tanımlardan ilki, bilgi işleme çerçevesi etrafında durumsal farkındalığı inceler. Diğerleri yansıtıcı kaliteyi vurgularken, sonuncusu ise durumsal farkındalığı gömülü bir dünya görüşü çerçevesinde sunar. Her bir tanıma sırasıyla bakacak olursak;

- Endsley’ye göre durumsal farkındalık, çevredeki elementlerin zaman ve mekan içinde algılanması, anlamlarının anlaşılması ve yakın gelecekteki durumlarının yansımalarıdır[10].
- Bedny ve Meister’a göre durumsal farkındalık, bireyin durumuna dair bilinçli dinamik yansımadır. Duruma dinamik yönelim, sadece geçmiş, bugünü ve geleceği değil aynı zamanda durumun potansiyel özelliklerini yansıtmaya fırsatı sunar. Dinamik yansıma, bireylerin dışsal olayların zihinsel modellerini geliştirmelerini sağlayan mantıksal-kavramsal, yaratıcı, bilinçli ve bilinçsiz bileşenleri içerir[11].
- Smith ve Hancock’a göre ise durumsal farkındalık, etmen çevre sisteminde, ortamdaki bir performans belirleyici tarafından belirtilen hedeflere ulaşmak için gereken anlık bilgi ve davranışı üreten değişmezdir[12].

Bu tanımlar üzerinden gidecek olursak, Endsley’nin tanımı, gelecekteki yansımanın bir yönü ile dünyaya ilişkin algı ve anlayışı vurgulamaktadır. Buna karşılık,

Smith ve Hancock ise durumsal farkındalığı esasen kişi ve dünya arasındaki etkileşim açısından tanımlamaktadır. Bu nedenle büyük ölçüde iki ana sistem ögesinin birlikte çalışma şekline odaklanmaktadır. Bedney ve Meister ise mevcut sistemin anlaşılmasına bazı zihinsel modeller ile olan ilişki ile atıfta bulunarak durumsal farkındalığın yansıtıcı yönünü vurgulamaktadır. Tanımlar arasındaki temel farklara ise şunlardır: Çalışma hafızasının önemi, küresel çalışma alanı, daha uzun vadeli bilgi veya durumsal farkındalığın belirlenmesinde doğa ile olan etkileşimdir diyebiliriz.

Durumsal farkındalık üzerine üç ana teorik yaklaşım egemendir. Bunlar, bilgi işleme yaklaşımı, faaliyet yaklaşımı ve ekolojik yaklaşımdır. Bilgi işleme yaklaşımı, Endsley'in teorik üç seviyeli durumsal farkındalık modeli ile temsil edilmektedir. Bu, üst düzey bilişsel işlem gerçekleştirilirken durumsal farkındalığın ortaya çıkmasını sağlar. Aktivite teorik yaklaşımı(İnteraktif alt sistemler), Bedny ve Meister tarafından tarif edildiği gibi, yansıtıcı oryantasyonel aktivitenin birçok bileşeninden sadece biri olarak durumsal farkındalık sunmaktadır. Algısal döngü modeli, insanlar ve çevreleri arasında dinamik bir etkileşim olarak durumsal farkındalık sunar[8].

3.2.1. Üç seviyeli model

Üç seviyeli durumsal farkındalık modeli havacılık görevlerini anlamak için (İnsanların dinamik olarak değişen bir çevreye ayak uydurabilmeye çalışırken aynı zamanda uçağı kontrol etmek durumunda kalmaları gibi) geliştirilmiştir. Temel olarak, insanların olayları takip etmelerini gerektiren herhangi bir görevin, durumsal değerlendirme araştırması ve uygulaması için potansiyel bir aday olduğunu söyler. Endsley'nin modeli üç hiyerarşik durum değerlendirmesi içermektedir, Her aşama bir sonraki, daha yüksek seviyeye için gerekli bir öncü aşama olarak değerlendirilebilir. Bu model algıdan yorumlamaya, tahmine kadar bir bilgi işlem zincirini izler. Sonraki üç maddede en düşüktan en yükseğe doğru, bu durumsal farkındalık seviyeleri anlatılacaktır.

3.2.1.1. Birinci seviye durumsal farkındalık

Çevrede bulunan elemanların algılanmasını içerir. Bu, en düşük seviye durumsal farkındalıktır ve pilotun uçak aletlerinden, uçağın davranışından, kokpitteki diğer insanlardan, hava trafiğine dahil diğer uçaklardan, araziden ve hava trafik kontrolöründen aldığı bilgileri algılaması ile ilişkilidir.

Verilerin yorumlanması bu aşamada yapılmaz. Temsil etmesi amaçlanan tek şey bilginin ham haliyle ilk kez alınmasıdır. Pilot belirli bir değişkenin durumunu(İrtifa, hız, yakıt durumu, motor devri, rota, konum, vb) fark edebilir ancak bütünleşmiş verileri elde edemeyebilir.

3.2.1.2. İkinci seviye durumsal farkındalık

Mevcut durumun kavranmasıdır. Eğer veri birleştirilebiliyorsa ve pilotun göreviyle alakalı bir anlayış üretilebilecek şekilde sentez edilebiliyorsa, durum değerlendirmesi, etki eden öğeleri takiben yapılır. Öğelerin önemini anlamak ve neler olup bittiğinin bir resmini elde etmek için kavrayışın gerekli olduğu (Mevcut yakıtla birlikte zaman ve mesafe tahmini gibi) anlaşılmaktadır. Bu şekilde pilot, eylemlerinin amaçlanan sonuçlara sahip olup olmadığına dair yargılarda bulunabilir. Endsley, elde edilen anlama derecesinin pilotun uzmanlığının bir işareti olduğunu savunmaktadır[10]. Unutulmamalıdır ki, daha az yetenekli kişiler, daha yetenekli meslektaşlarıyla aynı birinci seviye durumsal farkındalık miktarını elde edebilmelerine rağmen daha düşük ikinci seviye durumsal farkındalık elde edebilirler.

3.2.1.3. Üçüncü seviye durumsal farkındalık

Gelecekteki durumun öngörülmesidir. Bu, en yüksek durumsal farkındalık seviyesidir ve ortamdaki öğelerin geleceğini tahmin edebilme yeteneği ile ilişkilidir(Potansiyel havada uçak çarpışmaları gibi). Tahminin doğruluğu, birinci seviye durumsal farkındalık ve ikinci seviye durumsal farkındalığın doğruluğuna büyük ölçüde bağlıdır. Dolayısıyla gelecekteki durumun öngörülmesi, pilota (ve hava trafik kontrolörüne) çatışmaları çözmek ve hedeflerine ulaşmak için bir eylem planını planlamak için yeterli zamanı sağlar.

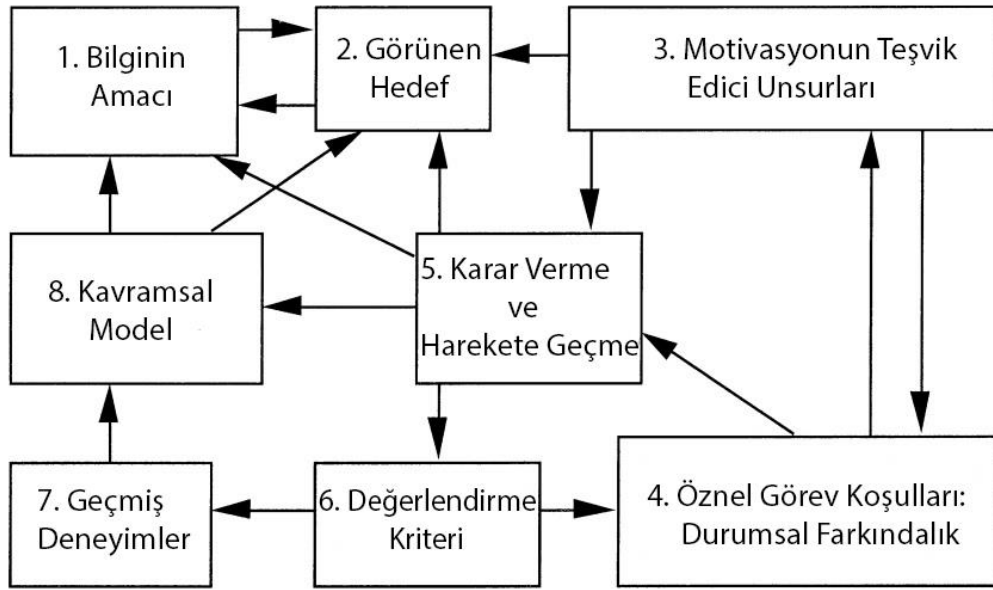


Şekil 3. 3. Üç seviyeli durumsal farkındalık modeli[8]

Endsley'in modelinin bir resmi sunulmuştur(Bkz. Şekil 3.3). Şekilde görüldüğü gibi, durumsal farkındalık, dinamik bir sistemde bilişsel bir insan etkinliği modeli içine yerleştirilmiştir[8]. Tanımlardan da anlaşılabacağı üzere, Endsley tarafından önerilen üç seviyeli model, bilgi daha yüksek seviyelerde işlendikçe artan bir farkındalık derecesi göstermektedir.

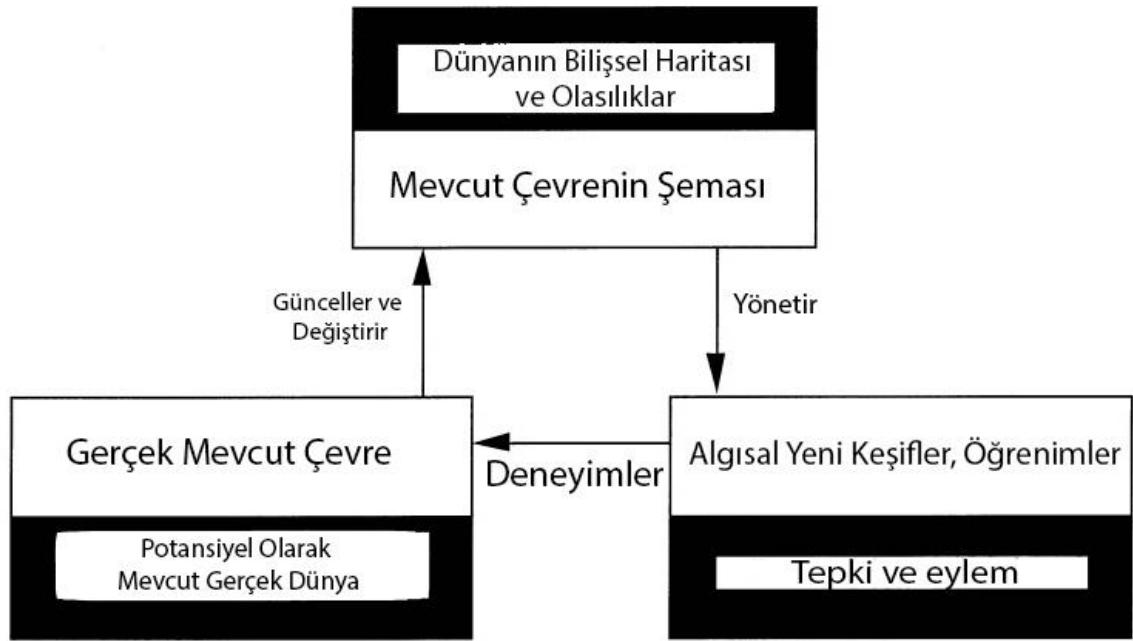
3.2.2. İnteraktif alt sistemler

İkinci yaklaşım, Bedney ve Meister tarafından 1999 yılında sunulan etkinlik teorisine dayanmaktadır. Bu teori, sekiz ana fonksiyon bloğunu içeren fonksiyonel bir aktivite modeli ile durumsal farkındalığı açıklar ve ilk olarak Rusya'dan çıkan etkileşimli, bilişsel, bir yaklaşımdır(Bkz.Şekil 3.4). Bilgi işleme yaklaşımı olarak algı, hafıza, düşünme ve eylem yürütme gibi geleneksel bilişsel psikoloji süreçleri üzerinde durmadığından üç seviyeli durumsal farkındalıktan farklıdır çünkü hangi süreçlerin katılacağı, görevin doğasına ve bireyin hedeflerine bağlı olduğunu öne sürmektedir.



Şekil 3. 4. Durumsal değerlendirmeye dair, etkileşimli bir alt sistem yaklaşımı[8]

Şekil 3.4'de gösterildiği gibi, her bir fonksiyon bloğunun durumsal farkındalığın ve faaliyet yapısının geliştirilmesinde özel bir görevi vardır. Bloklar sürekli olarak birbirleri ile etkileşim halindedir ve blokların kendi içerisindeki ileri ve geri bildirim döngülerinin bir sonucu olarak durumsal farkındalık etkilenir. Her bloğun içeriği, dinamik(değişken) durumun doğasına bağlıdır.



Şekil 3. 5. Algısal döngü[8]

3.2.3. Algısal döngü

Durumsal farkındalığın diğer bir alternatif yorumu, ne dünyada ne insanda mevcut olmadığı fakat insanın dünya ile etkileşiminde mevcut olduğudur. Bu yaklaşımda, etrafta neler olup bittiği bilgisi, belirli türden bilgilerin araştırılması için davranışa yön veren ve

hazır bir yorumlama yöntemi sağlayan bilgilerin tahmin edilmesine yol açar.(Bkz. Şekil3.5) Yani bir pilot daha önce karşılaşmış olduğu acil bir durum ile tekrar karşılaştığı zaman bilgi miktarı, ve durumsal farkındalık hassaslığı acil durumun bitişinden sonra değişmez.

Ancak pilotun karşısına çözmesi gereken, daha önce karşılaşmadığı yeni bir problem çıktıktan sonraki süreçte kişinin algısına, durumsal farkındalığına ve bilgilerine bu yeni karşılaşılan durum eklenir ve kişi önceki halinden daha üstün bir seviyeye gelir. Bu süreç hayat boyu döngüsel olarak devam eder.

3.2.4. Durumsal farkındalığın kaybı

Pilotlarda veya ATC’de durumsal farkındalık kaybının sistem performansı ile ilgili olduğu söylenebilir. Özellikle Endsley ve arkadaşları, durumsal farkındalığın kaybının sonucu üzerine çalışmalar yapmıştır. Durumsal farkındalıklarını yitirmiş

kişilerin, kontrol ettikleri sistemle ilgili sorunları tespit etmeleri konusunda daha yavaş olduklarını öne sürmüşlerdir. Aynı zamanda bu kişilerin ilgili sorunu tespit edebilmeleri ve düzeltici faaliyetlerde bulunabilmeleri için diğer kişilere göre daha fazla zamana ihtiyaç duyduklarını da belirtmişlerdir[13].

Jones ve Endsley, 143 havacılık olayını analiz etmiş ve Tablo 3.1'de gösterildiği gibi uçuş ekibinin ve ATC'nin hata yaptıkları durumsal farkındalık seviyelerini karşılaştırmıştır. Her iki grup da 1. seviyedeki en yüksek hata oranını oluşturuyor gibi görünmektedir, ancak ATC 3. seviyedeki uçuş ekibinden daha fazla hata yapmış gibi gözükmektedir[14]. Bu muhtemelen iki ana faktörden kaynaklanmaktadır. Birincisi, işlerinin çoğunun gelecekteki durumları tahmin etmekle ilgili olmasından kaynaklı olabilir veya ikincisi olasılık olarak, dinamik olarak sürekli değişen problemlerin olduğu ortamda birçok nesneyi izlemeleri gerekmektedir.

Tablo 3. 1. Uçuş ekibi ve ATC durumsal farkındalık hatalarının yüzdesi[14]

Seviye	Uçuş Ekibi	ATC
1. Seviye Durumsal Farkındalık	%77.4	%72.4
2. Seviye Durumsal Farkındalık	%21.1	%17.2
3. Seviye Durumsal Farkındalık	%1.5	%10.4

Jones ve Endsley ayrıca Tablo 3.2'de gösterildiği gibi, üç seviyeli modele dayanan bir insan hatası taksonomisi analizi de yapmıştır[14].

Tablo 3. 2. 143 havacılık olayının analizine dayanan 262 hata taksonomisi[14]

Seviye	Hata Tiplerinin Tanımı	Yüzdeler(%)
1. Seviye Durumsal Farkındalık	Veri Yok	13
	Veriyi Belirlemek Zor	11.1
	Verilerin Gözlemlenmesi Hatalı	35.1
	Verilerin Yanlış Algılanması	8.7
	Veriler Unutulmuş	8.4

Tablo 3.2.(Devam) 143 havacılık olayının analizine dayanan 262 hata tasonomisi[14]

2. Seviye Durumsal Farkındalık	Zihinsel Model Eksik Veya Yok	6.9
	Yanlış Zihinsel Model Kullanımı	6.5
	Mevcut Değerlere Aşırı Güvenme	4.6
	Diğer	2.3
3. Seviye Durumsal Farkındalık	Zihinsel Model Eksik Veya Yok	0.4
	Mevcut Trendleri Aşırı Koruma	1.1
	Diğer	1.9

Analiz, hem uçuş ekibi hem de ATC için toplam birleştirilmiş hata yüzdesini göstermektedir. Jones ve Endsley, hataların en büyük oranının, uçuş ekibinin veya ATC'nin verileri gözlemlememesi veya izlememesi nedeniyle ortaya çıktığı sonucuna varmaktadır[14]. Verileri ilk etapta göstererek ve durum değerlendirme stratejilerini geliştirerek, pilotları ve ATC'leri daha iyi eğiterek bu hataların azaltılması mümkündür.

Sunulan kanıtlara dayanarak, durumsal farkındalık hatalarının doğasını anlamının etkili karşı önlemler geliştirme stratejileri konusunda karar vermede yardımcı olabileceği önerilebilir.

3.2.5. Durumsal farkındalığın geliştirilmesi

Endsley, sistem tasarımının durumsal farkındalığı desteklemeye ve arttırmaya çalışılması gerektiğine inanmaktadır ve durumsal farkındalığı arttırmak için bir dizi arayüz tasarımı kriterleri önermiştir[13]. Bunlar;

- İnsanların hesaplama yapma gereksinimi azaltılmalıdır.
- Veriler 2. seviye durumsal farkındalık ve 3. seviye durumsal farkındalığı kolaylaştıracak şekilde sunulmalıdır.
- Bilgiler, kişilerin hedefleriyle tutarlı bir şekilde düzenlenmelidir.
- Mevcut mod veya sistemin durumunun göstergeleri, uygun durumsal farkındalığın işaretine yardımcı olabilir.
- Kritik olaylar sırasında dikkat çekmek için kritik ipuçları sunulmalıdır
- Küresel durumsal farkındalık, operatörün hedefleri arasındaki durum hakkında genel bir bakış sunarak desteklenmelidir.
- Gelecekteki olayların ve durumların öngörülmesi için sistem tarafından üretilen destek, 3. Seviye durumsal farkındalığı desteklemelidir.

- Sistem tasarımı çok tipli olmalı ve bilgilerin paralel olarak işlenmesini desteklemek için sırayla değil, farklı kaynaklardan gelen verileri bir araya getirmelidir.

Sonuç olarak, hem durumsal farkındalık kazanma sürecini hem de durumsal farkındalık ürününü değerlendirebilecek pratik önlemler geliştirilmiştir. Durumsal farkındalığın arttırılması, iki ana stratejiye odaklanmış gibi görünmektedir. Bunlardan birincisi, daha iyi örneklemeyi teşvik etmek ve bilişsel iş yükünü azaltmak için sistem arayüzünün tasarımını geliştirmektir. İkinci strateji ise, bireysel ve takım seviyelerinde durumsal farkındalık eğitime önem vererek gerekli kişileri durumsal farkındalık bakımından daha iyi hale getirmek için eğitmektir.

3.3. Hatalar Zinciri ve İsviçre Peyniri Modelleri

Günümüzde “bir hata genellikle diğerlerini doğurur” sözünü arada duyarız. Havacılıkta da uçağı kullanan bir pilot için bu durum geçerlidir.. Bakıldığında, kazalar, sonunda birikebilecek ve ciddi sonuçlara yol açabilecek küçük hataların toplamıdır. Kazalar, bir kez harekete geçen ve domino etkisinde hareket eden, pilot tarafından erken yakalanmadığı takdirde felaket sonuçlara neden olabilecek bir hatalar zincirinin sonucudur.

Hata zinciri kavramı, insan hatası kazalarının, bir aksilikle sonuçlanan bir dizi olayın sonucu olduğunu kabul eder. Bir kaza veya olaydan tek başına sorumlu olan tek bir olayın gerçekleşmesi çok nadirdir. Bunun aksine, birbirini takip eden bir dizi olay, bir uçuşun tehlikeye grime riskini kümülatif olarak arttırır. Eğer bir pilot bu olaylar gerçekleşmeye başladığında durumu teşhis etmekte ustalaşırsa, kırılamayacak bir hatalar zinciri oluşmadan ve olaylar geri döndürülemeyecek seviyeye gelmeden önce potansiyel olarak tehlikeli herhangi bir durumu önlemek için adımlar atabilir

Bir pilot veya mürettebatın ana hedefi, hata zincirini destekleyici hareketler yapmaktan kaçınmaktır. Hatalar zinciri sırasında oluşabilecek bir durumsal farkındalık kaybı Tablo 3.3’de görülebilecek senaryodan kaynaklanabilir;

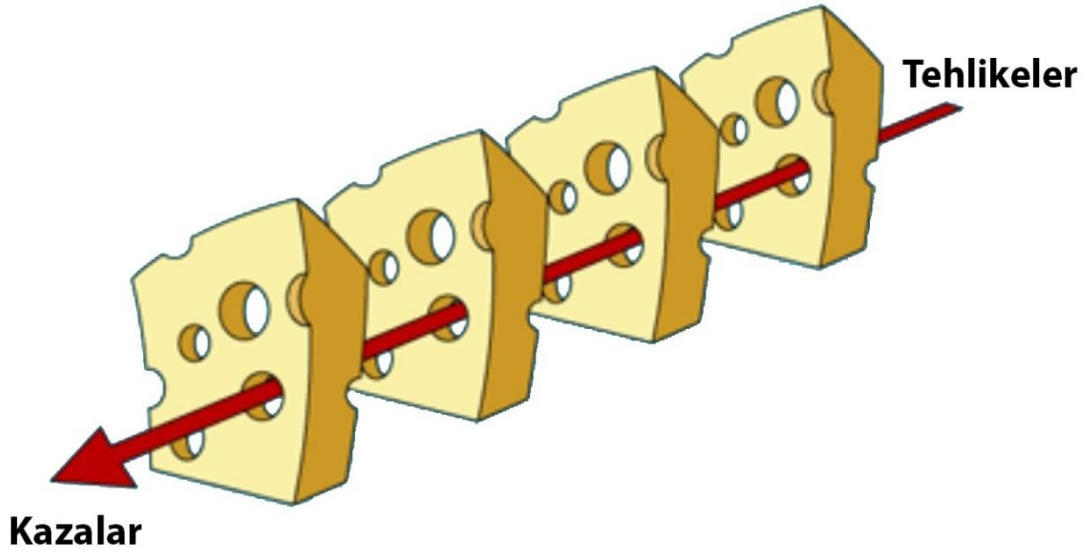
Tablo 3. 3. Hatalar zinciri sırasında durumsal farkındalık kaybı senaryoları

Senaryo	Açıklaması
Belirsizlik Olması	İki veya daha fazla bağımsız bilgi aracı kaynağı, kılavuzlar, pilotlar veya göstergelerde farklılık olmasıdır.
Kafa Karışıklığı, Boşluk Hissi	Bir uçuşta her şeyin doğru olmadığı hissidir
Çözülmemiş Tutarsızlıklar	Bilgi ya da fikir çatışmalarını çözmede bir başarısızlık olduğunda ortaya çıkar.
Sabitlenme, Meşgul Olma	Genellikle dikkat dağılması sonucu, tüm dikkatin tamamen bir ögeye veya bir olaya karşı verilmesi ve başka olayların farkına varılamaması sonucu ortaya çıkar.
Eksik İletişim	Kişinin düşüncelerini, fikirlerini kendine saklamasından ve anlaşmazlıkları veya yanlış anlamaları kişilerin çözmemesidir.
Minimum İşletme Standartlarını veya Çalışma Sınırlamalarını İhlal Etmek	Kasten veya kasıtsız olarak irtifa kısıtlamaları, hız limitleri gibi uçuş esnasında uyulması gereken havacılık standartların dışına çıkılmasıdır.
Hedeflere Ulaşılamaması	Bu hedefler tahmini varış zamanı(ETA), irtifa, hız, yaklaşma minimumları veya yakıt rezervleri olabilir.
Standart Çalışma Prosedürlerinden Ayrılma	Yolcuları, pilotu veya uçuş güvenliğini tehlikeye atmamak için tasarlanan prosedürlere kısmen uyulması veya hiç uyulmamasıdır.

Hata zinciri kavramına yol açabilecek potansiyel durumları tanımak, hem pilot hatalarını azaltmada hem de kişilerin durumsal farkındalığını ve dolayısıyla uçuş güvenliğini arttırmada önemli bir adımdır. Bu nedenle kişilerin eğitimleri sırasında üzerinde durulması, geçirtilmemesi gereken bir kavramdır.

Kazaların oluşmasında önemli olan diğer bir kavram olan İsviçre Peyniri Modeli, Manchester Üniversitesinden James T. Reason ve arkadaşı Dante Orlandella tarafından ortaya atılmış ve dünya çapında kabul görmüştür.

İsviçre Peyniri Modelinin temeli katmanlara dayanmaktadır. Savunulan her katmanın bir zayıf noktası olduğunu öngörür. İdeal bir dünyada, her savunma katmanı sağlam olacaktır. Ancak gerçeğe baktığımızda, daha çok İsviçre peyniri dilimleri gibidirler, birçok deliğe sahiptirler ve bu delikler dinamikler. Yani, sürekli olarak her katmanda yeni delikler açılır, kapatır ve yerleri değişir. Herhangi bir katmanda da zayıf nokta bulunması normalde tek başına kötü bir olayla sonuçlanmaz[15]. Lakin, bu birçok katmanda bulunan zayıf noktalar, anlık olarak sıraya girdiğinde kaza fırsatlarının yörüngesine izin verir ve kazalar her katmandaki zayıf noktaları geçerek gerçekleşebilir.(Bkz. Görsel 3.1)



Görsel 3.1. *İsviçre Peyniri Modeli*[16]

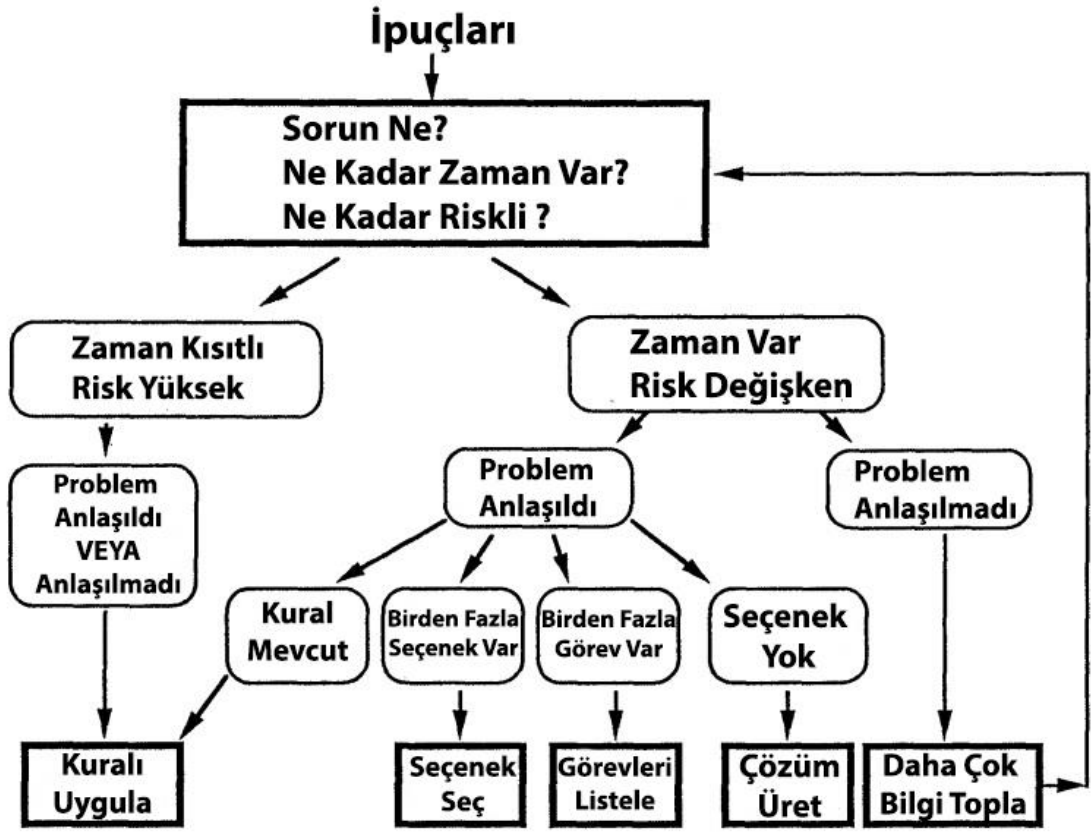
Hatalar hakkındaki en önemli şey, tekrarlanmasıdır. Aynı durumun farklı insanlarda aynı şekilde sonuçlanabileceği unutulmamalıdır[16].

3.4. Karar Verme

Uçuş eğitiminin büyük bir kısmı pilotlara, motor arızaları veya elektrik sistemi arızaları gibi uçuş sırasında ortaya çıkacak acil durumları nasıl ele almaları gerektiğini öğretmeye yöneliktir. Bununla birlikte, pilotlara, olası bir problemin varlığını nasıl tanıyacağını ve izleyeceğini öğretmek için nispeten daha az zaman harcanmaktadır. Bu da kazaya yol açabilecek bir uçuş arızasıyla ilişkili riskleri en aza indirmenin önüne geçmektedir. Kabul edilebilir kaza oranı riskini azaltmanın en iyi yolu pilotlara daha iyi kararlar vermeyi öğretmektir.

İnsan beynindeki ana kusur, insanın kısa süreli hafızasının oldukça güvenilir olmasıdır. Verinin yanlış algılandığı veya unutulduğu hatırlama problemleri yaygındır ki bu durum hataya zemin hazırlar. Örneğin, hava araçları kontrol listeleri pilotta motivasyon kaybına ve boş vermeye yol açabilecek sıkıcı rutin görevler haline gelebilirler[17].

Karar verme(Decision Making) perspektifleri üzerine çalışan bir bilim insanı olan Judith Orasanu, iki aşamalı olan “Durum Değerlendirmesi ve Müdahale Seçimi” adında bir karar süreci modeli geliştirdi[18]. Tabi uygulama anında bu iki aşama tekrar eden(iteratif) bir hal almaktadır çünkü bir olay sonrası eylemde bulunmak sürekli olarak durumu değiştirmekte ve böylece bunun sonucunda yeni kararlar alınması gerekmektedir. Karar stratejilerini etkilediği ortaya çıkan iki faktör zaman baskısı ve risktir. Zaman baskısının stratejilerdeki yapılabilecek muhtemel değişiklikleri azalttığı ve karar vermede kullanılan bilgileri kısıtladığı gözlemlenmiştir.(Bkz. Şekil 3.6)



Şekil 3. 6. Durum değerlendirmesi ve müdahale seçimi karar modeli[18]

Şekilde yukarıda olan büyük dikdörtgen durum değerlendirmesi bileşenini temsil etmektedir. En alttaki dikdörtgenler, hareket bileşeninin seyrini temsil ederken, kenarları yuvarlatılmış kareler ise koşulları ve uygunlukları temsil etmektedir.

Havacılık endüstrisinde, bir uçağı tek bir pilot uçuruyor olsa bile alınması gereken kararlar nadiren tek kişi tarafından uygulanır. Uçak tek bir pilot tarafından uçurulurken dahi, yer desteğı genellikle sağlanmaktadır. Sağlıklı ve iyi bir karar verebilmek için, kaynak gereksinimlerini ve kapasiteyi iyi değerlendirmek şarttır. Bunun için pilotlar, “Neye ihtiyacım var ?” ve “Neye sahibim ? ” sorularını kendilerine sormayı iyi öğrenmeli ve görevlerinde başarılı olmak için ihtiyaç duydukları şeye sahip olduklarından emin olmalıdırlar[18].

Ticari hava taşımacılığında ise, kabin ekibi, ATC, hareket memurları(dispatcher) ve bakım personeli uçuş ekibine ek bilgi, öneri veya bakış açısı sunabilirler. Bu kaynakları kullanmak, kaptanın karar verme sorumluluğunu etkilemez, ancak vereceğı potansiyel kararlar için zenginleştirilmiş bir bilgi havuzu sunabilir. Alınan bilgi veya önerilerin kalitesini değerlendirmek yine kaptana bağlıdır. Uçuş güvertesinin içine veya

dışına başkalarını dahil edip iletişim kurarak ortadaki sorunun ne olduğunu ve neyin gerekli olduğu konusunda fikir alışverişinde bulunmak, yani başka bir deyişle, sorun için “paylaşılan bir zihinsel model” oluşturmak karar verme aşamasında ciddi avantajlar sağlayabilir. Verilmesi gereken önemli kararlar genellikle optimal durumlardan daha kötü durumdayken ortaya çıkar(Yüksek risk, zaman baskısı, yüksek iş yükü veya belirsiz koşullar).

İnsanın öğrenme doğası üzerine düşünüldüğünde, insanlar her zaman uygulayarak öğrenmede daha başarılı olmuşlardır. Bu durum, büyük ölçekli hava yollarının kabin koordinasyonunu gerçek bir hava aracı dışında en yüksek derecede gerçekçilikle sağlanabilen tam zamanlı görev simülatörlerini kullanarak gerçekleştirmesinin sebebidir. Realistik durumlarda pratik yapmak, bilgiyi bilip kullanamama durumuna (etkinlik göstermeyen bilgi) karşı en iyi teminatıdır[18].

Karar verme tanımına, kısıtlamalarına ve örnek karar verme modeline baktığımızda üç sonuca rahatlıkla ulaşabiliriz.

- Öncelikle, uzmanların uzun dönem hafızalarında halihazırda mevcut olan spesifik içerik bilgisini geliştirmeye ve bu bilgileri karar vermede uygulamak için strateji geliştirmeye önem verilmelidir.
- İkincisi ise, iyi yönetilen kokpitlerde iyi kararlar alınır. Bu nedenle, etkili karar verme becerilerini destekleyen görev yönetimi ve iletişim stratejilerini geliştirmek önemlidir.
- Gerçek hayatta pilotların olası bir acil durumda karar verme bakımından en iyi şekilde düşünebilmeleri ve soğukkanlı kalabilmeleri için, eğitimleri esnasında ve sonrasında gerçekçi uçuş simülatörleri tarafından oluşturulan yapay acil durumlar ile hatırı sayılır bir miktarda alıştırma yapmaları önemlidir.

4. İNSAN FAKTÖRLERİ VE KOKPİT KAYNAK YÖNETİMİ

Hatalarla yaşamak, ancak hataların etkisini azaltmak insan faktörleri araştırmasının ana amacıdır. İkinci Dünya Savaşı'ndan bu yana, askeri ve ticari hava taşıyıcıları, pilot uçuş hatalarını azaltmak amacıyla, profesyonel uçuş ekipleri arasındaki dinamikleri ve haksızlıkları incelemek için milyonlarca dolar harcadılar. Dolayısıyla günümüzde, insan faktörleri, kokpit kaynak yönetimi, bu araştırma ve incelemelerin doğrudan bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Sivil Havacılık Organizasyonun(ICAÖ) Trollip ve Jensen'in insan faktörleri hakkındaki tanımına yer verdiği yayını baz alarak şunu diyebiliriz ki, insan faktörleri insanlarla ilgilidir. Bunun ötesinde ise çalışma ortamlarındaki insanlarla ve ekipman prosedürleriyle ve çevre ile ilişkileriyle de ilgilidir. En önemlisi ise, diğer insanlarla ilişkilerdir. İnsan faktörleri, havacılık sistemi içindeki insanların genel performansını içerir; İnsan performansını, genellikle sistem mühendisliği çerçevesine entegre olan insan bilimlerinin sistematik uygulamasıyla optimize etmeyi amaçlamaktadır. Yan hedefleri ise güvenlik ve verimlilik olarak gösterilebilir[19].

Yaklaşık 30 yıl önce, 1988 yılında Earn Wiener ve David Nagel'in yazmış oldukları Havacılıkta İnsan Faktörleri kitabı yayınlandı[20]. Yakın bir zaman gibi gözüküyor olsa da, henüz hubble teleskobunun o zaman için yeni çıkmış bir fikir olduğunu unutmamak gerekir. İnsan faktörleri konusu yeni bir kavram değildi ve kökenlerini havacılığın ilk zamanlarına kadar izleyen insan faktörleri araştırmaları, havacılığın emniyetini arttırmada yerini çoktan almıştı. Havacılık tarihinin ve insan faktörlerinin iç içe geçmiş bu noktasında, insan faktörleri araştırmacıları havacılık sistemlerinin tasarımında belirgin olarak yer almaya başladılar. Önceki yıllarda ise, uçak tasarımlarında ve havacılık operasyonlarında insan faktörlerinin çok üzerinde durulmamakla birlikte, insan faktörleri konusunu genel olarak düzeltici bir bilim dalı olarak görülmekteydi[20]. Zamanla ise, kokpit organizasyonu, mürettebat etkileşimi, mürettebatın uygunluğu, karar verme gibi konularla birlikte kabin teknolojisi, dijitalleşmesi ve otomatikleşmesi konuları ön plana çıktı.

1980'lerde havacılıkta otomatik sistemlerin teknolojik ve operasyonel olarak kokpitlerdeki yerini alması yeni yeni şekillenmeye başlamıştı. Tabi insan hayatındaki her yenilik gibi, bu yenilikler de sorgulanmaya başlamıştı. Otomasyonun havacılıkta artan bir rolü olup olmayacağına dair sorular vardı, ancak bu otomasyonun mürettebatın performansı üzerindeki pozitif etkisi büyük ölçüde araştırmalarla desteklenmiştir[20].

Günümüzdeki modern uçaklar, daha önceki uçaklarda mümkün olmayan birçok otomatikleştirilmiş özelliğe sahiptir. İnsan - uçak otomasyon etkileşimini optimize etmek için hala zorluklar olsa da, son yirmi yıldaki ilerleme ile, insan operasyonel ihtiyaçları göz önünde bulundurularak tasarlanan kokpitler karşımıza çıkmaya başlamıştır.

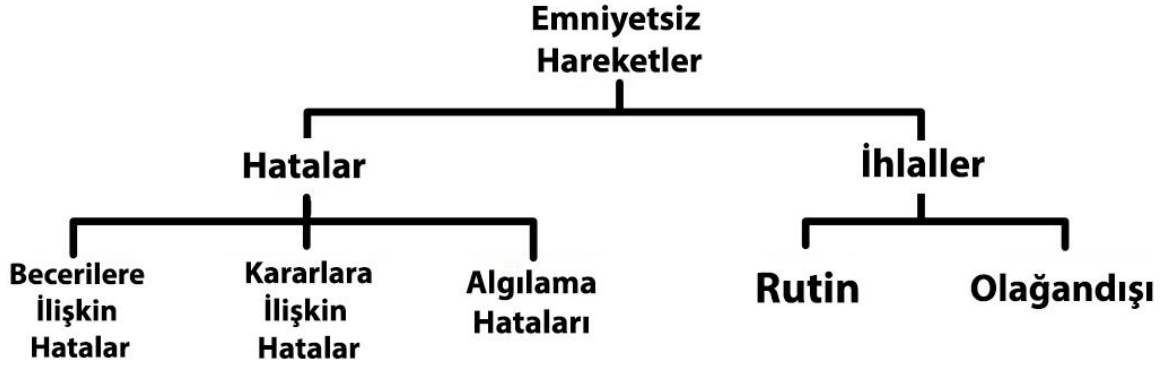
Otomasyondaki bu gelişmelere benzer şekilde, kokpit enstrümantasyonları da bilgisayar ve ekran teknolojisindeki teknolojik gelişmeler doğrultusunda sürekli olarak gelişmiştir. Optimal bilgi gösterimine odaklanan ekran teknolojisi, havacılık insan faktörleri konusunda en çok çalışma yapılan alanlardan biri olmuştur[20]. Bu durumda, fiziksel konum ve ekran boyutu en önemli özellikler arasındadır. Şimdi, giderek dijitalleşen kokpit aletleri ve ekranlar ile, tek bir ekranda çok daha fazla uçuş veya uçakla ilgili bilgiyi barındırmak ve gözlemlemek mümkündür.

İnsan faktörleri araştırmasının ve “Kokpit Kaynak Yönetimi” eğitiminin odağı, herkesin yetersiz uçak sistemi tasarımının veya operatör eğitiminin pilot hata ve kazalara katkıda bulunabileceğinin farkına varmasıdır. Dahası, yetersiz pilot görev yönetiminin ve tasarımın, sistem performansının aşınmasına yol açan hatalara katkıda bulunabileceğini göstermektedir.

4.1 Emniyetsiz Hareketler Konsepti

Baktığımızda, bir makine veya sistem uçuşta başarısız olursa, arızaya karşı her zaman telafi edici olan bir insandır. Ayrıca, pilot makinenin yerini doldurmanın rolünü oynayacaktır. Pilotun durumu karşılamaadaki başarısı veya başarısızlığı, sorunu anlama ve rasyonel düşünme yeteneğine dayanır. Dahası, bir etkinliğin sonucunu belirleyen pilotun zihinsel tutumu ve makyajıdır

Emniyetsiz hareketlere baktığımızda Şekil 4.1'deki gibi bir şema karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 4. 1. Emniyetsiz hareketler konsepti[1]

Emniyetsiz hareketleri hazırlayan ön koşulları düşündüğümüzde, bunların kişinin standartlara uymayan durumu veya kişinin standartlara uymayan uygulamaları olduklarını Şekil 4.1'den görebiliriz. Kişinin standartlara uygun olmayan durumunu oluşturan etmenler şunlar olabilir;

- Uygun olmayan fizyolojik durumlar
- Uygun olmayan zihinsel durumlar
- Fiziksel veya zihinsel sınırlamalar

Olumsuz fizyolojik durumlar, kişinin faaliyetlerini emniyetli bir biçimde yapmasına engel olan fiziksel durumlara sahip olmasıdır. Bunlara örnek verecek olursak;

- Hastalıklar
- Yorgunluk
- Uykusuzluk
- Kulak Rahatsızlıkları
- İlaç kullanılması diyebiliriz.

Olumsuz zihinsel durumlar için ise, basitçe kişinin performansını olumsuz yönde etkileyen mental durumlar denebilir. Bunlara örnek verecek olursak;

- Motivasyonun kaybolması
- Uykusuzluk veya stres kaynaklı olarak oluşan bilişsel çökme, yorgunluk veya dikkat eksikliği
- Kişinin kendine karşı olan aşırı güveni, kibir, düşüncesiz davranmak gibi zararlı tutumlar
- Durumsal farkındalığın kaybolması.

Fiziksel ve zihinsel sınırlamalara baktığımızda, görev gereksinimlerinin kişinin özelliklerini veya yeteneklerini aştığı durumlar bütünüdür. Bu durumlara örnek verecek olursak;

- Görme yetenekleri, gece görme yetenekleri
- Kişinin bilgi işleme kapasitesi ve bu bilgiye karşı gerekli reaksiyonun oluşturulma yeteneğinin sınırlı, zayıf olması
- Kişinin havacılık faaliyetleri için gerekli yeteneklere tam anlamıyla sahip olmaması

Kişinin standartlara uygun olmayan uygulamalarına göz attığımızda ise şunlarla karşılaşabiliriz;

- Etkin olmayan insan-insan etkileşimleri
- Göreve dair kişisel uygunluğun sağlanamaması

Ön koşullar haricinde ise, Şekil 4.1’den görüldüğü üzere, Emniyetsiz Hareketleri oluşturan iki ana unsur hatalar ve ihlallerdir.

Hata kelimesinin anlamına bakacak olursak, tasarlanan çıktıları üretmeyen veya üretemeyen bilişsel ya da fiziksel faaliyetler bütünü olduğunu söyleyebiliriz. Hatalar kasıtlı olarak yapılmazlar, kişinin beceri miktarına, aldığı kararlara veya olayları algılama biçimine göre ortaya çıkabilirler.

İhlaller ise, kişinin faaliyet sürecini düzenleyen düzenlemelere kasıtlı olarak uymamasıdır. Diğer bir açıklama ile ise, kişinin havacılık faaliyetlerinde emniyeti sağlayacak düzenlemeleri bilerek ve isteyerek ihlal etmesidir. Sıklık miktarına baktığımızda hatalardan daha az sıklıkla ihlaller yapıldığını görebiliriz. İhlaller iki gruba ayrılmaktadır, rutin ihlaller ve olağandışı ihlaller.

Rutin ihlallere bakarsak, bu tip ihlallerin alışkanlık kazanılmış ve otoriteler tarafından hoş görülen(Müsamaha edilen) ihlallerdir. Örneğin, kötü hava koşullarında izin verilmiyor olmasına karşın uçulması gibi.

Olağandışı ihlaller ise, otoriteden bağımsız olarak kişinin kendisinden kaynaklanan ihlallerdir. Örneğin pist içerisinde ATC yönergelerinin beklenilmesinin zorunlu olduğu durumlarda kişinin kendi isteği ile uçağı hareket ettirmesi gibi.

Emniyetsiz hareketleri oluşturan, emniyetsiz düşünce kalıpları ise, risk almaya karşı güvensiz tutumların bir sonucudur. Bir pilot karar verme sürecini bozan tehlikeli düşünce modellerine karşı bir çare geliştirmek ve uygulamak için eğitilirse, pilot daha

iyi kararlar verecektir. Bu nedenle güvenliğin anahtarı, tehlikeli düşünce düzenlerini fark eden ve gerekli çareyi uygulayan pilottur[2]. Emniyetsiz tavırları önlemek için gerekli 5 düşünce şekli Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. *Emniyetsiz düşünce kalıpları ve doğru düşünce şekilleri[2]*

Emniyetsiz Tavır	Örnek Emniyetsiz Düşünce	Doğru Düşünce Şekli
Otorite Karşıtlığı	“Bana karışma, kısıtlamalar beni ilgilendirmez”	“Kuralları uygula, kurallar genellikle doğrudur”
Dürtüsellik	“Şimdi hareket etmeliyim, yeterli zaman yok. Hızlı bir şey yapmalıyım”	“Hızlı hareket etme, önce düşün”
Zarar Görmezlik	“Aynısı bana olmaz”	“Aynısı bana da olabilir”
Maçoluk	“Yapabileceğimi sana göstereceğim”	“Önce karşıdakinin bir fikrini dinlemeliyim”
Boş verme	“Ne anlamı var ki?”	“Aciz değilim, bir fark yaratabilirim”

Emniyetsiz düşünce kalıplarını iyi bir şekilde ele almak, iyi karar vermenin özüdür. Kendisine dürüst bir şekilde bakmak ve tehlikeli düşünce modellerini aklından çıkarmak, pilotun emniyeti sağlamak için bir görevidir. Doğru düşünce şekilleri sadece düşünce olarak kalmamalı aynı zamanda hareketlere de yansımalıdır. Bu nedenle, hatalar başlamadan önce pilot hataları çabuk bir şekilde tanımalı, en aza indirmeli ve bunlara etkili bir şekilde çözmelidir. Sonuçta pilotların yerine getirecek birçok görevi olduğunu ve erken yakalanan hataların nadiren kazalara neden olduğunu unutmamak gerekir. Bundan dolayı pilotlar kendilerini dürüstçe değerlendirmeli ve zayıf yönlerini görmezden gelmenin mantıksız olduğunu anlamalı, hataların veya emniyetsiz tavırların insan doğasında olduğunu unutmamalıdır.

4.2. Kokpit Kaynak Yönetimi

1980'lerin ortasında, çoğu pilot eğitim programlarının odağı, hala büyük ölçüde teknik becerinin geliştirilmesine dayanıyordu. Günümüzde ise teknik becerinin yanısıra artık Kokpit Kaynak Yönetimine bir takım oyunu gibi bakıldığını görebiliriz.

Kokpit Kaynak Yönetimi (CRM), güvenli ve verimli uçuş operasyonları elde etmek için tüm kaynakların etkin bir şekilde kullanılması anlamına gelir ve pilot

kararının çok kişili uçuş ekibine eklenmesidir. CRM'in odak noktası, hem kokpitte olanlar hem de ATC gibi dışarıda olanlar arasındaki iletişimidir. İletişim, kokpit idaresinde hangi yönetim şeklinin benimseneceği anlamına geldiğinden dolayı kritik faktördür[20].

CRM eğitiminin temel amacı, etkin uçuş ekibi iletişimi yoluyla doğru havacılık kararları vermektir. Bu sebeple CRM, pilotları olaydan sonra bir aksaklığa tepki vermenin aksine olayları öngörmek için eğitmek anlamına geliyor da diyebiliriz. CRM, bir pilotun ve ekibin ekip olarak ne kadar iyi çalıştığı ile ilgili bir eğitim konseptidir. CRM kavramı, uçuş ekibindeki mürettebat sorumluluklarının, koordinasyonunun ve ekip çalışmasının insan hatalarına karşı bir önlem olarak kullanılacağını göstermektedir[2]. Bu bakımlardan CRM, kişileri şunlara teşvik eder;

- Bireysel görevler iyi tanımlanmış ve standardize edilmiştir.
- Tüm kokpit dahilindekiler, uçuşun tüm kritik aşamalarında yer almaktadır.
- Gözlemleme sorumluluğu, bilgi toplama ve yorumlama sürecine aktif katılım ile ifade edilir.
- Komutada olan pilot, bir hoşnutsuzluk atmosferi yaratmamalıdır, yani her mürettebat, uçuşun güvenliği konusundaki endişelerini uygun bir şekilde kendisiyle konuşmaktan çekinmemelidir.

Bunların dışında CRM, uçuş sorumluluklarını paylaşmak için açıkça anlaşılmış bir temel kurallar ve prosedürler kümesi oluşturmalıdır. Çünkü CRM çok insanlı bir çalışmayı gerektirdiğinden ötürü, oluşacak fikir ayrılıklarını ortadan kaldıracabilecek bir kurallar veya prosedürler bütünü de olmalıdır.

İnsan ve sektörün ihtiyaçları çevresel koşullar sebebi ile (teknoloji gibi) sürekli değişmeye meyilli olduğundan ötürü, CRM tek bir eğitimden ziyade sürekli olarak kendini yenileme, değerlendirme, adapte etme güdüsü dahilinde hareket etmektedir. CRM'in bileşenleri Görsel 4.1'de verilmiş olup, alt başlıklarına ise Tablo 4.2'de değinilmiştir.



Görsel 4.1. CRM'in bileşenleri

Tablo 4.2. CRM'in bileşenleri ve alt başlıkları

Durumsal Farkındalık Yönetimi	Karar Verme	İletişim	Takım Oluşturma ve Geçindirme	İş Yüğü Yönetimi
Gözlem	Karar	İki Yönlü İletişim	Liderlik	Planlama
Dikkat	Eylem	Brifing	Takım Uyumu	Önceliklendirme
Sezme	Kritik	Özgür Fikir Beyan Etme	Fikir Ayrılığı Çözümleme	Dağıtma
Analizler				

Her ne kadar CRM sürekli olarak yeniliklere adapte olmakta ve yenilemekte olsa da, değişmeyen bazı genel prensiplere de sahiptir. Genel olarak CRM prensipleri şunlardır;

- Çevreyi tanı
- Tahmin et ve plan yap
- Yardım çağrısını erken yap

- Liderlik ve takipçilik üzerine alıştırmalar yap
- İş yükünü paylaş
- Tüm kaynakları kullan
- Etkili iletişim kur
- Gözle, iki kere kontrol et ve eldeki veriyi kullan
- Düzeltme hatalarından kaçın ve onları yönet
- Etkili takım çalışmasına dahil ol
- Etkili bir şekilde dikkat çek
- Öncelikleri dinamik olarak belirle
- Bilişsel yardımları tekrar gözden geçir

Göründüğü üzere CRM, mürettebatın güvenliğini artırmak için sürekli analiz, yeniden tasarlama, geliştirme, sunma, değerlendirme ve revize etme konularında devamlılığı olan bir süreçtir. Yeniden belirtmek gerekirse, önceleri sadece uçuş ekibine verilen önem, günümüzde aynı zamanda tüm havacılık sistemini kapsayacak şekilde değişmiştir.

4.3. Tek Pilot ve Kokpit Kaynak Yönetimi

CRM, profesyonel pilotlara yönelik çok insanlı mürettebat uçuş eğitiminin doğal bir sonucu olarak kabul edilse de tek pilotlu durumlarda kullanım için de mükemmel bir araçtır. CRM eğitimi ve farkındalığı, herhangi bir pilot için kokpit yönetimi ve güvenliğini arttırmada yardımcı olabilir. Bunun dışında, uçuş sırasında çok sayıda genel havacılık pilotu yalnız değildir; gerçekte muhtemelen bir aile üyesi, arkadaş, başka bir pilot veya uçuş eğitmeni ile uçuyorlardır.

Temel CRM ilkeleri, pilot ve sağ koltuğundaki yolcular arasında ekip çalışması ve iletişim kurmak için de kullanılabilir. CRM, efektif sorumlu pilotların hal ve hareketlerini ilgilendiren şaşırtıcı sonuçlara varmış bir çok çalışma için ortamı hazırlamıştır, ki bu durum da kişinin uçağı uçurmaya ve yönetmeye yönelik kişisel tavırlarını değerlendirmede önemlidir[19].

Efektif bir sorumlu pilot şu özellikleri barındırır;

- Kişisel sınırlarının farkındadır
- Acil durumlarda karar verme mekanizmasının zayıflayacağını farkındadır

- Diğer mürettebat üyelerini kararlarını ve davranışlarını sorgulamaya teşvik eder
- Diğer mürettebat üyelerinin uçuş faaliyetlerini etkileyebilecek kişisel problemlerine karşı duyarlıdır
- Kendini, kişisel sınırlarını tartışmak zorunda hisseder
- Kaptanın diğer mürettebat üyelerini eğitmekteki rolünün farkındadır
- Uçağı uçuran pilotun kendini ve planını rahatça ifade edebilmesinin öneminin farkındadır
- Rahat ve dengeli bir kokpit ihtiyacının farkındadır
- En ideal yönetim biçiminin duruma ve diğer mürettebat üyelerine göre değişebileceğinin farkındadır
- Kabin mürettebatı yükümlülüklerinin koordine edilmesinde kaptanın yükümlülüğünü vurgular

Aksine, efektif olmayan bir sorumlu pilot ise şu özellikleri barındırır;

- Maço pilot özelliklerine ve “Ben hep doğrusunu bilirim” klişesine sahiptir
- Stres altındayken veya acil durumlarda kişisel kısıtlamaları tanımaz
- Diğer ekip üyelerinin kaynaklarını kullanmaz, dediklerine önem vermez
- Başkalarının sorunlarına, problemlerine veya tepkilerine karşı daha az hassastır
- Otoriter ve inatçı bir yönetim tavrı kullanma eğilimindedir
- Efektif bir sorumlu pilotun aksine kokpit içerisinde daha gergin bir hava vardır
- Efektif bir sorumlu pilotun aksine kokpit içerisinde çok daha az takım koordinasyonu ve takım çalışması vardır

Özetle, CRM'in tek pilot ile başarılı olması için şu dört hedef tekrarlanmalıdır;

- Kurallara ve düzenlemelere istisnasız uyulmalıdır
- Mürettebat konsepti her üyeye iyi tanımlanmış bir operasyonel görev verir
- Yüksek düzeyde bir güvenlik bilincine sahip olunmalıdır
- Dördüncüsü, operasyonel bir olay veya kazadan elde edilen tecrübeyi yapıcı bir şekilde kullanılmalıdır

CRM, uçuş ekibinden ve tek kişilik pilottan bireysel yetenek ve uçuş iş yükü arasındaki dengeyi sürekli değerlendirmesini ve uçuşu güvende tutmak için uygun davranışları sergilemesini gerektirir. Pilotlar, CRM eğitimi ile öğretilen iyi iletişim, karar verme ve organizasyon becerilerini aktif olarak kullanmalı ve bunları havacılığın geneli için geçerli kılmalıdır.

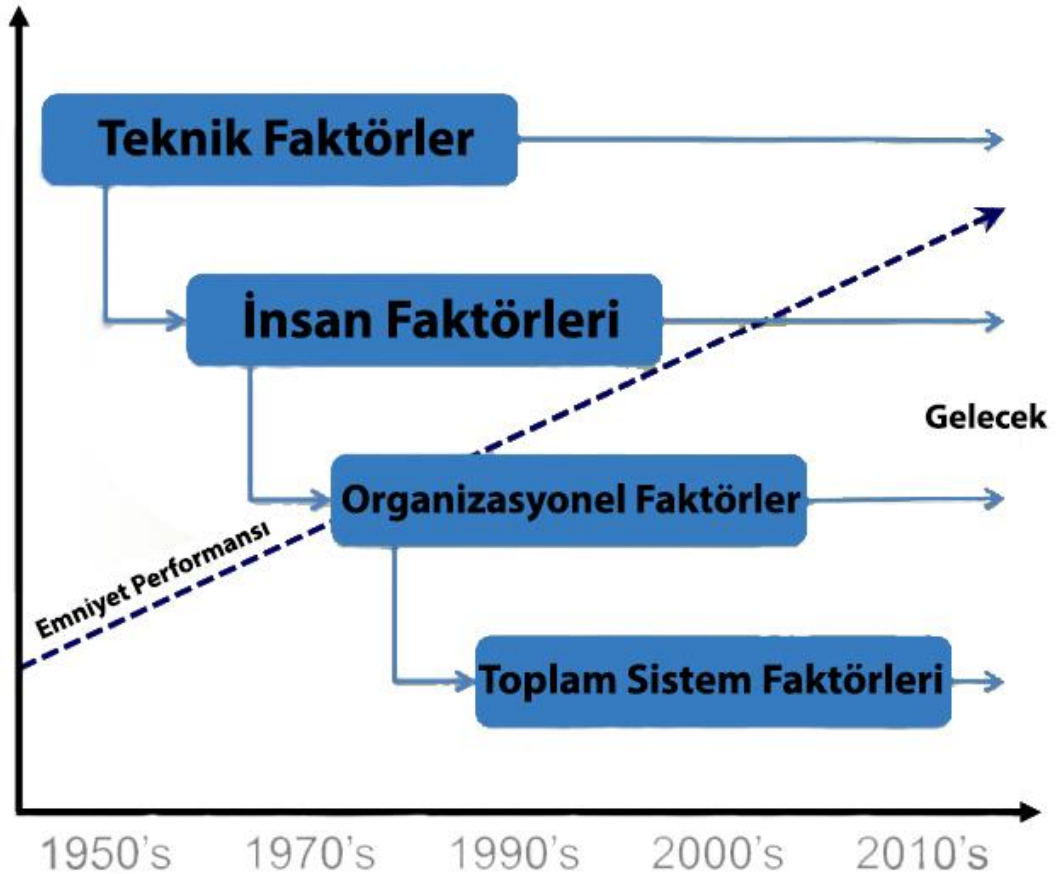


5. EMNİYET KÜLTÜRÜ VE EMNİYET YÖNETİMİ

5.1. Havacılık Emniyeti Ve Emniyet Yönetim Sistemi

Emniyet yönetimi, havacılık kazaları ve olaylarıyla sonuçlanmadan önce güvenlik risklerini proaktif olarak azaltmayı amaçlamakta ve devletlerin güvenlik faaliyetlerini daha disiplinli ve odaklı bir şekilde yönetmelerini sağlamaktadır. Bir devlet ve havacılık endüstrisi, güvenli operasyonlara olan rollerini ve katkılarını net bir şekilde anladıklarında, güvenlik risklerine öncelik vermelerini ve optimal havacılık güvenliği yararı için kaynaklarını daha etkin bir şekilde yönetmelerini emniyet yönetimi sağlamaktadır.

Günümüzün emniyet yönetiminin temelleri 20. yüzyılın başlarında atılmaya başlanmıştır. Havacılık emniyetindeki ilerlemenin geçmişten günümüze olan gelişimi, aşağıdaki görselde(Bkz. Görsel 5.1) gösterildiği ve açıklandığı gibi dört döneme ayrılabilir[21].



Görsel 5.1. Emniyetin geçmişten günümüze değişimi[21]

Teknik dönem, 1900lü yılların başından başlayıp 1960'ların sonuna kadar olan bölümdür. Havacılık bu yıllarda, emniyet eksikliklerinin teknik faktörler ve teknolojik başarısızlıklar ile ilgili olduğu tespit edilen bir toplu taşıma şekli karşımıza çıkmaktadır. Güvenlik çabalarının odağı bu nedenle teknik faktörlerin araştırılması ve iyileştirilmesine odaklanmıştır[21].

İnsan faktörleri dönemi ise, 1970'lerin başlarından 1990'ların ortalarına kadar olan dönemi kapsamaktadır. 1970lerin başında, emniyet ile ilgili regülasyonlar ve havacılıkta yaşanan önemli teknolojik gelişmelerin sayesinde uçak kazalarının sayısında belirgin miktarda bir düşüş oldu. Bu nedenle, havacılık daha güvenli bir ulaşım şekli haline geldi ve insan - makine ara yüzünü de içeren insan faktörleri konularını da içerecek şekilde emniyet çabalarının odağı genişletildi.

Hata azaltma konusundaki yatırımlarına rağmen, insan faktörleri kazalarda kendini tekrarlayan bir faktör olarak gösterilmeye devam etmiştir. Bu yıllarda operasyonel ve organizasyonel kısımları tam olarak düşünmeden, insan faktörleri konusu üzerine çalışan kişiler genellikle bireylere odaklanma eğilimindeydi. Böylelikle 1990'ların başlarına kadar, bireylerin davranışlarını etkileme potansiyeli olan birden fazla faktörü içeren karmaşık bir ortamda çalıştıkları çevrelerce kabul edilmemiştir[21].

Organizasyonel dönem, 1990'ların ortalarında başlayarak günümüze kadar olan yılları kapsamaktadır. Organizasyonel dönem boyunca güvenlik, insani ve teknik faktörlerin yanı sıra örgütsel faktörleri kapsayan sistemik bir bakış açısıyla görülmeye başlandı. Sonuç olarak, organizasyonel kültür ve politikaların emniyet riski kontrollerinin etkinliği üzerindeki etkisi göz önünde bulundurularak “organizasyon kazası” kavramı ortaya atılmıştır.

Rutin güvenlik veri toplama ve analizlerinin reaktif ve proaktif metodolojiler kullanarak yapılabilmesi, organizasyonların bilinen güvenlik risklerini izlemesini ve ortaya çıkan güvenlik sorunlarını tespit etmesini sağlamıştır[21].

Toplam havacılık sistemi yaklaşımı ise 2000'li yıllardan geleceğe doğru olan bölümdür. Günümüzde bir çok ülke ve servis sağlayıcılar kendi emniyet sistemlerini kurarak daha büyük bir olgunluk seviyesine ulaşmışlardır. Bununla birlikte, emniyet yönetim sistemleri, toplam havacılık sisteminin daha geniş bağlamını göz önüne almak yerine, kendi güvenlik performanslarına ve neleri kontrol ettiklerine daha fazla odaklanmışlardır. Bu, havacılık sisteminin karmaşıklığının artmasına neden olmuştur[21].

Emniyet yönetimi ise, gerekli örgütsel yapıları, sorumlulukları, politikalar ve prosedürleri içeren, güvenliği yönetmek için oluşturulmuş olan sistematik bir yaklaşımdır. Bir Emniyet Yönetim Sisteminin amacı, operasyonlardaki emniyet risklerini kontrol etmek için yapısal bir yönetim anlayışı sağlamaktır. Etkili bir emniyet yönetimi, kuruluşun operasyonlarının güvenliği ile ilgili spesifik yapıları ve süreçleri dikkate almalıdır.

Emniyet yönetim sisteminin kullanımı genel olarak güvenlik risklerini kontrol etmek için kalite yönetimi yaklaşımının uygulanması olarak yorumlanabilir. Diğer yönetim fonksiyonlarına benzer şekilde, emniyet yönetimi planlama, organizasyon, iletişim ve yönlendirme gerektirir.

Emniyet yönetim sistemini geliştirme, kurumsal güvenlik politikasını düzenleme ile başlar. Emniyet yönetim sisteminin inşa edildiği ve işletildiği genel prensipleri tanımlar. Bu ilk adım, organizasyon içinde kabul edilebilir emniyet seviyelerine ulaşma stratejisini ana hatlarıyla belirtir.

Güvenlik planlaması ve güvenlik yönetimi prosedürlerinin uygulanması, operasyonlardaki riski azaltmak üzere tasarlanmış süreçlerde atılacak bir sonraki önemli adımlardır. Bu adımlar hazır olduktan sonra, amaçlarına ulaşmalarını sağlamak ve başarısız olduklarında onları iyileştirmek için kalite yönetim teknikleri kullanılabilir. Bu, operasyonların sürekli izlenmesini ve emniyet iyileştirme alanlarının tespit edilmesini sağlayan emniyet güvencesi ve değerlendirme süreçlerinin uygulanmasıyla gerçekleştirilebilir. Basitçe söylemek gerekirse, etkili emniyet yönetimi sistemleri, emniyet hedeflerine ulaşmak için risk ve kalite yönetimi yöntemlerini kullanır. Ek olarak, emniyet yönetim sistemleri, olumlu bir kurumsal güvenlik kültürünün gelişmesini sağlamak ve desteklemek için kurumsal bir çerçeve de sağlar.

ICAO Annex 19, emniyet yönetimine tutarlı bir yaklaşım sağlamak için standart bir çerçeve sunmaktadır. Emniyet yönetim sistemi çerçevesinin tüm unsurları, kuruluşun büyüklüğü ve karmaşıklığına bakılmaksızın uygulanır. Ancak, SMS kurum ve faaliyetlerine göre uyarlanmalıdır.

ICAO SMS çerçevesini oluşturan dört bileşen ve on iki unsur aşağıdaki gibidir;

- **Emniyet politikası ve amaçları**
 - Yönetim taahhüdü ve sorumluluğu

- Emniyet sorumlulukları
- Kilit görev oynayan emniyet personelinin atanması
- Acil durum müdahale planlamasının koordinasyonu
- Emniyet yönetim sistemi dökümantasyonu
- **Emniyet risk yönetimi**
 - Tehlike tanımlama
 - Emniyet riskinin değerlendirilmesi ve azaltılması
- **Emniyetin güvencesi**
 - Güvenlik performansı izleme ve ölçümü
 - Değişimin yönetimi
 - Emniyet yönetim sisteminin sürekli iyileştirilmesi
- **Emniyetin teşviki**
 - Eğitim ve öğretim
 - Emniyet iletişimi

5.2. Havacılık ve Emniyet Kültürü

Bir organizasyon içindeki bir emniyet kültürü, çalışanların, yöneticilerin, müşterilerin ve genel halkın üyelerinin tehlikeli veya tehlikeli olarak değerlendirilen koşullara maruz kalmasını en aza indirmekle ilgili bir dizi inanç, norm, tutum, rol ve sosyal ve teknik uygulamalar olarak kabul edilebilir. Aktif bir emniyet kültürü, bir emniyet yönetim sisteminin devam eden başarısı için hayati önem taşıyan bir kalp olarak düşünülebilir. Sistemin amaçlandığı gibi sürekli bir gelişim döngüsü sağlamasına yardımcı olmak için gereken dinamik enerjiyi verir. Bu sadece liderlik, taahhüt ve iyi bir örnek oluşturarak geliştirilebilir.

Daha geniş bir tanım olarak bakıldığında, emniyet kültürü, bir organizasyonun her düzeyinde her üye tarafından paylaşılan, emniyet konularında kalıcı değerler, davranışlar ve tutumlar kümesidir denebilir[21]. Emniyet kültürü, her bir bireyin ve organizasyonun her bir parçasının aşağıdakileri hangi ölçüde uyguladığıdır;

- Emniyet risklerinden ve faaliyetlerinin neden olduğu tehlikelerden ne kadar haberdar oldukları
- Emniyeti korumak ve geliştirmek için çabalamak
- Emniyet sorunlarıyla karşılaştıklarında isteklilik ve adaptasyon miktarları
- Emniyet sorunlarını iletmek için isteklilik

- Kurum genelinde emniyetle ilgili davranışların tutarlı bir şekilde değerlendirilmesi

Şekil 5.1’de emniyet kültürünün bileşenlerinin tanımlarına yer verilmiş, sonrasında ise bu bileşenlerin açıklamaları maddeler halinde verilmiştir[22].

Öğeler arasında karşılıklı ilişki olduğunu unutmamak önemlidir. Örneğin, öğrenme kültürü, adil kültüre bağlı olan iyi bir raporlama kültürüne ihtiyaç duymaktadır. Sadece unsurlar arasındaki karşılıklı ilişki değil, yönetimin bu unsurları teşvik etmek ve başarılarını taahhüt etmek için politikalar, prosedürler ve araçlar oluşturmadaki rolü dikkate alınmalıdır. Bunlarla, bir kuruluş güçlü, pozitif bir güvenlik kültürü elde edebilir.



Şekil 5. 1. Emniyet kültürünün bileşenleri[21]

5.2.1. Adil kültür

Bütün çalışanlar, hataların ve emniyetsiz hareketlerin kaynağına ve koşullarına bakılmaksızın cezalandırılmasının kabul edilemez olduğunu açıkça anlamalı ve kabul etmelidir. Bununla birlikte organizasyonel kazalara katkı sağlayan veya sağlayabilecek bütün hareketlere kapsamlı yaptırım uygulanmaması da aynı derecede kabul edilemezdir.

5.2.2. Bilinçli kültür

Yönetim, insanların kendi faaliyet alanlarında ortaya çıkan tehlikeleri ve riskleri anladıkları bir kültürü teşvik eder. Personele güvenli bir şekilde çalışması için gerekli

bilgi, beceri ve iş deneyimi sağlanır ve güvenlikle ilgili tehditleri tanımlamaları ve üstesinden gelmek için gerekli değişiklikleri aramaları teşvik edilir. Bilinçli bir kültür, güçlü bir raporlama kültürüne sahip olmaya dayanır.

5.2.3. Öğrenme kültürü

Raporlar, yalnızca bir kuruluş onlardan öğrenirse etkilidir. Öğrenme hem reaktif hem de proaktif güvenlik değerlendirmelerinden ortaya çıkmalı ve adapte olma ve gelişmeye yönelik içsel bir organizasyonsal isteklilik tarafından desteklenmelidir.

5.2.4. Esnek kültür

Bir emniyet kültürü, karar alma süreçlerinin kararın aciliyetine ve ilgili kişilerin uzmanlığına bağlı olarak değiştiği anlamda esnektir.

5.2.5. Raporlama kültürü

Mesele kuruluşun bir raporlama sistemine sahip olup olmaması değil, uygulama esnasında hataların, kaçırılan noktaların, tehlikelerin ve risklerin rapor edilip edilmediğidir. Raporlama kültürü, organizasyonun suçlama ve cezaları nasıl ele aldığına bağlıdır. Suçlama, hataya yapılan rutin yanıt ise, rapor gelmeyecektir. Öte yandan, umursamazlık veya kötülük içeren ahlaksız davranışlar için suçlama yapılmazsa, genel olarak raporlama yıldırıcı olmayacaktır.

Sonuç olarak, emniyet kültürü değerlendirmelerinin, zayıf noktaların tespit edildiği yerde meydana gelen değişikliklerle takip edilmesi önemlidir. Çalışanlar katılımlarından gerçek bir fayda görmezlerse emniyet yönetiminin geliştirme sürecinden soğurlar.

Uygun araçları kullanarak ve sonuçları doğru bir şekilde değerlendirerek, geliştirme stratejileri ve eylem planları oluşturabilir. Geliştirme stratejileri, güvenlik göstergeleri tarafından belirlenen zayıf noktalara odaklanmalıdır.

Eylem planları gerçekçi olmalı. Çalışanlar, eylem planları ve güvenlik kültüründe belirlenmiş zayıf yönleri arasındaki bağlantıları görebilmelidir. Üst düzey yönetim desteği alınması ve planlanan eylemleri gerçekleştirmek için gerekli kaynakların alınması gerekiyorsa, eylemlerin iş planına bağlandığından emin olunmalıdır. Bu noktada emniyet kültürü bileşenlerine geri dönmelidir. Eylem planlarını yönlendirmek için bunların en iyi şekilde nasıl kullanılabileceği üzerine düşünülmelidir.

Son olarak, zamanında geri bildirimin ve izlemenin kritik öneme sahip olduğu unutulmamalıdır. Geri bildirim ve izleme, değerlendirmenin tamamlanmasından sonra mümkün olan en kısa sürede yapılmalı, böylece personel emniyet yönetiminde momentumun korunmakta olduğunu görmelidir. Geliştirme faaliyetlerinin veya diğer değişikliklerin başlatılmasının ardından geri bildirim sağlanıyorsa, değişikliklerin emniyet kültürü değerlendirmesi bulgularıyla nasıl ilişkili olduğu, değişikliklerin ne olduğu ve çalışanların ne görmeyi beklediği netleştirilmelidir. Ve bu, geri bildirim sürecinin ilk safhalarında yapılmalıdır.



6. KOKPİTLERDE DİJİTALLEŞME

Havacılık elektroniği ve aviyonikler, her zaman teknolojik ilerlemenin odak noktalarından biri olmuştur. Modern uçaklardaki gelişmiş elektronik ekranlar ve kontroller, bir asırdan fazla süren gelişimi yansıtmaktadır. Gelişme, uçağın kokpitini bir çalışma ortamı olarak daha konforlu ya da uygun hale getirmek için değil, iki ana baskı sonucu gerçekleşmiştir. Bunlar, güvenlik ve ekonomidir ve aralarında kaçınılmaz bir etkileşim vardır. Yaklaşık bir asırdır gelişen ve hala gelişmekte olan uçak elektroniği ekipmanlarının tartışmasız en önemli parçalarından birisi bilgi görüntüleme ekranlarıdır.

1970'lerin sonlarında ilk modern kokpitlerin(Glass kokpit) ortaya çıkmaya başlamasıyla kokpit göstergelerinde bir devrim başladı. Havacılık aletlerindeki en son teknoloji, pilotların yönetmek ile sorumlu olduğu 100 bileşeni aşan gerekli bilgilerin olduğu ekranların ve giriş cihazlarının karmaşık konfigürasyonlarını içeriyordu[20].

Her yeni uçakla birlikte, kokpit gösterge tasarımcılarının odak noktası daha fazla kokpit gösterge alanı bulmak ve bu kısıtlı alanda gösterilen bilginin miktarını optimize etmek olmuştur[23]. Teknolojik sınırlamalar nedeniyle, her bir ölçü aleti tek bir bilgi parçasını temsil etmek zorundaydı. Ki bunların hepsi birbiri ile bağlı ve ilgili diğer bilgi parçalarıyla bütünleşmek zorunda kaldı.

İnsan faktörleri perspektifinden bakıldığında, ekran verimliliğini en üst düzeye çıkarmak, en kritik bilgilerin asgari görsel tarama gerektiren bir şekilde konumlandırılmasının sağlanmasına dayanıyordu ve ilgili bilgilerin yakın aralıklarla yerleştirilmesi için yapılandırıldı. En iyi tarafından bakılacak olursa, bu kalabalık göstergeler kümesi, sürekli olarak uçak ile ilgili bilgilerin eş zamanlı olarak okunmasını sağlamıştır.

Havacılıkta, kokpit görüntüleme teknolojisinin gelişmesi günümüzde hala devam etmektedir. Geçmişte, özellikle 1960'lardan 1980'lere kadar, daha önce bahsedildiği gibi kokpitlerde bir dizi birbiriyle ilişkili büyük ve kalabalık gösterge panelleri hakimdi. Ayrı ekran alanı gerektiren çok sayıda bilgi kaynağı, görsel ve bilişsel iş yükü potansiyelinin artmasına neden olan geniş bir görsel ortam yaratmıştır. Gösterge paneli alanlarının gerçekten sınırlı bir kaynak haline geldiği anda, bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler dijital ekranlara kapıyı açmıştır. Sayısal olarak işlenmiş birden fazla bilgi parçası daha küçük bir ekran alanına entegre edilebildiğinden, sınırlı kokpit alanı kısıtlama sorunlarının birçoğunun üstesinden gelinmiştir. Sonraki otuz yıl boyunca, ekran gösterimi ve bilgi işlem teknolojisindeki gelişmeler kokpitte bilgi erişiminin

niteliğini değiştirdi[20]. Uçak bilgilerini okumak için tekli göstergelerden gelen okumaların entegre edilmesi, birçok bilgi kaynağının birkaç ekrana entegre edilmesiyle yer değiştirildi.

şuanda ise, bugünün ekran teknolojisi geçmişin kalabalık gösterge panellerine nazaran kokpitte görsel olarak bir rahatlama yaratmış ve üçüncü milenyumdan itibaren kokpitleri temiz ve düzenli bir görüntüye sevk etmeye başlamıştır.(Bkz. Görsel 6.1 ve Görsel 6.2) Pilotlar, ortamı görsel olarak taramak yerine, günümüzde gerekli bilgilere bilgisayar ekranındaki veya çok fonksiyonlu ekrandaki(MFD) bir menüden erişebilmektedirler.(Bkz. Görsel 6.3)



Görsel 6.1. *Eski nesil ekran teknolojisi ve kokpit dizaynı[20]*



Görsel 6.2. *Yeni nesil ekran teknolojisi ve kokpit dizaynı[20]*

6.1. Kokpit Tabletleri

Dokunmatik ekran teknolojisi için artık günümüzde yeni bir teknoloji olmadığı söylenebilir. Son yıllarda tüketici pazarında kapladığı yer ile de teknoloji olarak çıktığı ilk yıllara göre çok daha oturmuş bir yenilik olduğunu görüyoruz. Bu teknoloji, bilgiye bireysel olarak, çeşitli endüstrisinde, hatta ev otomasyonunda tablet veya akıllı telefonlar aracılığı ile erişmek için kullanılmaktadır.

Günümüzde havacılık endüstrisi de bu teknoloji ile yakından ilgilenmektedir. Son zamanlarda dokunma etkileşimine sahip tabletler veya cihazlar askeri uçaklarda, ticari jetlerde (Falcon) ve Airbus veya Boeing gibi havayolu şirketlerinde kullanıma sunuldu. Bilgisayar tabletlerinin kokpitte kullanıma sunulması, pilotun uçakla etkileşimde bulunma şeklini değiştirmekte ve kokpitte yeni bir etkileşim yolu sunmaktadır[24]. Dokunma teknolojisi doğrudan manipülasyon, daha kolay el-göz koordinasyonu, daha fazla yazılım esnekliği ve cihazlar için fazladan çalışma alanı gerektirmeyen alan optimizasyonu ile daha az düşünme gerektiren kullanım gibi birçok avantaj sunmaktadır.

6.1.1. Elektronik uçuş çantaları

Elektronik uçuş çantası, pilotun uçuş çantasının elektronik versiyonudur. Basitçe ifade etmek gerekirse, uçuş kılavuzları, kullanım kılavuzları ve yaklaşma plakaları gibi, uçuş sırasında ellerinde bulunması gereken basılı dokümantasyon pilotlarını taşıyan fiziksel bir cihazdır.

Son 20 yılda, Elektronik Uçuş Çantaları uçaklar için modifiye edilmiş dizüstü bilgisayarlardan, tüketici sınıfı tablet bilgisayarlara dayanan tamamen dokunmatik etkileşimli ve yüksek kalitede ekipmanlara dönüşmüştür.

6.1.1.1. Elektronik uçuş çantalarının gelişimi

Havacılığın doğuşundan itibaren, uçuşta pilota referans olan bilgilerin çoğu kağıt üzerindedir. Hem bilgi işlem hem de ekran teknolojisindeki büyük gelişmeler ile, bazı kağıt ürünlerinin hepsinin olmasa bile, bir çoğu elektronik bir versiyonla değişmeye başlamıştır.

Elektronik uçuş çantası fikrinin ilk olarak nerede ortaya çıktığını tam olarak belirlemek zordur. Küresel konumlama sistemlerinin(GPS) daha yaygın ve ucuz bir hale gelmesiyle birlikte, sivil havacılık uçaklarında birkaç hareketli harita tipi cihaz konuldu.

Bu cihazlar daha karmaşık hale geldikçe, bunlara eklenen özellikler de çoğalmaya başladı. Örneğin, bazı uçaklara çok yüksek frekanslı(VHF) radyo vericisi / alıcısı ile entegre edilmiştir. Sonrasında, hava durumu bilgisini gösterir hale geldiler. Son birkaç yıl içinde ise, bu cihazlarda elektronik yaklaşma planları ve havaalanı diyagramları bulunmaya başladı. Tabi tüm bu gelişmelerin hızlanmasında, ticari yolcu taşımacılığı için dünya çapında, aletli yaklaşma plakalarının (IAP'ler) ve navigasyon çizelgelerinin sağlayıcısı olan Jeppesen'in, ürünlerini elektronik formatta kullanıma sunması çok etkili olmuştur[25]. Bu ilerlemeyle, bu basit elektronik uçuş çantaları, kokpitlerdeki kağıtların çoğunun yerini almaya başlamışlardır.

Boeing uçaklarının tümü bundan 15 sene önce, satın alma fiyatında standart ekipman olarak bir Boeing Dizüstü Bilgisayar Aracı (BELT) içermeye başlamıştı. BELT, uçuş ve işletme kılavuzlarından asgari donanım listesine (MEL), dispatch kılavuzlarına ve uçuş ekibi eğitim kılavuzlarına kadar değişen dijital referans kaynaklarına sahipti[25].

Günümüzde ise, elektronik uçuş çantaları server bazlı çalışan birçok işlem kabiliyetine sahip taşınması ve kullanımı kolay, basit kullanıcı arayüzüne sahip tablet bilgisayarlar haline gelmiştir ve çok daha fazla gelişmiş olduğu yadsınamaz bir gerçektir.(Bkz. Görsel 6.4)



Görsel 6. 4. Elektronik uçuş çantası(<http-2>)

Elektronik uçuş çantaları Federal Havacılık Kurulu(FAA) ve Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı(EASA) tarafından kullanım bakımından taşınabilir ve entegre olarak iki sınıfa, yazılımsal olarak ise tip A, tip B ve tip C olarak 3 sınıfa ayrılmaktadır.

A tipi uygulamalar, uçuş ekibi kılavuzları ve havaalanı NOTAM belgeleri gibi basılı belgelerin statik dijital kopyalarının doküman görüntüleyici(PDF, HTML vb) gibi bir uygulama vasıtasıyla gösterilmesinden oluşur.

B tipi uygulamalar, çevirme, yakınlaştırma, kaydırma gerektiren elektronik yaklaşma planlarını veya yaklaşma çizelgelerini içermektedirler.

C tipi uygulamalar ise, navigasyon ve hava durumu radar göstergelerini içeren çok işlevli bir gösterge ekranı (MFD) olarak kullanılabilir. C tipi uygulamalar yazılım sertifikası gibi uçuşa elverişlilik şartlarına tabidir.

Kullanım bakımından sınıflara baktığımızda, Taşınabilir bir elektronik uçuş çantası, uçak kokpitinde kullanılan, ancak uçağın sertifikalı yapılarının bir parçası olmayan bir ana bilgisayar platformudur. Tip A ve B Tipi uygulamaları taşıyabilir. Bu uçuş çantasında meydana gelecek bir hata veya bozulma uçuş emniyetini etkilemeyecektir.

Entegre bir elektronik uçuş çantası ise, Tip A, B ve C uygulamalarını ve ayrıca sertifikalı aviyonik uygulamalarını barındırabilir. Entegrasyonu sağlanan elektronik uçuş çantası platformu, uçak parçası olarak kabul edildiğinden uçuşa elverişlilik onayı almalıdır. Sertifikalı olmayan uygulamaların sertifikalı aviyonik uygulamalara müdahale etmemesi için yazılımı geliştirilirken birbirlerinden ayrı şekilde çalışıyor olmaları (bölümlendirilmeleri) gerekebilir.

6.1.1.2. Elektronik uçuş çantalarının kabiliyetleri ve yararları

Günümüzün elektronik uçuş çantalarına baktığımızda, içlerinde uçuş esnasında veya öncesinde pilotlara yardımcı olacak birçok bilgi barındırabildiklerini görebiliriz. Bunun dışında tablet biçimindeki elektronik uçuş çantalarına baktığımızda, bu tabletleri kullanmak için ana neden, ürünün pratikliğidir. Kokpitte kullanılan mevcut tabletler, pilotlar tarafından kullanılan toplam ağırlığı yaklaşık 25 kiloyu bulan basılı çizelgelerin yerini almaktadır. Elektronik uçuş çantalarının içerdiği bilgilere değinecek olursak;

- Normal kontrol listeleri(Checklist)
- Acil durum kontrol listeleri
- Anormal durum kontrol listeleri
- Uçak ve uçuş operasyonları el kitapları
- Asgari donanım listeleri(MEL)
- Farklı konfigürasyon listeleri
- Elektronik kayıt defterleri
- Chart'lar
- Pist ihlali önlemeye yardımcı sistem
- Araziden kaçınmaya yardımcı sistem
- Hava durumu haritaları
- ADS-B sistemi(Automatic Dependent Surveillance-Broadcasting)
- Trafik çarpışma önleme sistemi(TCAS)

- Bakım bilgileri
- Kabin ve kargonun video kayıtlarına erişim
- Motorlara ait anlık bilgiler
- Hava durumu bilgileri
- Gps bilgileri
- Dolaşım(Taxi) prosedürleri
- Elektronik arıza tespit sistemi

Görüldüğü üzere, elektronik uçuş çantaları pilotların ihtiyacı olabilecek çoğu bilgiyi bünyelerinde barındırmaktadır.

Elektronik uçuş çantasına sahip olmak, halihazırda kullanılmakta olan kağıt belgeleri dijitalleştirir, sadece alan ve ağırlık kazandırmaz, aynı zamanda operasyonel avantajlar da sunar. Elektronik bir uçuş çantası durumsal farkındalığı arttırabilir. Yüksek kaliteli ve çözünürlüklü bir ekrana sahip olduklarından, pilotlar yalnızca yazılar okuyarak değil, resim ve grafikleri kullanarak da kolayca elektronik uçuş çantaları ile iletişime geçilebilirler. Elektronik uçuş çantalarının sahip olduğu tüm avantajlara bakarsak;

- Daha az ağırlık: Elektronik uçuş çantalarının kullanılması, kokpitte bulunan kağıt miktarını azaltır, bu da ağırlığı ve kokpitteki karmaşayı azaltır
- İndeksleme: Bilgiye hızlı ve kolay erişim sağlar
- Bakım onarım hızında artış sağlar
- Operasyonlarda verimlilik artışı sağlar
- Gerçek zamanlı olarak, oldukça kullanışlı ve emniyetli bir şekilde uçak ile yer arasında veri aktarımı, alışverişi sağlar
- Kablosuz veri transferi sayesinde bilgilerin güncel kalmasını ve kolay belge revizyonu sağlar
- Belgeleri güncellemek için gereken süreyi, maliyeti ve iş yükünü azaltır
- Doğru kalkış ve iniş hesaplamaları yapılmasına, yakıt tüketiminin optimize edilmesine ve uçak motorlarının kullanım ömrünün artırılmasına olanak sağlar.
- Uçak performans hesaplamaları ile güvenliği ve dakikliği artırır

- Gerçek zamanlı performans hesaplamaları ile uçak yükleme performansını arttırmaya yardımcı olur
- Gerçek zamanlı hava durumu bilgilerine erişerek rota kararlarının iyileştirilmesini sağlar
- Gerekli bilgilere daha hızlı erişim sağlayarak, pilot'un görev esnasında ve acil durumlarda verimini arttırmaya yardımcı olur.
- Eklenen yazılımlar, önceden elle yapılan, evrak işlerinin hacmini azaltan ve birçok insan hatası payını ortadan kaldıran belirli hesaplamaları içerebilir.
- Bilgi hızlı bir şekilde gönderilir, bu da uçuş raporlarının hızlı ve etkili bir şekilde gönderilebileceği ve herhangi bir sorunun el ile çözülüp evrak işleriyle uğraşmaktan çok daha hızlı bir şekilde çözülmesine izin verebileceği anlamına gelir.
- Gerekli tüm uçuş bilgilerinin elektronik ortamda saklanması pilotu, belgelerin basılı kopyalarını kokpitine taşımaktan kurtarır.

6.1.2. İnsan faktörlerinin önemi

Her endüstri kolu yeni ürün geliştirilmesinde ve sonrasında insan faktörleri mühendislerini kullanır, ancak havacılıkta insanın ve makinenin kağıt üzerinde amaçlandığı gibi etkileşime girmesini sağlamak özellikle kritik öneme sahiptir. Bunun nedeni, dikkati dağıtılmış olan bir pilotun veya pilot tarafından fark edilmeyen bir uyarının sonuçları felaket olabilir

En temel düzeyde, gösterilen herhangi bir bilginin işlenebilmesi için öncesinde algılanması gerekir. Temel olarak pilotlar, uçuşun uygun ve emniyetli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için kritik bilgileri sürekli olarak takip etmeli ve kendilerini çevreleyen elektronik aletlerden çıkarımlar yapmalıdırlar. Ekranlar, görsel algının kritik bir rol oynadığı çoğunlukla görsel iletişime dayalı bir deneyim sunar. Sonuçta, ekranlar çok fazla bilgi ile yüklenmiş ise, gereğinden fazla geniş bir görüntüleme alanına yayılmışsa veya iyi organize edilmemişse, kritik bilgileri bulmak için görsel ortamı taramak daha maliyetli olacaktır. Havacılığın görsel uyaranlar bakımından zengin olması ve ek algısal girdilerin (işitsel, dokunsal) pilot etkileşimini etkilemesi sebebi ile, kullanılacak tabletlerdeki kullanıcı ekranı tasarımlarının pilot üzerinde fazladan iş yükü yaratması ve kritik bilgilerin algılanmasında önemli bir etkisi olabilir[26].

Havacılıkta bahsi geçen çoğu görevler birden fazla bilgi kaynağını etkili bir şekilde idare edebilme yeteneğine bağlıdır. Bu görevler bir görevi tamamlamak için gerekli uçuş bilgisine odaklanmayı gerektiren görevleri dengelemeyi ve değişen ilişkilerin birden fazla değişik bilgi kaynağını gözetlemeyi içerir. Konsantre olmayı gerektiren görevler gereksiz bilgi miktarını azaltırken görevle ilgili bilgilerin gösterilmesini ön plana çıkarmalıdır. Çoğu karmaşık sistemde olduğu gibi, havacılık sisteminde de birkaç saniye içinde izlemeden problem çözmeye kadar değişebilen sayısız görev vardır. Sonuç olarak, kullanıcı ekranı tasarımı arayüz), genel sistem istikrarını sağlamak için pilotların dikkatlerini birden fazla bilgi kaynağı arasında bölüştürmesi gerektiğinin farkında olunarak tasarlanmalıdır. Kokpitte, görev esnasında odaklanmış ve bölünmüş dikkat arasında uygun dengeyi bulmak için kolay bir yol yoktur. Bu sebeple, bilgilerin nasıl görüntülenmesi gerektiğine tasarım esnasında karar verirken, insanın bilgi işlenmedeki dikkat sınırlamalarını anlamak tasarımcılara yardımcı olabilir.

Daha sonra hatırlanması ve kullanılması için bilgilerin depolanması da bilgi işlemede kritik öneme sahiptir. Çoğu durumda, kokpitte görüntülenen bilgilerin bir görevi tamamlamak için diğer bilgi kaynaklarıyla birleştirilmesi, birlikte kullanılması gerekmektedir. Bu sebeple, pilota sunulacak ilgili bilgilerin bir arada gruplandırılması sayesinde ve eş zamanlı yollanacak şekilde bekletilmesi, işlem gecikmeleri sebebi ile oluşacak bilgi bütünlüğünün önüne geçerek pilotun bilgileri bir bütün olarak görebilmesini sağlayabilir[26].

Sonuç olarak, yukarıda anlatılan kavramların her biri, tabletlerden gelen dijital bilgilerin ortamda nasıl gösterildiğinden etkilenebilir. Bunların bilgi işlemede birbirine bağlı olması nedeniyle, gösterim esnasında dikkatle ele alınmalıdır.

Tasarımcılar ekran araçlarını ve kullanıcı arayüzlerini geliştirirken mevcut teknoloji ve insanın bilgi işleme sınırları tarafından büyük ölçüde kısıtlanmaktadır. Ne yazık ki, tasarımdaki insan bilgi işlem sınırlamalarını ele almanın optimal veya en iyi yolu yoktur. Ancak bu kavramları anlayarak bir tasarımcı, insan performansını optimize edebilecek ve hataya neden olabilecek özellikleri sınırlayabilecek tasarım kararları alabilir.

7. CESSNA 172S PERFORMANS KARAR DESTEK SİSTEMİ

7.1. Amaç

Hayatın her alanında olduğu gibi, havacılık endüstrisi de teknolojik gelişmeleri yakından takip etmekte ve teknolojinin tüm nimetlerinden hem havacılık emniyeti hem de insan faktörleri konularında yararlanmaktadırlar. Günümüzde oluşmakta olan kazaların çoğunun hala insan faktörleri sebepleriyle oluştuğunu göz önüne alırsak, kokpitlerde dijitalleşme konusunun önemini daha iyi anlayabiliriz. Kokpitlerdeki bu dijitalleşme, pilot üzerindeki iş yükünü hafifleterek, insan hatalarından kaynaklanabilecek durumların ise teknolojik yeterlilikler çerçevesinde önüne geçerek daha emniyetli bir çalışma ve seyahat ortamı sunmaya yardımcı olmaktadır. Kokpit dijitalleşmesindeki en önemli adımlardan biri, şüphesiz ki, artık günlük yaşantımızın bir parçası haline gelmiş olan ve çoğu insanın kullanımına aşık olduğu bilgisayarlar, tabletler gibi çevre birimlerinin uçak içerisinde kağıt yükünü azaltmak ve pilotların iş yükünü azaltarak görevine konsantre olmasını sağlamak amacı ile kokpit içerisinde kullanımının önünü açmak olmuştur.

Kokpitlerde dijitalleşme bölümünün Elektronik uçuş çantaları alt başlığında gösterilen kokpit içinde kullanılan tabletlerin özelliklerini taşıyan çeşitli yazılımlar piyasada mevcuttur. Boeing ve Airbus gibi köklü ve büyük uçak geliştiricileri belli uçak modelleri için tablet teknolojisini hayata geçirmiş ve satın alım fiyatına belli bir fark uygulayarak havayolu şirketlerine sunmaktadırlar. Tabii ki uçak üreticileri dışında da bu tip teknolojiyi kullanan ve yazılımlar geliştiren foreflight gibi belli şirketler de vardır. Ancak bakıldığında stabil ve az hatalı bir şekilde çalışabilen bilgisayar veya tablet yazılımlarının birçoğu hatırı sayılır bir meblağ karşılığında son kullanıcı ile buluşabilmektedir. Dolayısıyla eğitim amaçlı olarak Cessna gibi küçük bir uçağı kullanacak kişilerin bahsedilen miktarda ödemeyi yapmak istememesi veya yapmaması normal karşılanabilir.

Cessna 172S SKYHAWK için performans karar destek sisteminin geliştirilmesinin temel nedeni, üniversite bünyesinde eğitim uçağı olarak kullanılan Cessna tipi uçaklarda öğrenimini sürdüren pilot öğrenciler, havacılığa merakı olan ve hususi pilot lisansına sahip olan (PPL) insanların ücretsiz olarak stabil bir yazılımdan faydalanabilmesidir. Pilotluk eğitimi almakta olan öğrenciler, uçuş öncesi kullanacakları uçağın kalkış, seyir veya iniş performanslarını uçak el kitabında da bulunan tablolar

aracılığı ile hesapladıktan sonra hesaplamalarını doğrulamak için, dolayısıyla hesaplamalarına bir destek sistemi olarak oluşturulmuş yazılımı kullanabilirler. Geliştirilmiş olan yazılım uçak kullanıcı kitapçığında yoğun olarak işlem yapılması gereken performans bölümü ile ilgili hesaplamaları yapma kabiliyetine sahiptir. İleriki dönemlerde diğer kısımlar da programa entegre edilebilir.

7.2. Yöntem

Performans karar destek sistemi geliştirilirken çeşitli programlardan, kaynaklardan, matematiksel hesaplamalardan ve tablolardan yararlanılmıştır. Bu sistemin bileşenleri, hesaplama yöntemleri, yazılım, algoritma mantıkları sonraki bölümlerde sebepleri ve detayları ile açıklanmıştır.

7.2.1. Karar Destek Sisteminin Bileşenleri

Performans karar destek sistemi bileşenleri toplamda 5 farklı program ve kaynaktan oluşmaktadır. Hali hazırda geliştirilmiş olan yazılım Windows işletim sistemi üzerinde çalıştırılmaya uygun şekilde geliştirilmiştir. Ancak, harici veritabanı kullanıldığından dolayı ileride Android, IOS veya diğer platformlara uyarlanabilir.

Yazılım geliştirme ortamı olarak, Microsoft Visual Studio Community 2017 Version: 15.5.6 kullanılmış olup buna uygun Framework olarak Microsoft .NET Framework 4.7.0 seçilmiştir.

Programlama dili, hem tasarımcının kullanıcı arayüzünü(User Interface) daha zahmetsiz şekilde yapabilmesi hem de kullanıcı deneyimini(User Experience) arttırması bakımından Visual C# olarak belirlenmiştir.

Veritabanı olarak, ileri dönemlerde Windows işletim sistemi hariç diğer platformlarda destek verilebileceği düşünüldüğünden ötürü yazılıma gömülü bir veritabanı ile çalışılmamıştır. Bunun yerine, diğer platformlar da düşünülerek RESTful mimariye sahip bir server(sunucu) üzerinde koşabilen(çalışabilen) ve mobil bir cihazdan erişim esnasında gerekli olan bilgilerin iletim şeklini(JSON) destekleyebilen harici MySQL veritabanı ile çalışılmıştır. MySQL sürümü olarak, projeye başlandığında en güncel versiyon olan 7.7.22 kullanılmıştır.

Veritabanı tasarımı ve testleri esnasında görsel olarak tasarımcıya kolaylık sağlaması bakımından, MySQL Workbench 8.0 Community Edition kullanıcı arayüzü kullanılarak MySQL veritabanına erişim sağlanmıştır.

Geliştirme ortamında(Microsoft Visual Studio) veritabanı işlemlerini sağlıklı bir biçimde yapabilmek için gerekli bağlantı aracı olarak veritabanı ile versiyonlarının aynı olması gözetilerek MySql Connector 5.7.26 tercih edilmiştir.

Performans karar destek sistemi ile doğrudan ilişkili olan bu 5 farklı kaynak ve program dışında, akış şemalarının(Flowchart) kolay oluşturulabilmesi ve iyi ifade edilebilmesi için, SmartDraw 2017 programı kullanılmıştır. Söz konusu performans karar destek yazılımının hesaplamalarında kullanılan veritabanı tabloları Cessna 172S-SKYHAWK Airplane Flight Manual içerisindeki referans tablolar gözetilerek oluşturulmuştur.

7.2.2. Veritabanının oluşturulması

Cessna 172'nin uçuş el kitabının[27] performans bölümüne baktığımızda, kalkış, seyir, iniş, tırmanma oranı ve yakıt hesaplamaları için oluşturulmuş bir tanesi 2 bölümden oluşan toplam 7 adet tablo vardır.

Uçağın kalkış performansı dahilinde pist koşusunu(Ground Roll) içeren tablolar 3 adettir ve her biri ağırlık birimi Pound olacak şekilde ağırlıklarına göre uçağın uçabileceği minimum ağırlık olan 2200 pound ile başlayarak 2400 pound ve son olarak uçağın kapasitesi dahilinde uçabileceği en yüksek ağırlık olan 2550 pound ağırlığına göre ayrılmıştır.

Kalkış koşu mesafesi performansının hesaplanması için gerekli olan bu üç tablonun her biri kendi içerisinde ayrıca, pist basınç irtifasına ve havanın sıcaklığına göre gruplandırılmış koşu mesafelerini içermektedir. Tablolarda 2 adet koşu mesafesi vardır. Birincisi, uçağın hareketine başladığı noktadan itibaren yerden tekerlek kestiği noktaya kadar olan mesafeyi gösterirken, diğeri ise uçağın kalktığı anlamına gelen, yerden 50 feet yüksekliğe ulaştığı andaki mesafeyi göstermektedir.

Öncelikle uçağın 2200 pound ağırlığına göre kalkış mesafelerini gösteren kalkış mesafesi tablosu(Bkz. Görsel 7.1) veritabanında oluşturulmuştur.(Bkz. Görsel 7.2) Oluşturulduktan sonra tablodaki değerler veritabanına girilmiştir.(Bkz. Görsel 7.3)

SHORT FIELD TAKEOFF DISTANCE AT 2200 POUNDS

CONDITIONS:

Flaps 10°

Full Throttle prior to brake release.

Paved, Level, Dry Runway

Zero Wind

Lift Off: 44 KIAS

Speed at 50 Feet: 50 KIAS

Pressure Altitude Feet	0°C		10°C		20°C		30°C		40°C	
	Gnd Roll Feet	Total Feet To Clear 50 Foot Obst	Gnd Roll Feet	Total Feet To Clear 50 Foot Obst	Gnd Roll Feet	Total Feet To Clear 50 Foot Obst	Gnd Roll Feet	Total Feet To Clear 50 Foot Obst	Gnd Roll Feet	Total Feet To Clear 50 Foot Obst
Sea Level	610	1055	655	1130	705	1205	760	1290	815	1380
1000	665	1145	720	1230	770	1315	830	1410	890	1505
2000	725	1250	785	1340	845	1435	905	1540	975	1650
3000	795	1365	860	1465	925	1570	995	1685	1065	1805
4000	870	1490	940	1605	1010	1725	1090	1855	1165	1975
5000	955	1635	1030	1765	1110	1900	1195	2035	1275	2175
6000	1050	1800	1130	1940	1220	2090	1310	2240	1400	2395
7000	1150	1985	1245	2145	1340	2305	1435	2475	1540	2650
8000	1270	2195	1370	2375	1475	2555	1580	2745	1695	2950

NOTE

- Short field technique as specified in Section 4.
- Prior to takeoff from fields above 3000 feet pressure altitude, the mixture should be leaned to give maximum RPM in a full throttle, static run-up.
- Decrease distances 10% for each 9 knots head wind. For operation with tail winds up to 10 knots, increase distances by 10% for each 2 knots.
- For operation on dry grass runway, increase distances by 15% of the "ground roll" figure.

Görsel 7.1. 2200 pound ağırlığa göre kalkış mesafeleri[27]

```
CREATE TABLE `sftd2200` (
  `pressure_alt` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `gnd_roll_temp0` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `obs_clear_temp0` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `gnd_roll_temp10` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `obs_clear_temp10` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `gnd_roll_temp20` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `obs_clear_temp20` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `gnd_roll_temp30` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `obs_clear_temp30` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `gnd_roll_temp40` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `obs_clear_temp40` varchar(45) DEFAULT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_0900_ai_ci
```

Görsel 7.2. 2200 pound ağırlık veritabanı tablosu oluşturma sorgusu

pressu	gnd_ro	obs_de	gnd_roll	obs_de	gnd_ro	obs_de	gnd_ro	obs_de	gnd_ro	obs_de
0	610	1055	655	1130	705	1205	760	1290	815	1380
1000	665	1145	720	1230	770	1315	830	1410	890	1505
2000	725	1250	785	1340	845	1435	905	1540	975	1650
3000	795	1365	860	1465	925	1570	995	1685	1065	1805
4000	870	1490	940	1605	1010	1725	1090	1855	1165	1975
5000	955	1635	1030	1765	1110	1900	1195	2035	1275	2175
6000	1050	1800	1130	1940	1220	2090	1310	2240	1400	2395
7000	1150	1985	1245	2145	1340	2305	1435	2475	1540	2650
8000	1270	2195	1370	2375	1475	2555	1580	2745	1695	2950

Görsel 7.3. sftd2200 veritabanı tablosu ve değerleri

Sonrasında, uçağın 2400 pound ağırlığına göre kalkış mesafelerini gösteren kalkış mesafesi tablosu(Bkz. Görsel 7.4) veritabanında oluşturulmuştur.(Bkz. Görsel 7.5) Oluşturulduktan sonra tablodaki değerler veritabanına girilmiştir.(Bkz. Görsel 7.6)

SECTION 5
PERFORMANCE

CESSNA
MODEL 172S NAV III
GFC 700 AFCS

SHORT FIELD TAKEOFF DISTANCE AT 2400 POUNDS

CONDITIONS:

Flaps 10°

Full Throttle prior to brake release.

Paved, Level, Dry Runway

Zero Wind

Lift Off: 48 KIAS

Speed at 50 Feet: 54 KIAS

Pressure Altitude Feet	0°C		10°C		20°C		30°C		40°C	
	Gnd Roll Feet	Total Feet To Clear 50 Foot Obst	Gnd Roll Feet	Total Feet To Clear 50 Foot Obst	Gnd Roll Feet	Total Feet To Clear 50 Foot Obst	Gnd Roll Feet	Total Feet To Clear 50 Foot Obst	Gnd Roll Feet	Total Feet To Clear 50 Foot Obst
Sea Level	745	1275	800	1370	860	1470	925	1570	995	1685
1000	810	1390	875	1495	940	1605	1010	1720	1085	1845
2000	885	1520	955	1635	1030	1760	1110	1890	1190	2030
3000	970	1665	1050	1795	1130	1930	1215	2080	1305	2230
4000	1065	1830	1150	1975	1240	2130	1335	2295	1430	2455
5000	1170	2015	1265	2180	1360	2355	1465	2530	1570	2715
6000	1285	2230	1390	2410	1500	2610	1610	2805	1725	3015
7000	1415	2470	1530	2685	1650	2900	1770	3125	1900	3370
8000	1560	2755	1690	3000	1815	3240	1950	3500	2095	3790

NOTE

- Short field technique as specified in Section 4.
- Prior to takeoff from fields above 3000 feet pressure altitude, the mixture should be leaned to give maximum RPM in a full throttle, static run-up.
- Decrease distances 10% for each 9 knots head wind. For operation with tail winds up to 10 knots, increase distances by 10% for each 2 knots.
- For operation on dry grass runway, increase distances by 15% of the "ground roll" figure.

Görsel 7.4. 2400 pound ağırlığa göre kalkış mesafeleri[27]

```
CREATE TABLE `sftd2400` (
  `pressure_alt` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `gnd_roll_temp0` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `obs_clear_temp0` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `gnd_roll_temp10` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `obs_clear_temp10` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `gnd_roll_temp20` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `obs_clear_temp20` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `gnd_roll_temp30` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `obs_clear_temp30` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `gnd_roll_temp40` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `obs_clear_temp40` varchar(45) DEFAULT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_0900_ai_ci
```

Görsel 7.5. 2400 pound ağırlık veritabanı tablosu oluşturma sorgusu

pressur	gnd_rol	obs_de	gnd_rol	obs_de	gnd_rol	obs_de	gnd_rol	obs_de	gnd_rol	obs_de
0	745	1275	800	1370	860	1470	925	1570	995	1685
1000	810	1390	875	1495	940	1605	1010	1720	1085	1845
2000	885	1520	955	1635	1030	1760	1110	1890	1190	2030
3000	970	1665	1050	1795	1130	1930	1215	2080	1305	2230
4000	1065	1830	1150	1975	1240	2130	1335	2295	1430	2455
5000	1170	2015	1265	2180	1360	2355	1465	2530	1570	2715
6000	1285	2230	1390	2410	1500	2610	1610	2805	1725	3015
7000	1415	2470	1530	2685	1650	2900	1770	3125	1900	3370
8000	1560	2755	1690	3000	1815	3240	1950	3500	2095	3790

Görsel 7.6. sftd2400 veritabanı tablosu ve değerleri

Bir sonraki adımda, uçağın 2550 pound ağırlığına göre kalkış mesafelerini gösteren kalkış mesafesi tablosu(Bkz. Görsel 7.7) veritabanında oluşturulmuştur.(Bkz. Görsel 7.8) Oluşturulduktan sonra tablodaki değerler veritabanına girilmiştir.(Bkz. Görsel 7.9)

SHORT FIELD TAKEOFF DISTANCE AT 2550 POUNDS

CONDITIONS:

Flaps 10°

Full Throttle prior to brake release.

Paved, Level, Dry Runway

Zero Wind

Lift Off: 51 KIAS

Speed at 50 Feet: 56 KIAS

Pressure Altitude Feet	0°C		10°C		20°C		30°C		40°C	
	Gnd Roll Feet	Total Feet To Clear 50 Foot Obst	Gnd Roll Feet	Total Feet To Clear 50 Foot Obst	Gnd Roll Feet	Total Feet To Clear 50 Foot Obst	Gnd Roll Feet	Total Feet To Clear 50 Foot Obst	Gnd Roll Feet	Total Feet To Clear 50 Foot Obst
Sea Level	860	1465	925	1575	995	1690	1070	1810	1150	1945
1000	940	1600	1010	1720	1090	1850	1170	1990	1260	2135
2000	1025	1755	1110	1890	1195	2035	1285	2190	1380	2355
3000	1125	1925	1215	2080	1310	2240	1410	2420	1515	2605
4000	1235	2120	1335	2295	1440	2480	1550	2685	1660	2880
5000	1355	2345	1465	2545	1585	2755	1705	2975	1825	3205
6000	1495	2605	1615	2830	1745	3075	1875	3320	2010	3585
7000	1645	2910	1785	3170	1920	3440	2065	3730	2215	4045
8000	1820	3265	1970	3575	2120	3880	2280	4225	2450	4615

NOTE

- Short field technique as specified in Section 4.
- Prior to takeoff from fields above 3000 feet pressure altitude, the mixture should be leaned to give maximum RPM in a full throttle, static run-up.
- Decrease distances 10% for each 9 knots head wind. For operation with tail winds up to 10 knots, increase distances by 10% for each 2 knots.
- For operation on dry grass runway, increase distances by 15% of the "ground roll" figure.

Görsel 7.7. 2550 pound ağırlığa göre kalkış mesafeleri[27]

```
CREATE TABLE `sftd2550` (
  `pressure_alt` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `gnd_roll_temp0` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `obs_clear_temp0` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `gnd_roll_temp10` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `obs_clear_temp10` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `gnd_roll_temp20` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `obs_clear_temp20` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `gnd_roll_temp30` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `obs_clear_temp30` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `gnd_roll_temp40` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `obs_clear_temp40` varchar(45) DEFAULT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_0900_ai_ci
```

Görsel 7.8. 2550 pound ağırlık veritabanı tablosu oluşturma sorgusu

pressur	gnd_roll	obs_clear	gnd_roll	obs_clear	gnd_roll	obs_clear	gnd_roll	obs_clear	gnd_roll	obs_clear
0	860	1465	925	1575	995	1690	1070	1810	1150	1945
1000	940	1600	1010	1720	1090	1850	1170	1990	1260	2135
2000	1025	1755	1110	1890	1195	2035	1285	2190	1380	2355
3000	1125	1925	1215	2080	1310	2240	1410	2420	1515	2605
4000	1235	2120	1335	2295	1440	2480	1550	2685	1660	2880
5000	1355	2345	1465	2545	1585	2755	1705	2975	1825	3205
6000	1495	2605	1615	2830	1745	3075	1875	3320	2010	3585
7000	1645	2910	1785	3170	1920	3440	2065	3730	2215	4045
8000	1820	3265	1970	3575	2120	3880	2280	4225	2450	4615

Görsel 7.9. sftd2550 veritabanı tablosu ve değerleri

Bir sonraki adımda, Cessna 172'nin uçuş el kitabında bulunan maksimum tırmanma oranı(Maximum Rate of Climb) tablosu ele alınmıştır. Bu tablo, maksimum tırmanma performansının hesaplanması için gerekli olan, pist basınç irtifası, tırmanma hızı ve havanın sıcaklığına göre gruplandırılmış maksimum tırmanma oranlarını(FPM) içermektedir.

Bu bilgilerden yola çıkarak, Maximum Rate of Climb tablosu(Bkz. Görsel 7.10) veritabanında oluşturulmuştur.(Bkz Görsel 7.11) Oluşturulduktan sonra tablodaki değerler veritabanına girilmiştir.(Bkz. Görsel 7.12)

SECTION 5
PERFORMANCE

CESSNA
MODEL 172S NAV III
GFC 700 AFCS

**MAXIMUM RATE OF CLIMB
AT 2550 POUNDS**

CONDITIONS:

Flaps UP
Full Throttle

Pressure Altitude Feet	Climb Speed - KIAS	Rate of Climb - FPM			
		-20°C	0°C	20°C	40°C
Sea Level	74	855	785	710	645
2000	73	760	695	625	560
4000	73	685	620	555	495
6000	73	575	515	450	390
8000	72	465	405	345	285
10,000	72	360	300	240	180
12,000	72	255	195	135	---

NOTE

Mixture leaned above 3000 feet pressure altitude for maximum RPM.

Görsel 7.10. Maksimum tırmanma oranı tablosu[27]

```
CREATE TABLE `mroc2550` (  
  `pressure_alt` varchar(45) DEFAULT NULL,  
  `temp_20` varchar(45) DEFAULT NULL,  
  `temp0` varchar(45) DEFAULT NULL,  
  `temp20` varchar(45) DEFAULT NULL,  
  `temp40` varchar(45) DEFAULT NULL  
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_0900_ai_ci
```

Görsel 7.11. Maksimum tırmanma oranı veritabanı tablosu oluşturma sorgusu

pressure_alt	temp_20	temp0	temp20	temp40
0	855	785	710	645
2000	760	695	625	560
4000	685	620	555	495
6000	575	515	450	390
8000	465	405	345	285
10000	360	300	240	180
12000	255	195	135	NA

Görsel 7.12. *Maksimum tırmanma oranı veritabanı tablosu ve değerleri*

Maksimum tırmanma oranı tablosuna baktığımızda sağ en altta NA(Not Applicable) ifadesi görülmektedir. Bunun nedeni uçağın 12.000 feet ve 20 santigrat derece sıcaklığı aşan koşullarda, uçuş zarfının dışına çıkmasıdır. Dolayısıyla bu bölgeye düşen hesaplamalar yapılmamaktadır.

İniş koşu mesafesi performansının hesaplanması için gerekli olan tablo kendi içerisinde ayrıca, pist basınç irtifasına ve havanın sıcaklığına göre gruplandırılmış koşu mesafelerini içermektedir. İniş koşu mesafesi tablosu, uçağın maksimum ağırlığı baz alınarak uçuş el kitabında yer aldığı için sadece 1 adet tablodan oluşmaktadır.

Bu sebeple, uçağın 2550 pound ağırlığına göre iniş mesafelerini gösteren kalkış mesafesi tablosu(Bkz. Görsel 7.13) veritabanında oluşturulmuştur.(Bkz. Görsel 7.14) Oluşturulduktan sonra tablodaki değerler veritabanına girilmiştir.(Bkz. Görsel 7.15)

SHORT FIELD LANDING DISTANCE AT 2550 POUNDS

CONDITIONS:

Flaps FULL
Power IDLE
Maximum Braking

Zero Wind
Paved, Level, Dry Runway
Speed at 50 ft: 61 KIAS

Pressure Altitude Feet	0°C		10°C		20°C		30°C		40°C	
	Gnd Roll Feet	Total Feet To Clear 50 Foot Obst	Gnd Roll Feet	Total Feet To Clear 50 Foot Obst	Gnd Roll Feet	Total Feet To Clear 50 Foot Obst	Gnd Roll Feet	Total Feet To Clear 50 Foot Obst	Gnd Roll Feet	Total Feet To Clear 50 Foot Obst
Sea Level	545	1290	565	1320	585	1350	605	1380	625	1415
1000	565	1320	585	1350	605	1385	625	1420	650	1450
2000	585	1355	610	1385	630	1420	650	1455	670	1490
3000	610	1385	630	1425	655	1460	675	1495	695	1530
4000	630	1425	655	1460	675	1495	700	1535	725	1570
5000	655	1460	680	1500	705	1535	725	1575	750	1615
6000	680	1500	705	1540	730	1580	755	1620	780	1660
7000	705	1545	730	1585	760	1625	785	1665	810	1705
8000	735	1585	760	1630	790	1670	815	1715	840	1755

NOTE

- Short field technique as specified in Section 4.
- Decrease distances 10% for each 9 knots head wind. For operation with tail winds up to 10 knots, increase distances by 10% for each 2 knots.
- For operation on dry grass runway, increase distances by 45% of the "ground roll" figure.
- If landing with flaps up, increase the approach speed by 9 KIAS and allow for 35% longer distances.

Görsel 7.13. 2550 pound ağırlığa göre iniş mesafeleri[27]

```
CREATE TABLE `short_field_landing_distance_at2550` (
  `pressure_alt` varchar(40) DEFAULT NULL,
  `gnd_roll_temp0` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `obs_clear_temp0` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `gnd_roll_temp10` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `obs_clear_temp10` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `gnd_roll_temp20` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `obs_clear_temp20` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `gnd_roll_temp30` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `obs_clear_temp30` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `gnd_roll_temp40` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `obs_clear_temp40` varchar(45) DEFAULT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_0900_ai_ci
```

Görsel 7.14. İniş koşu mesafeleri veritabanı tablosu oluşturma sorgusu

pressur	gnd_rol	obs_clear	gnd_roll	obs_clear	gnd_roll	obs_clear	gnd_roll	obs_clear	gnd_roll	obs_clear
0	545	1290	565	1320	585	1350	605	1380	625	1415
1000	565	1320	585	1350	605	1385	625	1420	650	1450
2000	585	1355	610	1385	630	1420	650	1455	670	1490
3000	610	1385	630	1425	655	1460	675	1495	695	1530
4000	630	1425	655	1460	675	1490	700	1535	725	1570
5000	655	1460	680	1500	705	1535	725	1575	750	1615
6000	680	1500	705	1540	730	1580	755	1620	780	1660
7000	705	1545	730	1585	760	1625	785	1665	810	1705
8000	735	1585	760	1630	790	1670	815	1715	840	1755

Görsel 7. 15. İniş koşu mesafeleri veritabanı tablosu ve değerleri

Sonraki kısımda, Cessna 172'nin uçuş el kitabının performans kısmında bulunan yakıt, zaman ve mesafe ile ilgili olan tablo dijitalleştirilmiştir. Bu tablo, basınç irtifası, hava sıcaklığı, tırmanma hızı, tırmanma oranı, zaman(dakika), kullanılan yakıt(Galon) ve kat edilen mesafe(Nautical Mile) verilerini barındırmaktadır.

Bu verileri aktarmak için, yakıt, zaman, mesafe bilgilerini barındıran tablo referans alınarak(Bkz. Görsel 7.16) veritabanında oluşturulmuştur.(Bkz. Görsel 7.17) Oluşturulduktan sonra tablodaki değerler veritabanına girilmiştir.(Bkz. Görsel 7.18)

TIME, FUEL AND DISTANCE TO CLIMB AT 2550 POUNDS

CONDITIONS:

Flaps UP
Full Throttle
Standard Temperature

Pressure Altitude Feet	Temp °C	Climb Speed KIAS	Rate of Climb FPM	From Sea Level		
				Time Minutes	Fuel Used Gallons	Distance NM
Sea Level	15	74	730	0	0.0	0
1000	13	73	695	1	0.4	2
2000	11	73	655	3	0.8	4
3000	9	73	620	4	1.2	6
4000	7	73	600	6	1.5	8
5000	5	73	550	8	1.9	10
6000	3	73	505	10	2.2	13
7000	1	73	455	12	2.6	16
8000	-1	72	410	14	3.0	19
9000	-3	72	360	17	3.4	22
10,000	-5	72	315	20	3.9	27
11,000	-7	72	265	24	4.4	32
12,000	-9	72	220	28	5.0	38

NOTE

- Add 1.4 gallons of fuel for engine start, taxi and takeoff allowance.
- Mixture leaned above 3000 feet pressure altitude for maximum RPM.
- Increase time, fuel and distance by 10% for each 10°C above standard temperature.
- Distances shown are based on zero wind.

Görsel 7.16. Yakıt, zaman ve mesafeler tablosu[27]

```
CREATE TABLE `time_fuel_distance_at2550` (
  `pressure_alt` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `temperature` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `climb_speed` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `rate_of_climb` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `time_minutes` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `fuel_used` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `distance` varchar(45) DEFAULT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_0900_ai_ci
```

Görsel 7.17. Yakıt, zaman ve mesafeler veritabanı tablosu oluşturma sorgusu

pressure_alt	temperature	climb_speed	rate_of_climb	time_minutes	fuel_used	distance
0	15	74	730	0	0.0	0
1000	13	73	695	1	0.4	2
2000	11	73	655	3	0.8	4
3000	9	73	620	4	1.2	6
4000	7	73	600	6	1.5	8
5000	5	73	550	8	1.9	10
6000	3	73	505	10	2.2	13
7000	1	73	455	12	2.6	16
8000	-1	72	410	14	3.0	19
9000	-3	72	360	17	3.4	22
10000	-5	72	315	20	3.0	27
11000	-7	72	265	24	4.4	32
12000	-9	72	220	28	5.0	38

Görsel 7.18. Yakıt, zaman ve mesafeler veritabanı tablosu ve değerleri

Cessna 172'nin performans bölümünde ele alınacak son tablo ise seyir(Cruise) performansı tablosudur. Bu tablo basınç irtifası ve motorun RPM'i dışında, standart hava sıcaklığı, standart hava sıcaklığının 20 santigrat altı ve standart hava sıcaklığının 20 santigrat üstü olarak 3 bölüme ayrılmaktadır. Bu bölümlerin her biri ise kendi içlerinde, motor gücü(MCP), uçağın hızı(KTAS) ve saatlik kullanılan yakıt miktarı(GPH) verilerini gösteren 3 bölüme ayrılmıştır.

Bu bilgiler ışığında, seyir(Cruise) performansı verilerini barındıran tablo referans alınarak(Bkz. Görsel 7.19 ve Görsel 7.20) veritabanında oluşturulmuştur.(Bkz Görsel 7.21) Oluşturulduktan sonra tablodaki değerler veritabanına girilmiştir.(Bkz. Görsel 7.22)

CRUISE PERFORMANCE

CONDITIONS:
2550 Pounds
Recommended Lean Mixture

Pressure Altitude Feet	RPM	20°C BELOW STANDARD TEMP			STANDARD TEMPERATURE			20°C ABOVE STANDARD TEMP		
		% MCP	KTAS	GPH	% MCP	KTAS	GPH	% MCP	KTAS	GPH
2000	2550	83	117	11.1	77	118	10.5	72	117	9.9
	2500	78	115	10.6	73	115	9.9	68	115	9.4
	2400	69	111	9.6	64	110	9.0	60	109	8.5
	2300	61	105	8.6	57	104	8.1	53	102	7.7
	2200	53	99	7.7	50	97	7.3	47	95	6.9
	2100	47	92	6.9	44	90	6.6	42	89	6.3
4000	2600	83	120	11.1	77	120	10.4	72	119	9.8
	2550	79	118	10.6	73	117	9.9	68	117	9.4
	2500	74	115	10.1	69	115	9.5	64	114	8.9
	2400	65	110	9.1	61	109	8.5	57	107	8.1
	2300	58	104	8.2	54	102	7.7	51	101	7.3
	2200	51	98	7.4	48	96	7.0	45	94	6.7
6000	2100	45	91	6.6	42	89	6.4	40	87	6.1
	2650	83	122	11.1	77	122	10.4	72	121	9.8
	2600	78	120	10.6	73	119	9.9	68	118	9.4
	2500	70	115	9.6	65	114	9.0	60	112	8.5
	2400	62	109	8.6	57	108	8.2	54	106	7.7
	2300	54	103	7.8	51	101	7.4	48	99	7.0
	2200	48	96	7.1	45	94	6.7	43	92	6.4

NOTE

- Maximum cruise power using recommended lean mixture is 75% MCP. Power settings above 75% MCP are listed to aid interpolation. Operations above 75% MCP must use full rich mixture.
- Cruise speeds are shown for an airplane equipped with speed fairings. Without speed fairings, decrease speeds shown by 2 knots.

Görsel 7.19. Seyir performansı tablosu kısım-1[27]

CRUISE PERFORMANCE

CONDITIONS:
2550 Pounds
Recommended Lean Mixture

Pressure Altitude Feet	RPM	20°C BELOW STANDARD TEMP			STANDARD TEMPERATURE			20°C ABOVE STANDARD TEMP		
		%	KTAS	GPH	%	KTAS	GPH	%	KTAS	GPH
8000	2700	83	125	11.1	77	124	10.4	71	123	9.7
	2650	78	122	10.5	72	122	9.9	67	120	9.3
	2600	74	120	10.0	68	119	9.4	64	117	8.9
	2500	65	114	9.1	61	112	8.6	57	111	8.1
	2400	58	108	8.2	54	106	7.8	51	104	7.4
	2300	52	101	7.5	48	99	7.1	46	97	6.8
	2200	46	94	6.8	43	92	6.5	41	90	6.2
10,000	2700	78	124	10.5	72	123	9.8	67	122	9.3
	2650	73	122	10.0	68	120	9.4	63	119	8.9
	2600	69	119	9.5	64	117	9.0	60	115	8.5
	2500	62	113	8.7	57	111	8.2	54	109	7.8
	2400	55	106	7.9	51	104	7.5	49	102	7.1
	2300	49	100	7.2	46	97	6.8	44	95	6.5
12,000	2650	69	121	9.5	64	119	8.9	60	117	8.5
	2600	65	118	9.1	61	116	8.5	57	114	8.1
	2500	58	111	8.3	54	109	7.8	51	107	7.4
	2400	52	105	7.5	49	102	7.1	46	100	6.8
	2300	47	98	6.9	44	95	6.6	41	92	6.3

NOTE

- Maximum cruise power using recommended lean mixture is 75% MCP. Power settings above 75% MCP are listed to aid interpolation. Operations above 75% MCP must use full rich mixture.
- Cruise speeds are shown for an airplane equipped with speed fairings. Without speed fairings, decrease speeds shown by 2 knots.

Görsel 7.20. Seyir performansı tablosu kısım-2 [27]

```
CREATE TABLE `cruise_performance` (
  `pressure_alt` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `rpm` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `mcp_standard_below` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `ktas_standard_below` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `gph_standard_below` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `mcp_standard` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `ktas_standard` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `gph_standard` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `mcp_standard_above` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `ktas_standard_above` varchar(45) DEFAULT NULL,
  `gph_standard_above` varchar(45) DEFAULT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_0900_ai_ci
```

Görsel 7.21. Seyir performansı veritabanı tablosu oluşturma sorgusu

pressure_alt	rpm	mcp_standard_below	ktas_standard_below	gph_standard	mcp_standard	ktas_standard	gph_standard	mcp_standard_above	ktas_standard_above	gph_standard_above
2000	2550	83	117	11.1	77	118	10.5	72	117	9.9
2000	2500	78	115	10.6	73	115	9.9	68	115	9.4
2000	2400	69	111	9.6	64	110	9.0	60	109	8.5
2000	2300	61	105	8.6	57	104	8.1	53	102	7.7
2000	2200	53	99	7.7	50	97	7.3	47	95	6.9
2000	2100	47	92	6.9	44	90	6.6	42	89	6.3
4000	2600	83	120	11.1	77	120	10.4	72	119	9.8
4000	2550	79	118	10.6	73	117	9.9	68	117	9.4
4000	2500	74	115	10.1	69	115	9.5	64	114	8.9
4000	2400	65	110	9.1	61	109	8.5	57	107	8.1
4000	2300	58	104	8.2	54	102	7.7	51	101	7.3
4000	2200	51	98	7.4	48	96	7.0	45	94	6.7
4000	2100	45	91	6.6	42	89	6.4	40	87	6.1
6000	2650	83	122	11.1	77	122	10.4	72	121	9.8
6000	2600	78	120	10.6	73	119	9.9	68	118	9.4
6000	2500	70	115	9.6	65	114	9.0	60	112	8.5
6000	2400	62	109	8.6	57	108	8.2	54	106	7.7
6000	2300	54	103	7.8	51	101	7.4	48	99	7.0
6000	2200	48	96	7.1	45	94	6.7	43	92	6.4
8000	2700	83	125	11.1	77	124	10.4	71	123	9.7
8000	2650	78	122	10.5	72	122	9.9	67	120	9.3
8000	2600	74	120	10.0	68	119	9.4	64	117	8.9
8000	2500	65	114	9.1	61	112	8.6	57	111	8.1
8000	2400	58	108	8.2	54	106	7.8	51	104	7.4
8000	2300	52	101	7.5	48	99	7.1	46	97	6.8
8000	2200	46	94	6.8	43	92	6.5	41	90	6.2
10000	2700	78	124	10.5	72	123	9.8	67	122	9.3
10000	2650	73	122	10.0	68	120	9.4	63	119	8.9
10000	2600	69	119	9.5	64	117	9.0	60	115	8.5
10000	2500	62	113	8.7	57	111	8.2	54	109	7.8
10000	2400	55	106	7.9	51	104	7.5	49	102	7.1
10000	2300	49	100	7.2	46	97	6.8	44	95	6.5
12000	2650	69	121	9.5	64	119	8.9	60	117	8.5
12000	2600	65	118	9.1	61	116	8.5	57	114	8.1
12000	2500	58	111	8.3	54	109	7.8	51	107	7.4
12000	2400	52	105	7.5	49	102	7.1	46	100	6.8
12000	2300	47	98	6.9	44	95	6.6	41	92	6.3

Görsel 7.22. Seyir performansı veritabanı tablosu ve değerleri

7.2.3. Algoritma ve akış şemaları

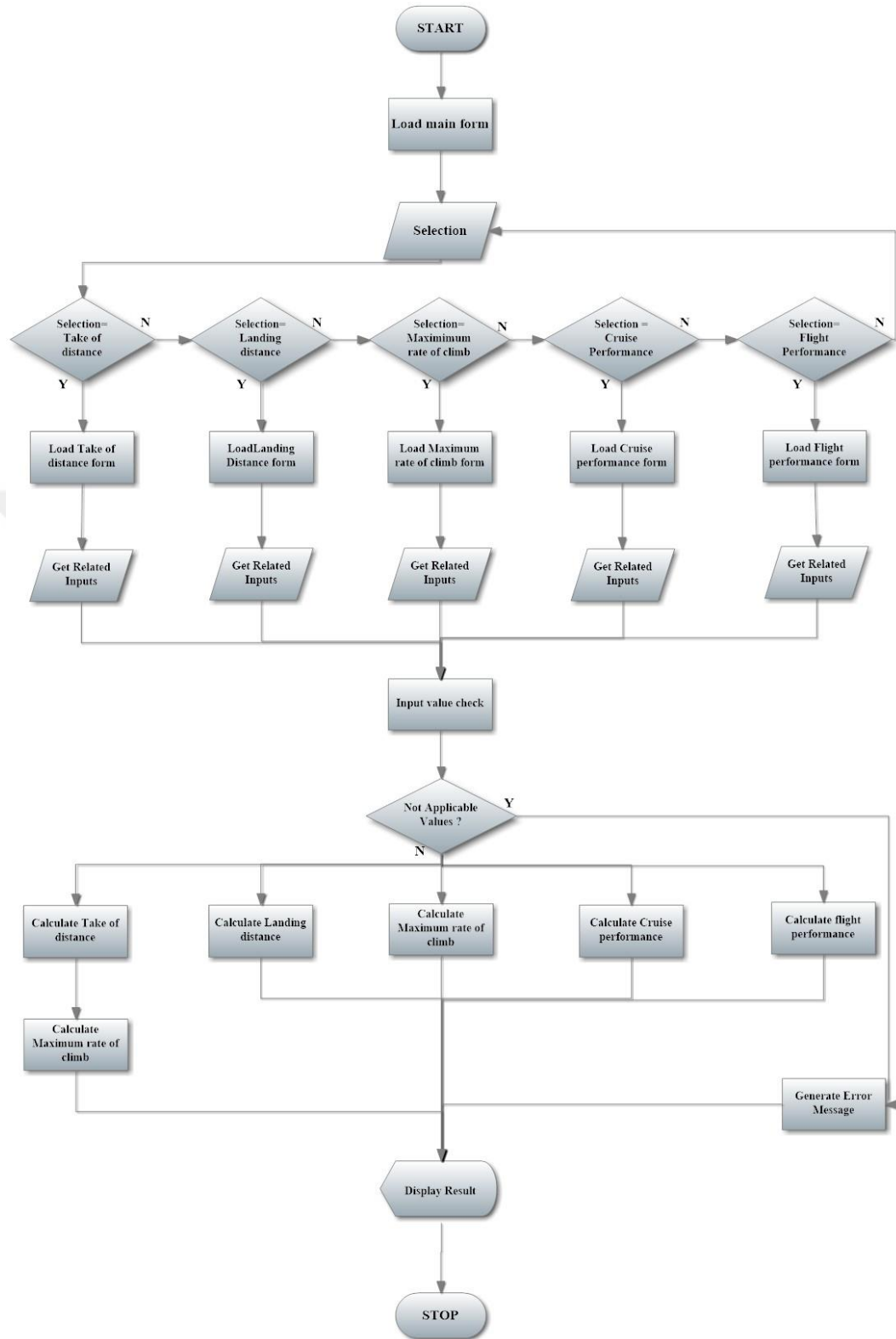
Karar destek sistemi oluşturulurken algoritma ve akış şemalarından yararlanılmıştır. Algoritmanın tanımı olarak kısaca, çözülmesi gereken bir problemin belirli kurallar ve mantık çerçevesinde adım adım çözülerek yazıya dökülmesi işlemidir

diyebiliriz. Programlama ile uğraşan kişilerin çoğu Algoritma ve Akış şemalarını göz ardı etmektedir. Algoritma geliştirilen bir yazılımda yazılan, kod satırı ne kadar çok ise, ileride çıkabilecek hataları bulmak da o kadar zorlaşacaktır.

Algoritmanın daha iyi anlaşılabilmesi için ise yazı yerine akış diyagramını kullanırız. Akış diyagramları kullanmanın önemli bir yanı, akış diyagramları evrensel oluşu için ve şekillerden meydana geldiğinde oluşturulan görselin tüm insanların anlayacağı dilde olmasıdır. Aksi halde algoritmalar, yazıldığı dili bilmeyen diğer bir kişi tarafından anlaşılır olmayacaktır. Bu yüzden uluslararası standart sembollerle tüm algoritmaların yazıldıkları dillerden bağımsız hale getirilmeleri gerekmektedir. Bu semboller akış diyagramlarını oluşturur.

Örneğin; Trafik ışıklarında renk ve/veya şekil'den ziyade Dur, Bekle, Geç yazması bizler için anlamlıdır ancak bizim dilimizi konuşmayan birisi için hiçbir anlam ifade etmemektedir. Trafik ışıklarında yazı yerine Kırmızı, Yeşil gibi renk kodlarının kullanılması tüm dünyada bu işaretleri anlaşılır yapmaktadır. Bu nedenle algoritmaları akış diyagramları şeklinde ifade etmek geliştirilen projenin/yazılımın uluslararası anlaşılabilirliğini arttıracaktır.

Geliştirilmiş olan performans karar destek sistemine ilişkin ayrıntılı olmayan genel akış diyagramı Görsel 7.23'de verilmiştir. Ayrıntılı diğer akış şemaları EK olarak sunulmuştur.



Görsel 7.23. Genel akış diyagramı

7.2.4. Lineer interpolasyonun uygulanması

Matematikte iki değerin ortasındaki değer bulunmak istendiğinde, örneğin Cessna 172'nin el kitabında performans bölümündeki 2200 pound ağırlık tablosunda 2000 feet basınç irtifasına denk gelen 10 ve 20 santigrat derecelerdeki veriler ele alınırsa;(Bkz. Görsel 7.24)

	10°C		20°C	
	Gnd Roll Feet	Total Feet To Clear 50 Foot Obst	Gnd Roll Feet	Total Feet To Clear 50 Foot Obst
2000	785	1340	845	1435

Görsel 7.24. İnterpolasyon örneği tablosu

Bu tablo referans alınarak x_0 değeri için 10 santigrat derecedeki koşu mesafesi olan 785 değeri ve x_1 değeri için 20 santigrat derecedeki koşu mesafesi olan 845 değerinin alındığı kabul edilsin ve istenilen veri ise 15 santigrat derece sıcaklığa ait olan olsun.

Bu durumda hesaplama yapmak isteyen kişinin tek yapması gereken;

$$\frac{x_0 + x_1}{2} \quad (7.1)$$

İşlemine yaparak 15 santigrat derece için doğru sonuç olan 815 değerini bulmaktır. Ama eğer istenilen ara değer x_0 ve x_1 için tam orta nokta olan 15 santigrat derece değil de 10 veya 20 santigrat derecelere daha yakın bir değere ait olursa bu formül işe yaramaz. Bu durumda geliştirilmiş sistemin hesaplamaları sonucu doğru veriyi elde edebilmesi için, İnterpolasyon hesabından yararlanılmıştır.

İnterpolasyon, discrete(ayrık) matematikte de kullanılan bir sayısal analiz tekniğidir[28]. Bu tekniği kullanarak bilinen veri noktaları referans alınmak üzere, yeni veri noktaları elde etmeye yarar ve genel formülü aşağıdaki gibidir;

$$y = y_0 + (x - x_0) \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} = y_0 + \frac{(x - x_0)(y_1 - y_0)}{x_1 - x_0} \quad (7.2)$$

Bu formül ve yukarıdaki örnekteki verilere uyarlanırsa ve değeri bulunmak istenen sıcaklık değeri 15 santigrat değil 17 santigrat derece olarak kabul edilirse, sonuç aşağıdaki gibi olur;

$$\frac{(17-10)(845-785)}{20-10} + 785 = 827 \quad (7.3)$$

Görüldüğü üzere, yapılan hesaplama sonucu, 15 santigrat derece için çıkan sonuç iki değerlerin orta noktası olan 815 iken, interpolasyon kullanarak 17 santigrat dereceye ait ara bir değer kolaylıkla hesaplanabilmiş ve sıcaklık 17 santigrat derece alındığı için 20 santigrat derecenin değeri olan 845'e daha yakın bir değer olan 827 elde edilmiştir.

İnterpolasyon hesapları geliştirilmiş olan performans karar destek sisteminde aktif olarak kullanılmıştır. Sonraki bölümde örnek performans hesabına yer verilmiş olup, daha detaylı interpolasyon hesaplamaları da gösterilmiştir.

7.3. Örnek Performans Hesabı

Bu bölümde, Cessna 172S Skyhawk Performans Karar Destek Yazılımında örnek gösterim yapılacak ve yazılmış olan programın işleyişi detayları ile açıklanacaktır.

Örnek gösterimde kalkış, seyir ve iniş için şu veriler seçilmiştir;

Kalkış verileri;

- **Pist Basınç İrtifası : 2500 Feet**
- **Kalkış Ağırlığı : 2300 Pounds**
- **Sıcaklık : 28 Santigrat Derece**
- **Rüzgar : 10 Knot Baş Rüzgarı**
- **Pist Tipi : Kuru Zemin**

Seyir Verileri;

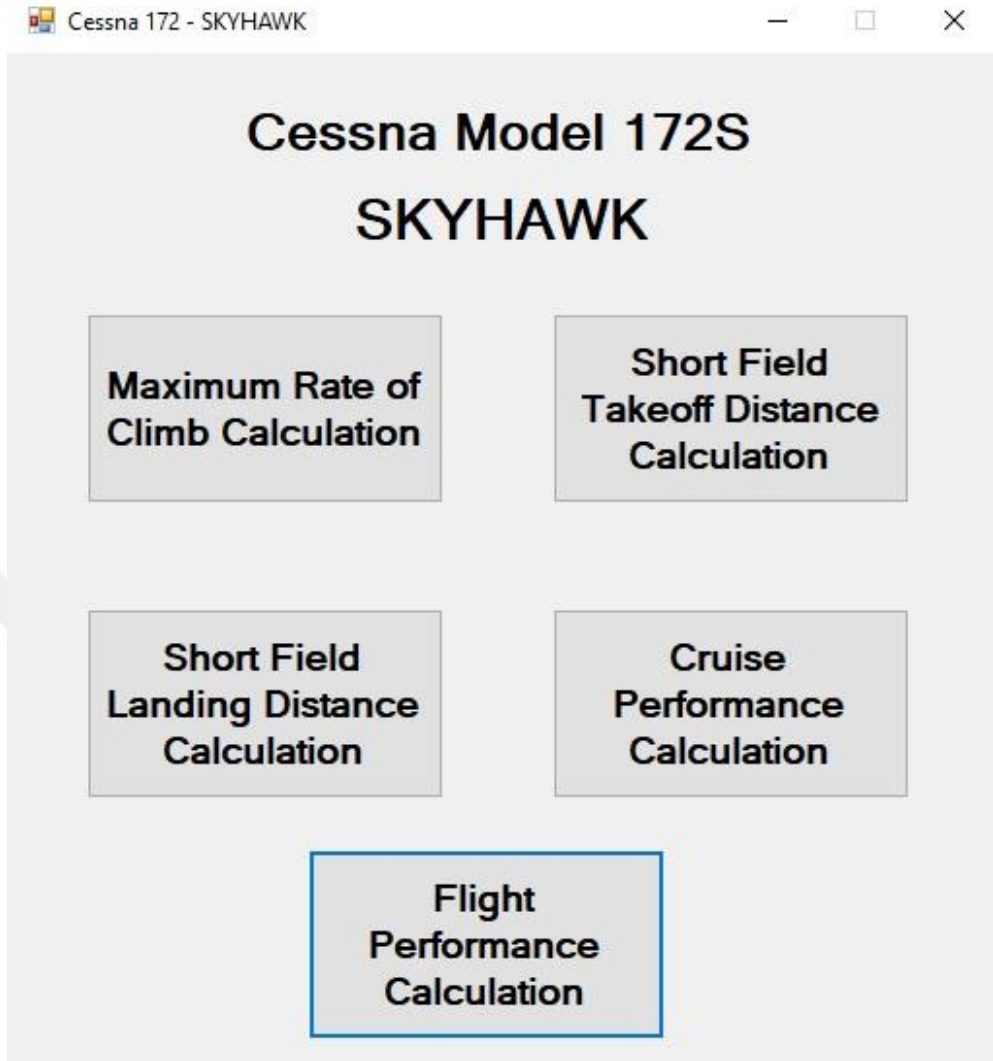
- **Toplam Mesafe : 360 Nautical Mile**
- **Basınç İrtifası : 5500 Feet**
- **Rüzgar : 10 Knot Baş Rüzgarı**

- **Motor Devri : 2200 RPM**
- **İniş Verileri;**
- **Pist Basınç İrtifası : 3500 Feet**
- **Sıcaklık : 15 Santigrat Derece**
- **Rüzgar : 8 Knot Kuyruk Rüzgarı**
- **Pist Tipi : Kuru Zemin**

Örnek hesaplama verileri seçilirken, veritabanındaki tablolarda kayıtlı olan değerler(Örneğin irtifa olarak 2000,3000 feet veya sıcaklık olarak 10,20,30 derece) seçilmemiştir. Bunun sebebi, tablolarda seçilen değerlere karşılık gelen bir verinin olmaması ve dolayısı ile yazılmış olan programın verileri hesaplamak için en çok hesaplamayı yapması gereken durum olduğundandır.

Örnek hesaplama, programın içerisindeki “Flight Performance Calculation” kısmı üzerinde gösterilecektir. Bunun sebebi ise, bu kısım uçuşun tüm safhalarını içerdiğinden dolayı “Short Field Takeoff Distance”, “Short Field Landing Distance”, “Maximum Rate of Climb” ve “Cruise Performance” kısımlarının hesaplamalarını da içermektedir. Diğer kısımların karar destek yazılımına ayrıca konulmasının sebebi, kullanıcının uçuşun sadece belli bir safhasını hesaplama ihtiyacı duyabileceği durumlar oluşması ihtimali yüzündendir.

Geliştirilmiş olan karar destek sisteminin ana ekran görüntüsü Görsel 7.25’de verilmiştir.



Görsel 7.25. Karar destek yazılımı ana ekran görüntüsü

Sonraki adımda ana ekrandan “Flight Performance Calculation” butonu ile devam edilip, yukarıdaki uçuş koşullarının verileri girilir.

Cessna172Performance

TAKEOFF CONDITIONS :

Flaps 10° Lift Off : 44 KIAS
Full Throttle prior to break release Speed at 50 Feet : 50 KIAS

Field Pressure Altitude : 2500 Feet
Takeoff Weight : 2300 Pounds
Temperature : 28 Celcius
Wind Component Along Runway : 10 Knot Head Wind
Runway Type : Dry Runway

CRUISE CONDITIONS :

Total Distance : 360 Nautical Mile
Pressure Altitude : 5500 Feet
Expected Wind Enroute : 12 Knot Head Wind
Engine Speed : 2200 RPM

LANDING CONDITIONS :

Flaps FULL Speed at 50 Feet : 61 KIAS
Power IDLE
Maximum Breaking

Field Pressure Altitude : 3500 Feet
Temperature : 15 Celcius
Wind Component Along Runway : 8 Knot Tail Wind
Runway Type : Dry Runway

Calculate

Görsel 7.26. Karar destek yazılımı uçuş performansı ekran görüntüsü

Veriler girildikten sonra “Calculate” butonuna basıldığında, program text alanlarındaki verileri önceden tanımlanmış değişkenlerde saklar. İlk önce kalkış performansı hesaplamalarını yapacağı için, columnName değişkenine “gnd_roll_” değerini ve tableName değişkenine Short Field Takeoff Distance anlamına gelen “sftd” değerini atar.(Bkz. Görsel 7.27) Bir sonraki adımda kendi içerisindeki CalculateSample

Sınıf dosyasının bir instance'ını oluşturduktan sonra saklamış olduğu verileri, performans hesaplamalarının yapılması için bu instance'a ait değişkenlere atar ve CalculateSample sınıfının içerisinde bulunan InputComplianceCheck metodunu çalıştırır..(Bkz. Görsel 7.27)

```
columnName = "gnd_roll_";
tableName = "sftd";

CalculateSample calculateSample = new CalculateSample();

calculateSample.SetWeight(weight);
calculateSample.SetAltitude(fieldPressureAltitude);
calculateSample.SetTemperature(fieldTemperature);
calculateSample.SetColumnName(columnName);
calculateSample.SetTableName(tableName);
groundRoll = calculateSample.InputComplianceCheck();
```

Görsel 7.27. Verilerin InputComplianceCheck metoduna yollanması

Programın CalculateSample sınıfı içerisinde bulunan InputComplianceCheck metodu kullanıcıdan alınmış olan ve kalkış mesafelerini ilgilendiren ağırlık, irtifa, derece verileri ile birlikte programın kendisinin değer atadığı ColumnName ve tableName değişkenlerini girilen verilerin uygunluk kontrollerinin yapılması için aynı sınıf içerisinde bulunan CheckCompability metoduna yollar.(Bkz. Görsel 7.28)

```
public string InputComplianceCheck() //Disa ACık metod
{
    calculatedValue = CheckCompatibility(weight,altitude,temperature,columnName,tableName);
    return calculatedValue;
}
```

Görsel 7.28. Verilerin uygunluk kontrolüne yollanması

CheckCompability metodu içerisinde, kalkış mesafesini hesaplarken kullanıcı tarafından girilmiş olan verilerin tablolar kullanılarak hesaplanıp hesaplanamayacağı kontrol edilir. (Bkz. Görsel 7.29)

```

private string CheckCompatibility(int weight, int altitude, int temperature, string columnName, string tableName)
{
    if(tableName == "mroc") {
        calculatedValue = Calculator(weight, altitude, temperature, columnName, tableName);
    }
    else {
        if (weight >= 1650 && weight <= 2550) {
            if (altitude >= 0 && altitude <= 8000) {
                if (temperature >= 0 && temperature <= 40){
                    calculatedValue = Calculator(weight, altitude, temperature, columnName, tableName); //proceed
                }
                else { calculatedValue = "0"; }
            }
            else { calculatedValue = "0"; }
        }
    }
    return calculatedValue;
}

```

Görsel 7.29. Uygunluk kontrolü

Uygunluk kontrolünden başarı ile geçildiği durumda, veriler aynı sınıf içerisinde bulunan “Calculator” adlı metoda gönderilir.(Bkz. Görsel 7.29) Maksimum Rate of Climb hesaplaması kalkış performansı hesaplamasından sonra yapıldığı için, tablo ismini karşılaştıran bir karar mekanizması en üste konmuştur. Bu karar mekanizması içerisinde Maximum Rate of Climb(tablodaki adı “mroc”) değeri hesaplanmaktadır. Bu hesaplamanın nasıl yapıldığı sonraki sayfalarda detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Program, Calculator metoduna geldiğinde, ilk iş olarak veritabanı ile iletişim kuracak sınıf olan DatabaseSample’ın instance’ını oluşturur. Sonrasında ise tableName değişkeninin değeri “sftd” olduğu için karar mekanizmasındaki “mroc” kısmını atlayarak, kullanıcının girmiş olduğu verilerin maksimum ve minimum değerlerini hesaplamak üzere aynı sınıf içerisindeki “MaxMinCalculator” adlı metoda verileri yollar.(Bkz. Görsel 7.30)

```

databaseSample = new databaseSample();

if (tableName == "mroc")
{
    maxMinCalculationResult = MaxRateOfClimbCalculator(weight, altitude, temperature, tableName);
}
else
{
    maxMinCalculationResult = MaxMinCalculator(weight, altitude, temperature); ≤ 1ms elapsed
}

```

Görsel 7. 30. Verilerin MaxMinCalculator metoduna yollanması

Programın, neden verilerin maksimum ve minimum değerlerine ihtiyaç duyduğunu ve bu maksimum ve minimum değerlerin neler olduğunu incelenirse;

Örneğin, kalkış verileri programa girilirken yukarı sayfalarda pist irtifası basıncı 2500 feet, ağırlık 2300 pound ve sıcaklık 28 santigrat derece olarak girilmişti. Karar destek yazılımı daha önce belirtildiği üzere, hesaplamalarında interpolasyon kullanmaktadır. Dolayısı ile veritabanında önceden tanımlı verilere erişebilmek için, kullanıcının girmiş olduğu verilerin hangi değer aralıklarında olduğunu belirlemesi gerekmektedir. Pist basınç irtifası için bu 2000 ve 2500 feet, ağırlık için 2200 ve 2400 pound, sıcaklık için ise 30 ve 40 santigrat derecedir. Sonrasında bu maksimum ve minimum verileri interpolasyon hesaplarında kullanacaktır.

Program Calculator metodundan, MaxMinCalculator metoduna kullanıcının girmiş olduğu ağırlık, irtifa ve sıcaklık değerlerini gönderdikten sonra, hesaplama MaxMinCalculator metodunda devam eder.(Bkz. Görsel 7.31)

```
maxMinResults = new String[9];

if (altitude.ToString().Length < 5) { power = 1000; } //feet
else { power = 10000; }

if (altitude % power != 0)
{
    lowAltitudeValue = altitude - altitude % power;
    highAltitudeValue = lowAltitudeValue + power;
} ≤ 1ms elapsed
else if (altitude % power == 0 && altitude % 2000 != 0)
{
    lowAltitudeValue = altitude - power;
    highAltitudeValue = altitude + power;
}
else
{
    altitudeCheckValue = altitude.ToString();
}
```

Görsel 7.31. Maksimum ve minimum değerlerin hesaplanması

Bu metot içerisinde öncelikli olarak, hesaplanmış maksimum minimum verilerin tutulması için “maxMinResults” adında tek boyutlu bir dizi yaratılır. Pist basınç irtifası örneğinden devam edecek olursak, kullanıcının girmiş olduğu değerin 2500 feet olduğu

göz önüne alındığında, program power adlı değişkenin değerini 1000 olarak alacaktır. Çünkü, 2500 değerinin uzunluğu 5'den küçüktür. Bunu belirleyen karar mekanizmasının konulmasının sebebi, eğer irtifa değeri 11000 olsaydı programın düzgün bir hesaplama yapabilmesi için power değerinin 10000 alınması gerekmesidir.

Programlamada “%” işareti modülo bölme anlamına gelir. Örneğin 10 % 3 işleminin sonucu, 10 sayısından tüm 3 sayısının katları çıkarıldığında elde kalan sonuçtur. Program içerisindeki altitude değeri 2500 olduğundan, 2500 % 1000 işlemi sonuç olarak 500 değerini verecektir. Bu 500 değerini sonrasında altitude değerinden(2500) çıkarırsak, interpolasyon hesabı esnasında kullanılabilecek tabloda veri olarak karşılığı olan 2000 feet değerini verir. Sonrasında ise bulunan bu “lowAltitudeValue” modülo bölme esnasında kullanılan power değişkeni ile toplanırsa, “highAltitudeValue” değeri olan 3000 feet değeri elde edilir.

Basınç irtifası için yapılmış olan bu işlemin mantıksal olarak aynı programın bir sonraki aşamasında ağırlık ve sıcaklık değerleri için de yapılır. Sonrasında elde edilen minimum ve maksimum değerler metodun en üst sırasında oluşturulan maxMinResults adlı dizi değişkeninde tutulur.(Bkz. Görsel 7.32)

maxMinResults	{string[9]}
[0]	null
[1]	"2000"
[2]	"3000"
[3]	null
[4]	"2200"
[5]	"2400"
[6]	null
[7]	"20"
[8]	"30"

Görsel 7.32. Maksimum ve minimum veriler

Hesaplanmış olan minimum ve maksimum değerler dizi değişkenine aktarıldık sonra Görsel 7.32’de gözüktüğü gibi içerisinde tutulur. Dizi içerisindeki 0, 3 ve 6. hücrelerin “null” yani boş olarak gözükmemesinin sebebi, o hücrelerin sonraki adımlarda kontrol hücreleri olarak kullanılmasındandır. Bahsedilen hücreler ancak kullanıcının girmiş olduğu değerler veritabanındaki sütün değerleri ile örtüşürse doldurulmaktadır.(Örneğin 20 santigrat derece gibi) Bu yöntem, programın interpolasyon hesabı esnasında hangi verileri veritabanından direkt olacak

çekebileceğini ve hangi verileri interpolasyon kullanarak hesaplayabileceğini anlaması içindir.

Hesaplanan dizi içerine alınan değerler, veritabanı değerleri çekilmeden ve sayısal hesaplamaya başlanmadan önce kontrol edilerek uygun hesaplama yöntemine yönlendirilebilmesi için Calculator sınıfına geri döner.(Bkz. Görsel 7.33) Sonrasında ise uygun hesabın yapılabilmesi için bir kontrol mekanizmasından geçer.

```
if (maxMinCalculationResult[0] == null && maxMinCalculationResult[3] == null && maxMinCalculationResult[6] == null)
{
    value = interpolationCalc(weight, altitude, temperature,columnName);           //Değerler db ile aynı değil
}
```

Görsel 7. 33. Hesaplama için kontrol mekanizması

Görüldüğü üzere, program karar verme aşamasında maxMinCalculationResults dizisini 0, 3 ve 6. hücrelerinden yola çıkarak gidilecek metodu belirlemek için bir karar mekanizması kullanmaktadır.

Bundan sonraki adımda kullanıcının programın başında girmiş olduğu veriler interpolasyon hesabında kullanılmak üzere “interpolationCalc” metoduna yollanır. Bu metoda gelen kullanıcı değerleri birer değişkene atanır ve maksimum minimum değerler ile birlikte uygun verilerin veritabanından çekilmesi için databaseSample instance’ı içerisindeki “connect2” adlı metoda yollanır.(Bkz Görsel 7.34)

```
lowAltitudeValue = Int32.Parse(maxMinCalculationResult[1]);
highAltitudeValue = Int32.Parse(maxMinCalculationResult[2]);
lowWeightValue = Int32.Parse(maxMinCalculationResult[4]);
highWeightValue = Int32.Parse(maxMinCalculationResult[5]);
lowTemperatureValue = Int32.Parse(maxMinCalculationResult[7]);
highTemperatureValue = Int32.Parse(maxMinCalculationResult[8]);

groundRollMultipleDatas = databaseSample.connect2(lowWeightValue.ToString(),
```

Görsel 7.34. connect2 metoduna yollanan veriler

Bu noktada, kullanıcının girmiş olduğu verilerin hiçbirinin veritabanında bir karşılığı olmadığı için veritabanı sorgusu sonucunda 8 farklı veri çekilecektir. Bu 8 farklı veri çekilmesi ise 24 adet değer kullanılarak yapılır. (Görsel 7.35)

maxMinValuesArray	{int[24]}
[0]	30
[1]	2400
[2]	2000
[3]	30
[4]	2400
[5]	2000
[6]	30
[7]	2400
[8]	3000
[9]	30
[10]	2400
[11]	3000
[12]	30
[13]	2550
[14]	2000
[15]	30
[16]	2550
[17]	2000
[18]	30
[19]	2550
[20]	3000
[21]	30
[22]	2550
[23]	3000

Görsel 7.35. Veritabanı sorgusunda kullanılacak veriler

Veritabanından sorgu çekmek için kullanılan dizinin değerleri, veritabanı sorgusu esnasında Görsel 7.36'daki gibi gözükmemektedir.

```
"SELECT gnd_roll_temp20 from sftd2200 where pressure_alt=2000"
"SELECT gnd_roll_temp30 from sftd2200 where pressure_alt=2000"
"SELECT gnd_roll_temp20 from sftd2200 where pressure_alt=3000"
"SELECT gnd_roll_temp30 from sftd2200 where pressure_alt=3000"
"SELECT gnd_roll_temp20 from sftd2400 where pressure_alt=2000"
"SELECT gnd_roll_temp30 from sftd2400 where pressure_alt=2000"
"SELECT gnd_roll_temp20 from sftd2400 where pressure_alt=3000"
"SELECT gnd_roll_temp30 from sftd2400 where pressure_alt=3000"
```

Görsel 7.36. Veritabanı sorguları

Görüldüğü üzere, ağırlığa göre oluşturulmuş sftd2400 ve sftd2550 veritabanı tablolarından, hem 2000 ve 3000 hem de 20 ve 30 değerleri için toplamda 8 farklı değer

çekilmektedir. İrtifa, ağırlık ve sıcaklık, yani toplamda 3 adet veri veritabanı tablolarından farklı değerler olduğu için, sağlama yapmak gerekirse 2^3 işlemi sonucunun 8 olduğu ve tüm değerlerin doğru bir şekilde sorgulandığı sonucuna varabiliriz. Veritabanından çekilen değerler Görsel 7.37’de ve Tablo 7.1’de görülebilir.

groundRollMultipleDatas	{string[8]}
[0]	"845"
[1]	"905"
[2]	"925"
[3]	"995"
[4]	"1030"
[5]	"1110"
[6]	"1130"
[7]	"1215"

Görsel 7. 37. Ground Roll için veritabanından çekilen değerler

Tablo 7.1. Ground Roll veritabanı sorguları ve değerleri

Sorgu	Veri
"SELECT gnd_roll_temp20 from sftd2200 where pressure_alt=2000"	845
"SELECT gnd_roll_temp30 from sftd2200 where pressure_alt=2000"	905
"SELECT gnd_roll_temp20 from sftd2200 where pressure_alt=3000"	925
"SELECT gnd_roll_temp30 from sftd2200 where pressure_alt=3000"	995
"SELECT gnd_roll_temp20 from sftd2400 where pressure_alt=2000"	1030
"SELECT gnd_roll_temp30 from sftd2400 where pressure_alt=2000"	1110
"SELECT gnd_roll_temp20 from sftd2400 where pressure_alt=3000"	1130
"SELECT gnd_roll_temp30 from sftd2400 where pressure_alt=3000"	1215

Sonrasında bu değerler, interpolasyon hesabı için CalculateSample sınıfındaki interpolationCalc metoduna geri döndürülür ve interpolasyonun hesaplanır.

$$x_0 = \frac{(2500-2000) * \left(\frac{(28-20) * (985-925)}{30-20} + 925 - \frac{(28-20) * (905-845)}{30-20} + 845 \right)}{3000-2000} + \frac{(28-20) * (905-845)}{30-20} + 845 \quad (7.4)$$

$$x_0 = \frac{56+925-(48+845)}{2} + (48 + 845) = \mathbf{937} \quad (7.5)$$

$$x_1 = \frac{(2500-2000) * \left(\frac{(28-20) * (1215-1130)}{30-20} + 1130 - \frac{(28-20) * (1110-1030)}{30-20} + 1030 \right)}{3000-2000} + \frac{(28-20) * (1110-1030)}{30-20} + 1030 \quad (7.6)$$

$$x_1 = \frac{68+1130-(64+1030)}{2} + (64 + 845) = \mathbf{1146} \quad (7.7)$$

$$x = \frac{(937-1146) * (2300-2400)}{2200-2400} + 1146 = \mathbf{1041.5} \quad (7.8)$$

Yapılan interpolasyon sonucunda uçağın koşu mesafesi 1041.5 feet olarak hesaplanır.(Bkz. Görsel 7.38) Sonrasında, program columnName değişkeninin değerini uçağın yerden 50 feet yüksekliğe ulaştığı andaki mesafeyi hesaplamak amacı ile “obs_clear_” olarak değiştirir ve koşu mesafesinin(Ground Roll) hesaplanmasında yapılan işlemlerin hepsi veritabanında aynı tablodaki farklı veriler için tekrar yapılır ve uçağın yerden 50 feet yüksekliğe ulaştığı, yani artık kalkmış anlamına gelen koşu mesafesi ise, 1173.75 feet olarak hesaplanır.(Bkz. Görsel 7.38)

groundRoll	"1041.5"
groundRollToClear50Foot	"1173.75"

Görsel 7.38. Interpolasyon sonucu hesaplanmış kalkış mesafesi verileri

Sonrasında program, maksimum tırmanma oranı(Maximum Rate of Climb) kısmını hesaplamaya başlar.(Bkz. Görsel 7.39) Bunun için, tablo isminini tutan tableName adlı değişkendeki “sftd” değerini “mroc” olarak değiştirir ve calculateSample sınıfındaki InputComplianceCheck metodunu çalıştırarak verileri uygunluk kontrolüne yollar.

```
calculateSample.SetTableName("mroc");  
calculateSample.SetColumnName("");  
maximumRateOfClimbValue = calculateSample.InputComplianceCheck();
```

Görsel 7.39. Maksimum tırmanma oranı hesabı için verilerin kontrole yollanması

Koşu mesafesi hesabında yapıldığı gibi, veriler maksimum tırmanma oranı hesabı için tekrar kontrol edilir ve sonrasında tableName değişkeninin değeri “mroc” olduğu için program akışı maksimum tırmanma oranını hesaplamak üzere Calculator metoduna yönlendirilir.(Bkz Görsel 7.40)

```
if(tableName == "mroc") {  
    calculatedValue = Calculator(weight, altitude, temperature, columnName, tableName);  
}
```

Görsel 7.40. Program akışının Calculator metoduna yönlendirilmesi.

Bir sonraki adımda, Calculator metodu hesaplanılması gereken verinin maksimum tırmanma oranı olduğunu anlar ve program akışını ağırlık, irtifa ve sıcaklık değerleri ile birlikte MaxRateOfClimbCalculator metoduna yönlendirir. (Bkz. Görsel 7.41)

```
if (tableName == "mroc")  
{  
    maxMinCalculationResult = MaxRateOfClimbCalculator(weight, altitude, temperature, tableName);  
}
```

Görsel 7.41. Akışın MaxRateOfClimbCalculator metoduna yönlendirilmesi

Burada, rateOfClimbResults adlı 8 hücreli bir dizi değişkeni oluşturulur ve irtifa ve sıcaklığın maksimum minimum değerleri hesaplanarak bu değişkenin içerisine konulur.(Bkz. Görsel 7.42)

rateOfClimbResults	{string[9]}
[0]	null
[1]	"2000"
[2]	"4000"
[3]	"2550"
[4]	"2550"
[5]	"2550"
[6]	null
[7]	"20"
[8]	"40"

Görsel 7.42. *rateOfClimbResults* değişkeni ve değerleri

Değerler dizi içerisine alındıktan sonra, program tekrar *Calclator* metoduna döner ve koşu mesafesi hesabında olduğu gibi dizinin içerisindeki hücrelerin doluluk ve boşluk(null) yerlerine bakarak interpolasyonda hangi metodu kullanacağını belirler sonrasında diziyi ilgili metoda yönlendirir.(Bkz. Görsel 7.43)

```
else if (maxMinCalculationResult[0] == null && maxMinCalculationResult[6] == null && maxMinCalculationResult[3] != null)
{
    value = databaseSample.SecondCase(weight.ToString(), altitude.ToString(), maxMinCalculationResult[1], maxMinCalculationResult[3], maxMinCalculationResult[6]);
}
```

Görsel 7.43. *Dizinin ilgili metoda yönlendirilmesi*

Program veritabanında maksimum tırmanma oranı tablosuna bağlanır ve Görsel 7.44’de gösterilen değerleri interpolasyonda kullanmak üzere bir dizi değişkeninin içerisine yerleştirir.(Bkz. Görsel 7.45)

Veritabanından Görsel 7.44’de mavi ile işaretlenen verilerin çekilmesinin nedeni, programın başında irtifa olarak 2500, derece olarak ise 28 değerleri seçilmesindendir. 2500 irtifaya en yakın tablodaki değerler 2000 ve 4000 irtifa olduğundan ve 28 santigrat dereceye en yakın değerler ise 20 ve 40 santigrat dereceleri olduğundan, interpolasyon hesabı yapılırken bu 4 değer arasında hesaplamalar yapılacaktır.

pressure_alt	temp_20	temp0	temp20	temp40
0	855	785	710	645
2000	760	695	625	560
4000	685	620	555	495
6000	575	515	450	390
8000	465	405	345	285
10000	360	300	240	180
12000	255	195	135	NA

Görsel 7.44. *Veritabanından hesaba katılacak maksimum tırmanma oranı verileri*

[0]	"625"
[1]	"560"
[2]	"555"
[3]	"495"

Görsel 7.45. Maksimum tırmanma oranı tablosundan çekilmiş veriler

Veritabanında maksimum tırmanma oranı tablosundan gerekli veriler çekildikten sonra bu çekilen veriler ile interpolasyon yapılır.

$$x_0 = \frac{(40-28)*(625-560)}{40-20} + 560 = \mathbf{599} \quad (7.9)$$

$$x_1 = \frac{(40-28)*(555-495)}{40-20} + 495 = \mathbf{531} \quad (7.10)$$

$$x = \frac{(2500-2000)*(531-599)}{4000-2000} + 599 = \mathbf{582} \quad (7.11)$$

Yapılan interpolasyon sonrasında maksimum tırmanma oranı, program tarafından 582 olarak bulunur. (Bkz. Görsel 7.46)

calculationResult	582
-------------------	-----

Görsel 7.46. Maksimum tırmanma oranı sonucu

Maksimum tırmanma oranı hesaplandıktan sonra, kalkış mesafeleri için rüzgar düzeltmeleri yapılır.(Bkz. Görsel 7.47, Görsel 7.48) Uçuş el kitabında kalkış mesafeleri tablosunda belirtildiği üzere her 9 knot şiddetindeki rüzgar için mesafeler baş rüzgarında %10 azaltılmalıdır. Programın başında, rüzgar şiddeti olarak 10 knot baş rüzgarı belirlenmiş olduğundan rüzgar düzeltmeleri aşağıdaki gibi yapılır.

$$x_0 = \left(\frac{1041.5*10*10}{900} \right) = 115.72 \quad (7.12)$$

$$y_0 = \left(\frac{1773.75*10*10}{900} \right) = 197.08 \quad (7.13)$$

$$x = 1041.5 - 115.72 = 925.77 \quad (7.14)$$

$$y = 1773.75 - 197.08 = 1576.67 \quad (7.15)$$

```
//BAŞ RÜZGARI HESAPLAMA
if (windchoice == 1 && wind >= 0)
{
    toBeCorrected1 = float.Parse(groundRoll);
    toBeCorrected2 = float.Parse(groundRollToClear50Foot);

    toBeCorrected1 = toBeCorrected1 - (toBeCorrected1 * wind * 10 / 900);
    toBeCorrected2 = toBeCorrected2 - (toBeCorrected2 * wind * 10 / 900);

    groundRoll = toBeCorrected1.ToString();
    groundRollToClear50Foot = toBeCorrected2.ToString();
}
s 1ms elapsed
```

Görsel 7.47. Rüzgar faktörleri düzeltmeleri

groundRoll	"925.7778"
groundRollToClear50Foot	"1576.667"

Görsel 7.48. Düzeltilmiş koşu mesafeleri

Rüzgar faktörleri hesaba katılıp düzeltmeler yapıldıktan sonra, koşu mesafelerinin son değerleri 925,77 ve 1576,66 olarak ortaya çıkmış olur. Koşu mesafeleri ve maksimum tırmanma oranı hesaplamaları bittikten sonra, hesaplamalar seyir performansı ile devam edilir.

Bunun için, CruiseCalculation sınıfının bir instance'ı yaratılır. Sonrasında, hava sıcaklığı her 1000 feet yükseklikte 2 santigrat derece azaldığından, seyir irtifası olarak girilen 5500 feet yükseklikteki hava sıcaklığı girilmiş olan yüzeydeki sıcaklık(28 santigrat derece) referans alınarak hesaplanır. Pist basınç irtifası 2500 feet olduğundan, hava sıcaklığı $5500 - 2500 = 3000$ işlemi sonucunda elde edilen değer 1000'e bölünür ve 2 ile çarpılarak 6 derece elde edilir. Kalkış şartlarında hava sıcaklığı 28 santigrat derece girildiğinden ötürü, 5500 feet yükseklikte hava sıcaklık değeri 22 santigrat derece olarak belirlenir.(Bkz. Görsel 7.49)

cruiseTemperature	"22"
-------------------	------

Görsel 7.49. Hesaplanan seyir sıcaklığı

Seyir sıcaklığı belirlendikten sonra, seyir şartları için girilmiş olan değerler `cruiseCalculation` sınıfının içerisindeki değişkenlere atanır `cruiseCalculation` sınıfındaki `ClimbDistanceFuelTimeCalculator` adlı metoda pist basınç irtifası ve seyir irtifası değerleri parametre olarak verilmek üzere bu metod çalıştırılır.(Bkz. Görsel 7.50)

```
cruiseCalculation.SetAltitude(cruiseAltitude);
cruiseCalculation.SetTemperature(cruiseTemperature);
cruiseCalculation.SetWindEnrouteKnot(windEnrouteKnot);
cruiseCalculation.SetWindEnrouteType(windEnrouteType);
cruiseCalculation.SetEngineSpeed(engineSpeed);
cruiseCalculation.SetStandardTemperature(Int32.Parse(cruiseAltitude));

climbDistanceTimeFuelData = cruiseCalculation.ClimbDistanceFuelTimeCalculator(fieldPressureAltitude, cruiseAltitude);
```

Görsel 7.50. Seyir performansı için metod çağırımı

Bu metod içerisinde ilk önce, tablo değerlerinden farklı irtifa değerleri için maksimum ve minimum değerler hesaplanır.(Bkz. Görsel 7.51) Hesaplanan minimum maksimum irtifa değerleri bir dizi değişkeni içerisinde tutulurken, programın başında girilmiş olan pist basınç ve seyir irtifaları başka bir dizide tutulur.(Bkz. Görsel 7.52)

```
//TABLO DEGERLERINDEN FARKLI ALTITUDE DEGERLERI ICIN MAX VE MIN DEGERLERIN HESAPLANMASI
if (Int32.Parse(fieldPressureAltitude) % fieldPressureAltitudePower != 0 || Int32.Parse(CruiseAltitude) % cruiseAltitudePower != 0)
{
    for (int i = 0; i < 2; i++)
    {
        if (altitudes[i].Length < 5) { power = 1000; } //feet
        else { power = 10000; }

        if (Int32.Parse(altitudes[i]) % power != 0)
        {
            altitudeValues[j] = (Int32.Parse(altitudes[i]) - Int32.Parse(altitudes[i]) % power).ToString();
            altitudeValues[j + 1] = (Int32.Parse(altitudeValues[j]) + 1000).ToString();
        }
        j = 2;
    }
}
j = 0;
```

Görsel 7.51. İrtifa için maksimum ve minimum değerlerin hesaplanması

altitudeValues	{string[4]}
[0]	"2000"
[1]	"3000"
[2]	"5000"
[3]	"6000"
altitudes	{string[2]}
[0]	"2500"
[1]	"5500"

Görsel 7.52. Hesaplanmış minimum ve maksimum irtifalar

Sonrasında, program if-else karar mekanizmasını kullanarak ne tür hesaplama yapacağını belirler. Verilmiş olan örnekte pist basınç irtifası ve seyir irtifası veritabanında bulunan tablodaki irtifa değerlerinden farklı olduğu için, bu duruma uygun interpolasyon yöntemi belirlenir. Belirlendikten sonra databaseSample sınıfından ilgili metod çağırılır(Bkz. Görsel 7.53)

```
//ALTITUDE DEGERLERINDEN IKISI DE TABLO DEGERLERINDEN FARKLI ISE
else
{
    ClimbDistanceFuelTimeDatas = databaseSample.DistanceTimeFuelNonIdenticalValues
}
```

Görsel 7.53. Uygun hesaplama yönteminin belirlenmesi

Çağırılan metod veritabanı bağlantısı kurar ve interpolasyonda kullanılması gereken verileri(Bkz. Görsel 7.54) sorgu ile çekerek dizi tipindeki bir değişkenin içerisine doldurur.(Bkz. Görsel 7.55)

pressure_alt	temperature	climb_speed	rate_of_climb	time_minutes	fuel_used	distance
0	15	74	730	0	0.0	0
1000	13	73	695	1	0.4	2
2000	11	73	655	3	0.8	4
3000	9	73	620	4	1.2	6
4000	7	73	600	6	1.5	8
5000	5	73	550	8	1.9	10
6000	3	73	505	10	2.2	13
7000	1	73	455	12	2.6	16
8000	-1	72	410	14	3.0	19
9000	-3	72	360	17	3.4	22
10000	-5	72	315	20	3.0	27
11000	-7	72	265	24	4.4	32
12000	-9	72	220	28	5.0	38

Görsel 7.54. Zaman, yakıt, mesafe hesabı için kullanılacak veriler

cruiseCalculationMuiltipleDatas	{string[12]}
[0]	"3"
[1]	"0.8"
[2]	"4"
[3]	"4"
[4]	"1.2"
[5]	"6"
[6]	"8"
[7]	"1.9"
[8]	"10"
[9]	"10"
[10]	"2.2"
[11]	"13"

Görsel 7. 55. Zaman, yakıt, mesafe hesabı için veritabanından alınan veriler

Veritabanından bu verilerin alınma sebebi Görsel 7.54’de görüleceği üzere, pist basınç irtifası olan 2500 ve seyir irtifası olan 5500 feet irtifalara karşılık bir değer olmamasıdır. Dolayısı ile bu değerlere karşılık gelecek olan verilerin ayrı ayrı interpolasyon ile hesaplanması gerekmektedir. Örneğin, 5500 feet seyir irtifası için, dakika verisi hesaplanırken 5000 ve 6000 feet irtifalara denk gelen 8 ve 10 değerleri alınacaktır. Aynı şekilde, kullanılan yakıt hesabı yapılırken 5000 ve 6000 feet irtifadaki veriler olan 1.9 ve 2.2 ile işlem yapılacaktır.

Program bu noktadan sonra çekmiş olduğu veriler ile interpolasyon hesabına başlar. Hesaplama sonucunda, 2500 feet irtifaya ve 5500 feet irtifaya denk gelen veriler bulunur.(Bkz. Görsel 7.56)

$$x_0 = \frac{(2500-2000)*(4-3)}{3000-2000} + 3 = \mathbf{3.5} \quad (7.16)$$

$$x_1 = \frac{(2500-2000)*(1.2-0.8)}{3000-2000} + 0.8 = \mathbf{1} \quad (7.17)$$

$$x_2 = \frac{(2500-2000)*(6-4)}{3000-2000} + 4 = \mathbf{5} \quad (7.18)$$

$$y_0 = \frac{(5500-5000)*(10-8)}{6000-5000} + 8 = \mathbf{9} \quad (7.19)$$

$$y_1 = \frac{(5500-5000)*(2.2-1.9)}{6000-5000} + 1.9 = \mathbf{2.05} \quad (7.20)$$

$$y_2 = \frac{(5500-5000)*(13-10)}{6000-5000} + 3 = \mathbf{11.5} \quad (7.21)$$

cruiseCalculationDatas	{string[6]}
[0]	"3.5"
[1]	"1"
[2]	"5"
[3]	"9"
[4]	"2.05"
[5]	"11.5"

Görsel 7.56. Hesaplanan zaman, yakıt, mesafe verileri

İnterpolasyon hesabı sonucu elde edilen verilerde, x_0 ve y_0 dakika, x_1 ve y_1 galon, x_2 ve y_2 ise mil cinsindendir. Bu değerler sonrasında ise yakılan yakıtı, geçen zamanı ve gidilen mesafeyi hesaplamada kullanılacaktır. Program bir sonraki adımda, hesaplanmış olan bu verileri tekrar ClimbDistanceFuelTimeCalculator metoduna taşır ve aynı birimdeki veriler arasındaki farkı hesaplar.(Bkz Görsel 7.57)

ClimbDistanceFuelTimeDifferences	{string[3]}
[0]	"5.5"
[1]	"1.05"
[2]	"6.5"

Görsel 7.57. 2500 ve 5500 feet irtifa arası zaman, yakıt ve mesafe farkları

Sonraki adımda program, sıcaklığa göre zaman, yakıt ve mesafe düzeltmelerini yapacaktır. Bunun için 5500 feet yükseklikteki standart hava sıcaklığı verisi gerekmektedir. 0 basınç irtifasında standart hava sıcaklığı 15 santigrat derece olduğundan dolayı, program basit bir matematiksel işlem ile(Her 1000 feet yükseklikte hava sıcaklığının 2 santigrat derece azalması) gerekli seyir irtifasındaki standart hava sıcaklığını ve mevcut hava sıcaklığı ile arasındaki farkı hesaplayarak sonucu temperatureDeviation adlı bir değişkende saklar.(Bkz. Görsel 7.58)

```
public void SetStandardTemperature( int altitude)
{
    this.standardTemperature = 15 - (((float)altitude / 1000) * 2);

    temperatureDeviation = float.Parse(temperature) - standardTemperature;

    if(temperatureDeviation == 0)
    {
        temperatureCondition = "_standard";
    }
    if(temperatureDeviation > 0)
    {
        temperatureCondition = "_standard_above";
    }
    if (temperatureDeviation < 0)
    {
        temperatureCondition = "_standard_below";
    }
}
```

Görsel 7.58. 5500 feet irtifa için standart sıcaklığın hesaplanması

Görselde görünen temperatureCondition değişkeni “_standard”, “_standard_above” ve “standard_below” olmak üzere, 3 değerden birini almaktadır. Bu üç değer, sıcaklık sapmasının olup olmamasına ve var ise standart sıcaklıktan daha mı yüksek yoksa daha mı düşük olduğuna göre belirlenmektedir. Bunun belirlenmesinin önemi Görsel 7.19’den da anlaşılabilceği üzere, seyir performansı bu 3 şarta göre değişiklik göstermektedir. Zaman, yakıt ve mesafe tablosuna bakıldığında, bu 3 verinin de, standart sıcaklığın her 10 santigrat üzerinde olduğu durum için %10 arttırılması gerektiği yazmaktadır. Programın bir sonraki adımında yapacağı budur.(Görsel 7.59)

ClimbDistanceFuelTimeDifferences	{string[3]}
[0]	"6.49"
[1]	"1.239"
[2]	"7.67"

Görsel 7.59. Standart sıcaklığa göre düzeltilmiş veri farkları

Görüldüğü üzere, zaman yakıt ve mesafe verileri %18 oranında arttırılmıştır. 5500 feet Standart hava sıcaklığı sapması 18 olduğundan dolayı(5500 feet irtifada hava sıcaklığı 4 derece olması gerekirken 22’dir) program tüm verileri %18 oranında arttırmıştır.

Program bir sonraki adımında, toplam mesafe 360 NM girildiği için, kalkış için gerekli mesafeyi 360’dan çıkartacak ve seyir mesafesini hesaplayacaktır. 2500 feet irtifadan 5500 feet irtifaya çıkmak için gerekli mesafe Görsel 7.56’da 7.67 NM olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla toplam mesafeden tırmanma mesafesi çıkarıldığında, seyir için 352.33 NM mesafe kalır.(Görsel 7.60)

cruiseDistance	"352.33"
----------------	----------

Görsel 7.60. Kalkış sonrası kalan seyir mesafesi

Kalkış sonrası kalan seyir mesafesi hesaplandıktan sonra, cruiseCalculation sınıfındaki CalculateCruisePerformance metodu çalıştırılır. Burada ilk olarak 5500 feet irtifa için maksimum ve minimum değerler hesaplanır ve 4000 ile 6000 değerleri elde edilir.(Bkz Görsel 7.61, Görsel 7.62)

```

public int[] MaxMinAltitudeLimitsCalculator(int altitude)
{
    int[] limits = new int[3];

    if (altitude.ToString().Length <= 5) { power = 2000; }
    else { power = 1000; }

    if (altitude % power != 0)
    {
        limits[1] = altitude - altitude % power;
        limits[2] = limits[1] + power;
    }
    else
    {
        limits[0] = altitude;
    }
    return limits;
}

```

Görsel 7.61. 5500 feet irtifa, maksimum ve minimum değerlerin hesaplanması

altitudeLimits	{int[3]}
[0]	0
[1]	4000
[2]	6000

Görsel 7.62. 5500 feet için hesaplanmış maksimum ve minimum veriler

Bu noktadan sonra, veritabanından değer çekilecek olan sütun isimleri belirlenir. Önceki sayfalarda hesaplamalar sırasında, temperatureCondition değişkeninin “_standard_above” olarak belirlendiği hatırlanmalıdır. Bu bilgi Görsel 7.63 ve Görsel 7.64’de görüleceği üzere veritabanından çekilecek güç, hız ve yakıt sarfıyatı değerlerinin hangi sütundan alınacağını belirlemektedir.

```

columnNames[0] = "mcp" + temperatureCondition;
columnNames[1] = "ktas" + temperatureCondition;
columnNames[2] = "gph" + temperatureCondition;

```

Görsel 7.63. Seyir performansı sütun adı oluşturulması

columnNames	{string[6]}
[0]	"mcp_standard_above"
[1]	"ktas_standard_above"
[2]	"gph_standard_above"

Görsel 7.64. Seyir performansı sütun isimleri

Sonrasında, databaseSample sınıfındaki ilgili metot çalıştırılır. Örnekteki durumda, sıcaklık değeri standart sıcaklıktan farklı olduğu ve irtifa değeri de tablolarındaki irtifa değerlerinden farklı olduğu için, CruiseCalculationNonIdenticalValues adlı metot çalıştırılmaktadır. Bu metot veritabanından, alt limit olan 4000 feet ve üst sınır olan 6000 feet’de 2200 RPM’e sahip satırların(2200 motor devri programın başında girilmiştir) hem standart dereceye hem de 20 derece standart üstü sütunlarının kesiştiği yerlerdeki verileri almaktadır.(Bkz. Görsel 7.65, Görsel 7.66) Bu değerler alındıktan sonra, interpolasyon kullanılarak ara değerler hesaplanabilmektedir.

pressi	rpm	gph	mcp_standard	ktas_standard	gph_standard	mcp_standard_above	ktas_standard_above	gph_standard_above
2000	2550	£ 1. 1...	77	118	10.5	72	117	9.9
2000	2500	7 1. 1...	73	115	9.9	68	115	9.4
2000	2400	£ 1. 9.6	64	110	9.0	60	109	8.5
2000	2300	£ 1. 8.6	57	104	8.1	53	102	7.7
2000	2200	£ 9. 7.7	50	97	7.3	47	95	6.9
2000	2100	£ 9. 6.9	44	90	6.6	42	89	6.3
4000	2600	£ 1. 1...	77	120	10.4	72	119	9.8
4000	2550	7 1. 1...	73	117	9.9	68	117	9.4
4000	2500	7 1. 1...	69	115	9.5	64	114	8.9
4000	2400	£ 1. 9.1	61	109	8.5	57	107	8.1
4000	2300	£ 1. 8.2	54	102	7.7	51	101	7.3
4000	2200	£ 9. 7.4	48	96	7.0	45	94	6.7
4000	2100	£ 9. 6.6	42	89	6.4	40	87	6.1
6000	2650	£ 1. 1...	77	122	10.4	72	121	9.8
6000	2600	7 1. 1...	73	119	9.9	68	118	9.4
6000	2500	7 1. 9.6	65	114	9.0	60	112	8.5
6000	2400	£ 1. 8.6	57	108	8.2	54	106	7.7
6000	2300	£ 1. 7.8	51	101	7.4	48	99	7.0
6000	2200	£ 9. 7.1	45	94	6.7	43	92	6.4

Görsel 7.65. Interpolasyon için güç, hız ve yakıt verilerinin alınması

cruiseCalculationMulptileDatas	{string[12]}
[0]	"45"
[1]	"94"
[2]	"6.7"
[3]	"48"
[4]	"96"
[5]	"7.0"
[6]	"43"
[7]	"92"
[8]	"6.4"
[9]	"45"
[10]	"94"
[11]	"6.7"

Görsel 7.66. Veritabanından alınmış güç, hız ve yakıt verileri

Sonraki adımda, bu alınmış olan 12 veri ile interpolasyon hesabı yapılacaktır.

$$x_0 = \frac{(22-4)*(48-45)}{24-4} + 45 = \mathbf{47.7} \quad (7.22)$$

$$x_1 = \frac{(22-4)*(96-94)}{24-4} + 94 = \mathbf{95.8} \quad (7.23)$$

$$x_2 = \frac{(22-4)*(7-6.7)}{24-4} + 6.7 = \mathbf{6.97} \quad (7.24)$$

$$x_3 = \frac{(22-4)*(45-43)}{24-4} + 43 = \mathbf{44.8} \quad (7.25)$$

$$x_4 = \frac{(22-4)*(94-92)}{24-4} + 92 = \mathbf{93.8} \quad (7.26)$$

$$x_5 = \frac{(22-4)*(6.7-6.4)}{24-4} + 6.4 = \mathbf{6.67} \quad (7.27)$$

Yukarıda 12 veri ile yapılmış interpolasyon hesabından sonra, 6 adet veri elde edilmiştir.(Bkz. Görsel 7.67) Sonraki adımda bu 6 veri ile son bir kez daha interpolasyon yapılarak birer güç, hız ve yakıt sarfiyatı verisi elde edilecektir.(Bkz. Görsel 7.68)

cruiseCalculationDatas	{string[6]}
[0]	"47.7"
[1]	"95.8"
[2]	"6.97"
[3]	"44.8"
[4]	"93.8"
[5]	"6.67"

Görsel 7.67. Elde edilen güç, hız ve yakıt ara veriler

$$y_0 = \frac{(5500-4000)*(44.8-47.7)}{6000-4000} + 47.7 = \mathbf{45.525} \quad (7.28)$$

$$y_1 = \frac{(5500-4000)*(93.8-95.8)}{6000-4000} + 95.8 = \mathbf{94.3} \quad (7.29)$$

$$y_2 = \frac{(5500-4000)*(6.67-6.97)}{6000-4000} + 6.97 = \mathbf{6.745} \quad (7.30)$$

cruiseCalculationInterpolationResult	{string[3]}
[0]	"45.525"
[1]	"94.3"
[2]	"6.745"

Görsel 7.68. *İnterpolasyon hesabı sonu elde edilen güç, hız ve yakıt verileri*

Bu aşamadan sonra program, gerekli yakıt hesabını yapacaktır.(Fuel Required) Bunun için, güç, hız ve yakıt sarfiyatı verileri hesaplandıktan sonra, cruiseCalculation sınıfı içerisindeki CalculateFuelAndTimeRequired metodu çalıştırılır.(Bkz. Görsel 7.69)

```
public string[] CalculateFuelAndTimeRequired(string[] cruiseCalculationResult)
{
    string[] fuelAndTimeCalculationResult = new string[3];

    if (windEnrouteType==1)
    {
        cruiseCalculationResult[1] = (float.Parse(cruiseCalculationResult[1]) - windEnrouteKnot).ToString();
    }
    if (windEnrouteType == 2)
    {
        cruiseCalculationResult[1] = (float.Parse(cruiseCalculationResult[1]) + windEnrouteKnot).ToString();
    }

    timeRequired = (float)(cruiseDistance / float.Parse(cruiseCalculationResult[1])); ≤ 1ms elapsed
    fuelRequired = (float)(timeRequired * float.Parse(cruiseCalculationResult[2]));

    fuelAndTimeCalculationResult[0] = cruiseCalculationResult[1];
    fuelAndTimeCalculationResult[1] = decimal.Round((decimal)timeRequired,2).ToString();
    fuelAndTimeCalculationResult[2] = decimal.Round((decimal)fuelRequired, 2).ToString();

    return fuelAndTimeCalculationResult;
}
```

Görsel 7.69. *Zaman ve yakıt hesaplaması*

Gerekli zaman ve yakıt hesaplanmadan önce, programın başında girilmiş olan seyir esnasındaki rüzgar faktörü baş rüzgar(Görsel 7.69'daki windEnrouteType==1) veya kuyruk rüzgarına(Görsel 7.69'daki windEnrouteType==2) ve rüzgarın şiddetine(Örnek hesaplamanın başında, rüzgar şiddeti 12 Knot baş rüzgar olarak girilmiştir) göre uçak hızında düzeltme yapar. Görsel 7.68'de 94.3 KTAS olarak gözüken uçak hızı, bu düzeltme sonunda 82.3 KTAS olarak elde edilecektir.(Bkz. Görsel 7.70)

cruiseCalculationResult	{string[3]}
[0]	"45.525"
[1]	"82.3"
[2]	"6.745"

Görsel 7.70. Rüzgar faktörüne göre düzeltilmiş hız verisi.

Rüzgara göre hız düzeltmesi yapıldıktan sonra, gerekli zaman ve gerekli yakıt hesaplanır.(Bkz. Görsel 7.71)

$$Time\ Required(Hour) = \frac{Cruise\ Distance(NM)}{Speed(KTAS)} \quad (7.31)$$

$$Fuel\ Required(Gallons) = Time\ Required * Gallon\ Per\ Houe(GPH) \quad (7.32)$$

$$Time\ Required = \frac{352.33}{82.3} = 4.28 \quad (7.33)$$

$$Fuel\ Required = 4.28 * 6.745 = 28.88 \quad (7.34)$$

fuelAndTimeCalculationResult	{string[3]}
[0]	"82.3"
[1]	"4.28"
[2]	"28.88"

Görsel 7.71. Hesaplanmış gerekli zaman ve yakıt verileri

Sonrasında, uçağı 45 dakika boyunca uçurabilecek yedek yakıtın hesaplanması gerekmektedir.

$$Reserve\ Fuel(Gallons) = \frac{45}{60} * 6.745 = 5.05 \quad (7.35)$$

Son olarak motor çalıştırılması, taxi ve kalkış için 1.4 gallon yakıt, kalkış sonrası seyir irtifasına kadar harcanan 1.239 galon yakıt(Görsel 7.59), seyir için gerekli 28.88 galon yakıt ve 5.05 galon yedek yakıt toplanarak toplam gerekli yakıt program tarafından hesaplanır.(36.57 Galon)

Hesaplamaların son adımı olan iniş performansına gelindiğinde, iniş hesaplamalarında kullanılan tablo içeriği(satır, sütun isimleri vb) değerler hariç kalkış

tablosu ile tamamen aynı olduğundan dolayı kalkış performansındaki her işlem adımının aynısı farklı veriler ile iniş performansı için tekrar yapılır. Son olarak, gerekli rüzgar düzeltmeleri de yapıldıktan sonra hesaplanmış veriler ortaya çıkar(Bkz. Görsel 7.72) ve program tüm hesaplanmış verileri kullanıcıya gösterir.(Bkz. Görsel 7.73, Görsel 7.74)

groundRoll	"915.25"
groundRollToClear50Foot	"2042.25"

Görsel 7.72. Hesaplanmış iniş verileri

TAKEOFF CONDITIONS :

Flaps 10° Lift Off : 44 KIAS
Full Throttle prior to break release Speed at 50 Feet : 50 KIAS

Field Pressure Altitude : 2500 Feet
Takeoff Weight : 2300 Pounds
Temperature : 28 Celcius
Wind Component Along Runway : 10 Knot Head Wind
Runway Type : Dry Runway

CRUISE CONDITIONS :

Total Distance : 360 Nautical Mile
Pressure Altitude : 5500 Feet
Expected Wind Enroute : 12 Knot Head Wind
Engine Speed : 2200 RPM

LANDING CONDITIONS :

Flaps FULL Speed at 50 Feet : 61 KIAS
Power IDLE
Maximum Breaking

Field Pressure Altitude : 3500 Feet
Temperature : 15 Celcius
Wind Component Along Runway : 8 Knot Tail Wind
Runway Type : Dry Runway

Calculate

TAKEOFF

Ground Roll : 925.7778
Total Feet To Clear 50 Foot : 1576.667
Maximum Rate Of Climb : 582

CRUISE

Cruise Power : 45.525
True Airspeed : 82.3 Knots
Cruise Fuel Flow : 6.745 GPH
Climb Distance : 7.67 Nm
Cruise Distance : 352.33 Nm
Time Required For Cruise : 4.28 Hours
Engine Start, Taxi and Takeoff Fuel : 1.4 Gallons
Fuel Required to Climb : 1.239 Gallons
Fuel Required For Cruise : 28.88 Gallons
Reserve Fuel : 5.05875 Gallons
Total Fuel Required : 36.57775 Gallons

LANDING

Ground Roll : 915.25
Total Feet To Clear 50 Foot : 2042.25

Görsel 7.73. Hesaplamalar sonucu kullanıcı ekranı

TAKEOFF	
Ground Roll :	925.7778
Total Feet To Clear 50 Foot :	1576.667
Maximum Rate Of Climb :	582
CRUISE	
Cruise Power :	45.525
True Airspeed :	82.3 Knots
Cruise Fuel Flow :	6.745 GPH
Climb Distance :	7.67 Nm
Cruise Distance :	352.33 Nm
Time Required For Cruise :	4.28 Hours
Engine Start, Taxi and Takeoff Fuel :	1.4 Gallons
Fuel Required to Climb :	1.239 Gallons
Fuel Required For Cruise :	28.88 Gallons
Reserve Fuel :	5.05875 Gallons
Total Fuel Required :	36.57775 Gallons
LANDING	
Ground Roll :	915.25
Total Feet To Clear 50 Foot :	2042.25

Görsel 7.74. Hesaplanmış verilerin gösterilmesi

8. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Cessna 172 SKYHAWK tipi uçağın performans hesaplamalarını ihtiyaç sahibi kişiler için otomatik olarak yapan bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Sistemin geliştirilmesindeki ana sebep, pilotun iş yükünün azaltılması ve el ile yapılan hesaplamalarda oluşabilecek hataların önüne geçilmesidir.

8.1. Sonuç

Bu sistemin geliştirilebilmesi için, öncelikle pilot hataları, pilotların iş yükü, durumsal farkındalıkları ve emniyet yönetimi konuları incelenmiş, sonrasında ise teknolojinin havacılık endüstrisindeki yerine değinilmiştir. Teknolojik gelişmelerin insan faktörleri üzerine etkisi açıklanmış, elektronik uçuş çantalarının tarihine, gelişimine ve kabiliyetlerine yer verilmiştir.

Son olarak geliştirilmiş olan karar destek sisteminin işleyişi ve çalışma mantığı bir örnek ile detaylı bir şekilde incelenmiş ve hesaplama sonucu paylaşılmıştır. Geliştirilmiş olan karar destek sistemi kalkış, seyir ve iniş için pilotun ihtiyacını karşılayabilecek çeşitli performans verilerini hızlı ve doğru bir biçimde hesaplayabilmektedir. Test aşamaları esnasında, birçok örnek veri ile program test edilmiş oluşan küçük hatalar(Bug) düzeltilerek programın efektif bir şekilde çalışması sağlanmıştır.

Cessna 172S SKYHAWK kullanıcı el kitabının performans bölümünde yer alan, pilotlara örnek olması sebebi ile konulmuş olan örnek performans hesabı da geliştirilmiş olan karar destek sistemi ile test edilmiş ve elde edilen verilerin birbiri ile örtüştüğü ve hatta karar destek sisteminin daha kesin ve hassas sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

8.2. Tartışma

Kullanıcı el kitabının performans bölümündeki örnekte, hesaplamalar yapılırken bazı değerlerin okuyanın daha kolay anlayabilmesi için yukarı veya aşağıya yuvarlandığı görülmektedir. Bu sebeple karar destek sistemi ile yapılan hesaplamalar sonucunda örnekteki veriler ile bazı farklar oluşmaktadır. Bu durumun detayları, Tablo 8.1 ve Tablo 8.2’de gösterilmiştir.

Tablo 8.1. *Örnekte ve programda dikkate alınan veriler*

Örnek Veriler		Örnekte Alınan	Programda Alınan
Kalkış			
İrtifa	1500	2000	1500
Ağırlık	2550	2550	2550
Sıcaklık	28	30	28
Rüzgar	12	12	12
Seyir			
Mesafe	360	360	360
İrtifa	7500	8000	7500
Sıcaklık	16	20	16
Rüzgar	10	10	10
Motor Devri	2600	2600	2600
İniş			
İrtifa	2000	2000	2000
Sıcaklık	25	30	25

Tablo 8. 2. *Dikkate alınan veriler sonucu oluşan fark*

	SONUÇLAR	
Hesaplanan Veri	Örnek Sonuçları	Program Sonuçları
KALKIŞ		
Ground Roll	1118	1049.1
Ground Roll to Clear 50 foot obstacle	1905	1785.7
SEYİR		
Power	64	68.3
True AirSpeed	117	108.6
Cruise Fuel Flow	8.9	9.4
Fuel to Climb	2.6	2.55

Tablo 8.2.(Devam) *Dikkate alınan veriler sonucu oluşan fark*

Climb Distance	18	16.82
Cruise Distance	342	343.18
Cruise Fuel	28.5	29.77
Reserve Fuel	6.7	7
Total Fuel	39.2	40.7
İNİŞ		
Ground Roll	650	640
Ground Roll to Clear 50 foot obstacle	1455	1437.5

Görüldüğü üzere, uçuş el kitabında performans hesabı yapılırken dikkate alınan veriler örnekte verilen değerlerden farklıdır. Karar destek yazılımı verileri yukarı veya aşağıya yuvarlamadan aldığı için Tablo 8.2’de görüldüğü üzere sonuçlar arasında bazı farklılıklar çıkmaktadır. Bu durum, geliştirilmiş olan karar destek sisteminin hesaplamaları çok daha hassas bir şekilde yaptığının kanıtıdır.

8.3. Öneriler

Geliştirilmiş olan karar destek sistemi, Windows işletim sistemine sahip bilgisayarlarda çalışmaktadır. Ama yakın gelecekteki doğabilecek ihtiyaçlar düşünülerek bir server üzerinde çalışabilecek şekilde veritabanı ayrı tutulmuştur.

Bu programın kullanıcı arayüzü ileride, tablet veya telefonda da çalışabilecek şekilde geliştirilebilir. Ayrıca, ileride karar destek sistemine uçuş el kitabında bulunan diğer bölümler veya ihtiyaç dahilinde gerekli olan başka özellikler eklenerek daha kapsamlı bir program yaratılabilir.

KAYNAKÇA

- [1] Shappell S, Detwiler C, Holcomb K, Hackworth C, Boquet A, Wiegmann DA.(2007) *Human error and commercial aviation accidents: an analysis using the human factors analysis and classification system*;49(2):227–42.
- [2] Lüdtke A., Weber L., Osterloh JP., Wortelen B. (2009) *Modeling Pilot and Driver Behavior for Human Error Simulation*. In: Duffy V.G. (eds) *Digital Human Modeling*. ICDHM 2009. Lecture Notes in Computer Science, vol 5620. Springer, Berlin, Heidelberg
- [3] Paris J.(1994) DAEDALUS : *Cockpit flight management system*.
- [4] Michalski DJ, Bearman C.(2014) *Factors affecting the decision making of pilots who fly in outback Australia*. Saf Sci 68:288–93.
- [5] Bearman C, Paletz SBF, Orasanu J, Brooks BP.(2009) *Organizational pressures and mitigating strategies in small commercial aviation: Findings from alaska*. Aviat Sp Environ Med.;80(12):1055–8.
- [6] Gartner WB, Murphy MR, Field M.(2005) *Pilot workload and fatigue: A critical survey of concepts and assessment techniques*. Appl Ergon.;8(4):238.
- [7] Hart S.G., Wickens C.D. (1990) *Workload Assessment and Prediction*. In: Booher H.R. (eds) *Manprint*. Springer, Dordrecht.
- [8] Stanton, N.A., Chambers, P.R., Piggott, J. (2001), *Situational awareness and safety*. Saf. Sci. 39(3), 189–204.
- [9] Nadine B. Sarter & David D. Woods (1991) *Situation Awareness: A Critical But Ill-Defined Phenomenon*, The International Journal of Aviation Psychology, 1:1, 45-57
- [10] Endsley, M, (1988). *Design and evaluation for situational awareness enhancement*. Proceedings of the Human Factors Society 32nd Annual Meeting. HFES, Santa Monica, pp. 97–101.
- [11] Bedny, Gregory and Meister, David. (1999). *Theory of Activity and Situation Awareness*. *International Journal of Cognitive Ergonomics*. 3. 63-72.
- [12] Smith K. and Hancock PA.(2006) *Situation Awareness Is Adaptive, Externally Directed Consciousness*. Hum Factors J Hum Factors Ergon Soc.;37(1):137–48.
- [13] Endsley MR, Kiris EO.(2006) *The Out-of-the-Loop Performance Problem and Level of Control in Automation*. Hum Factors J Hum Factors Ergon Soc.;37(2):381–94.

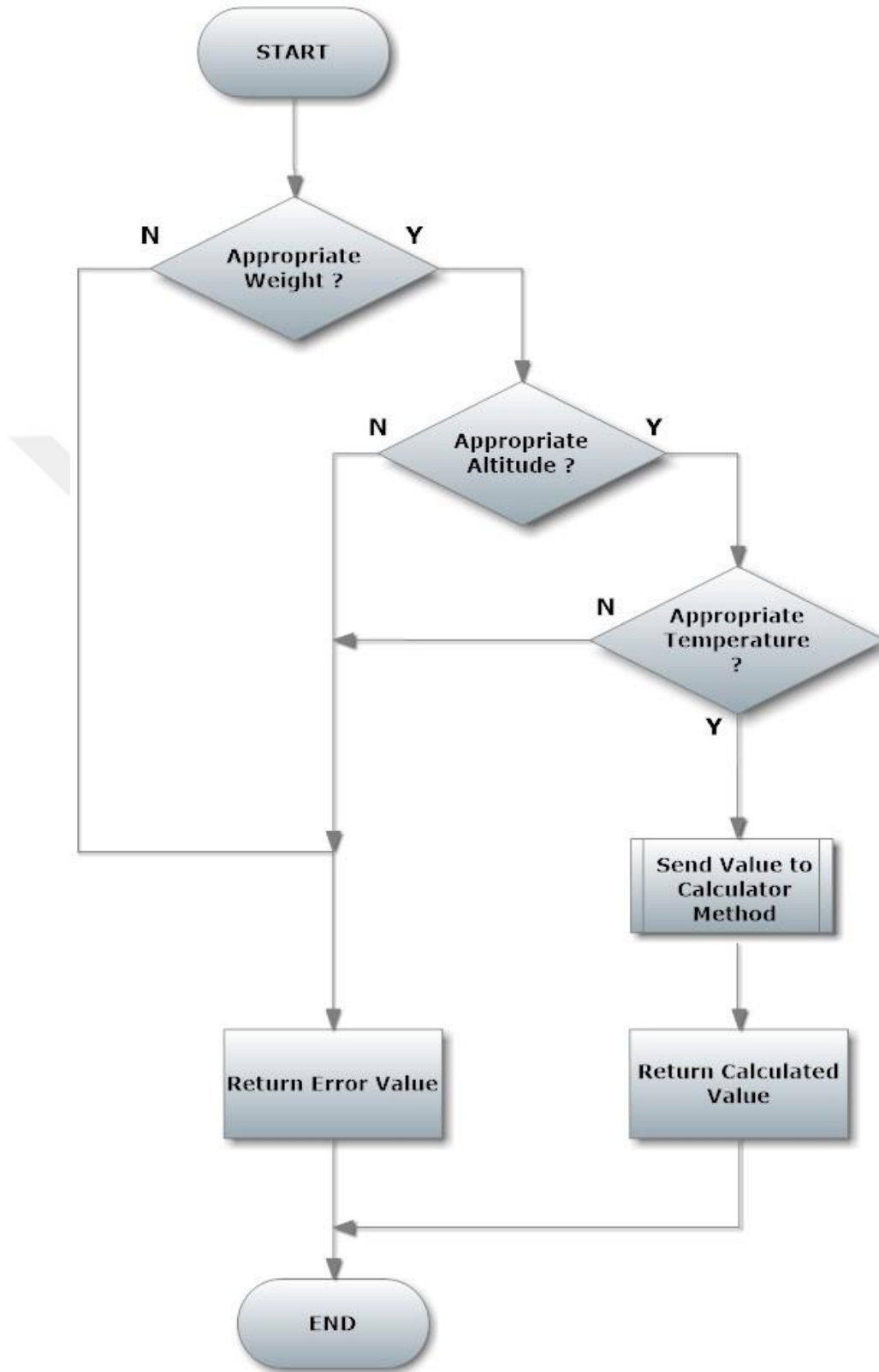
- [14] Jones, Debra and Endsley, Mica. (1996). Sources of situation awareness errors in aviation. *Aviation, space, and environmental medicine*. 67. 507-12.
- [15] Malcolm L.(1997) *Education and debate and elsewhere ?*.;314:1–8.
- [16] Peltomaa K. James Reason.(2013) *Qual Manag Health Care*.;21(1):59–63.
- [17] Hawkins, Frank H. (1987). *Human Factors in Flight*. Brookfield, VT: Gower Publishing Company.
- [18] Orasanu, J.(1995). Training for Aviation Decision Making: *The Naturalistic Decision Making Perspective. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 39(20), 1258–1262
- [19] Trollip, Stanley R & Jensen, Richard S (1991), *Human Factors for General Aviation*, Jeppesen Sanderson, Englewood, CO
- [20] Salas, E. (2010). *Human factors in aviation* /[ed. by] Eduardo Salas, Burlington, Mass: Academic Press.
- [21] International Civil Aviation Organization, (2017), *Safety Management Manual – 4th Edition*, Quebec.
- [22] Civil Air Navigation Services Organisation.(2008) *Safety Culture Definition and Enhancement Process*.;1–12.
- [23] Liggett, Kristen, M. Reising, John and C. Hartsock, David.(1999). *Development and Evaluation of a Background Attitude Indicator*. *The International Journal of Aviation Psychology*. 9. 49-71.
- [24] Barbé J, Chatrenet N, Mollard R, Wolff M, Bérard P.(2014) *Physical ergonomics approach for touch screen interaction in an aircraft cockpit*. 9–16.
- [25] Fitzsimmons, F.(2002). *The electronic flight bag: a multi-function tool for the modern cockpit* Institute for Information Technology Applications United States Air Force Academy , Colorado IITA Research Publication 2 Information Series Report Documentation Page 1–66.
- [26] Nagel, Earl L, Wiener, Earl L and Nagel, David C.(1988). *Human Factors In Aviation*. Academic Press, San Diego
- [27] Cessna Aircraft Company, (2007), *Pilot's Operating Handbook And FAA Approved Airplane Flight Manual: Cessna Model 172S Skyhawk*
- [28] Meijering E.(2002) *A chronology of interpolation: From ancient astronomy to modern signal and image processing*. 319–42.

http-1: <http://plane crashinfo.com/cause.htm> (Erişim tarihi: 23.04.2019)

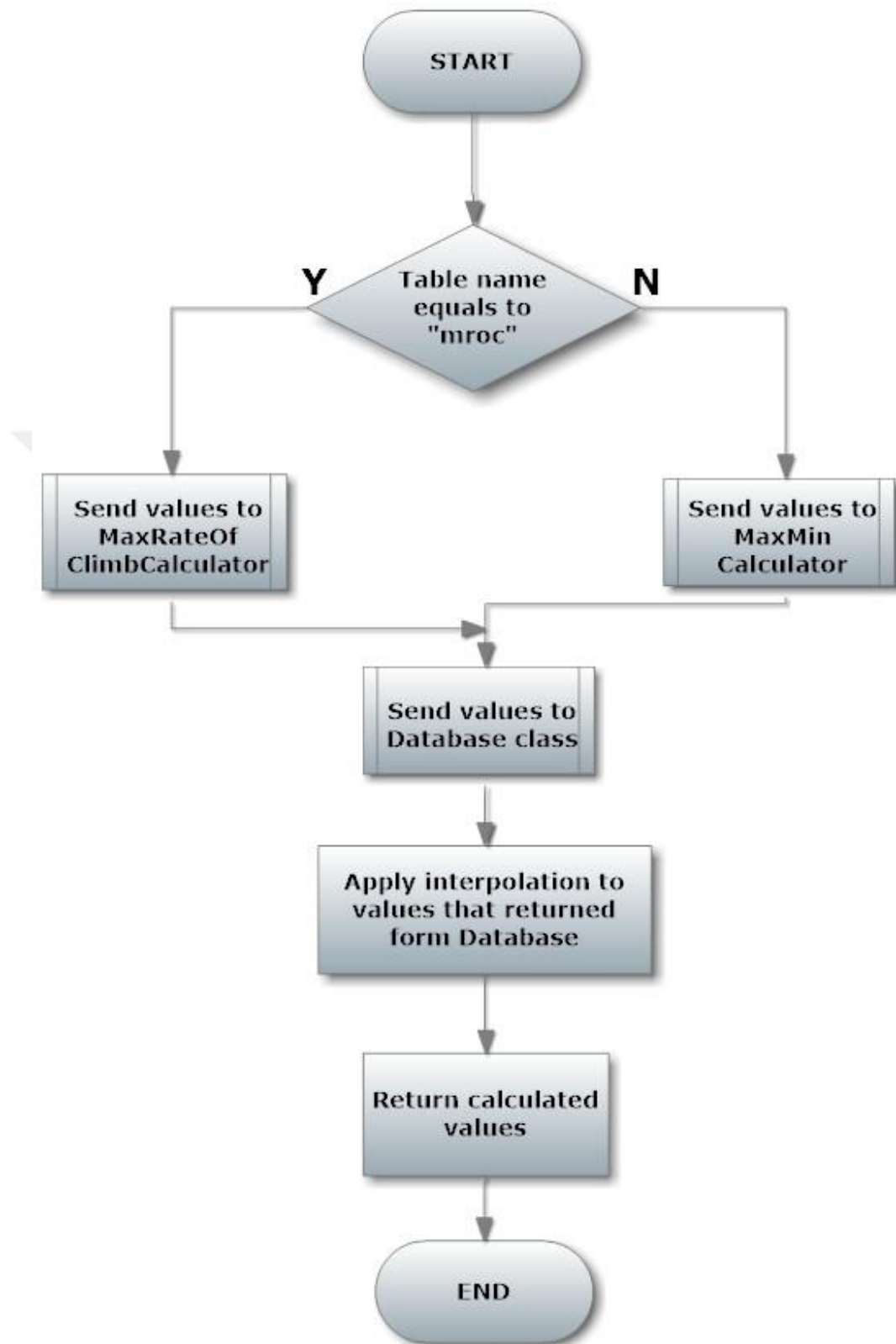
http-2:<https://ipadpilotnews.com/2019/01/pilots-guide-to-mounting-the-ipad-in-the-cockpit/>(Erişim tarihi: 01.05.2019)



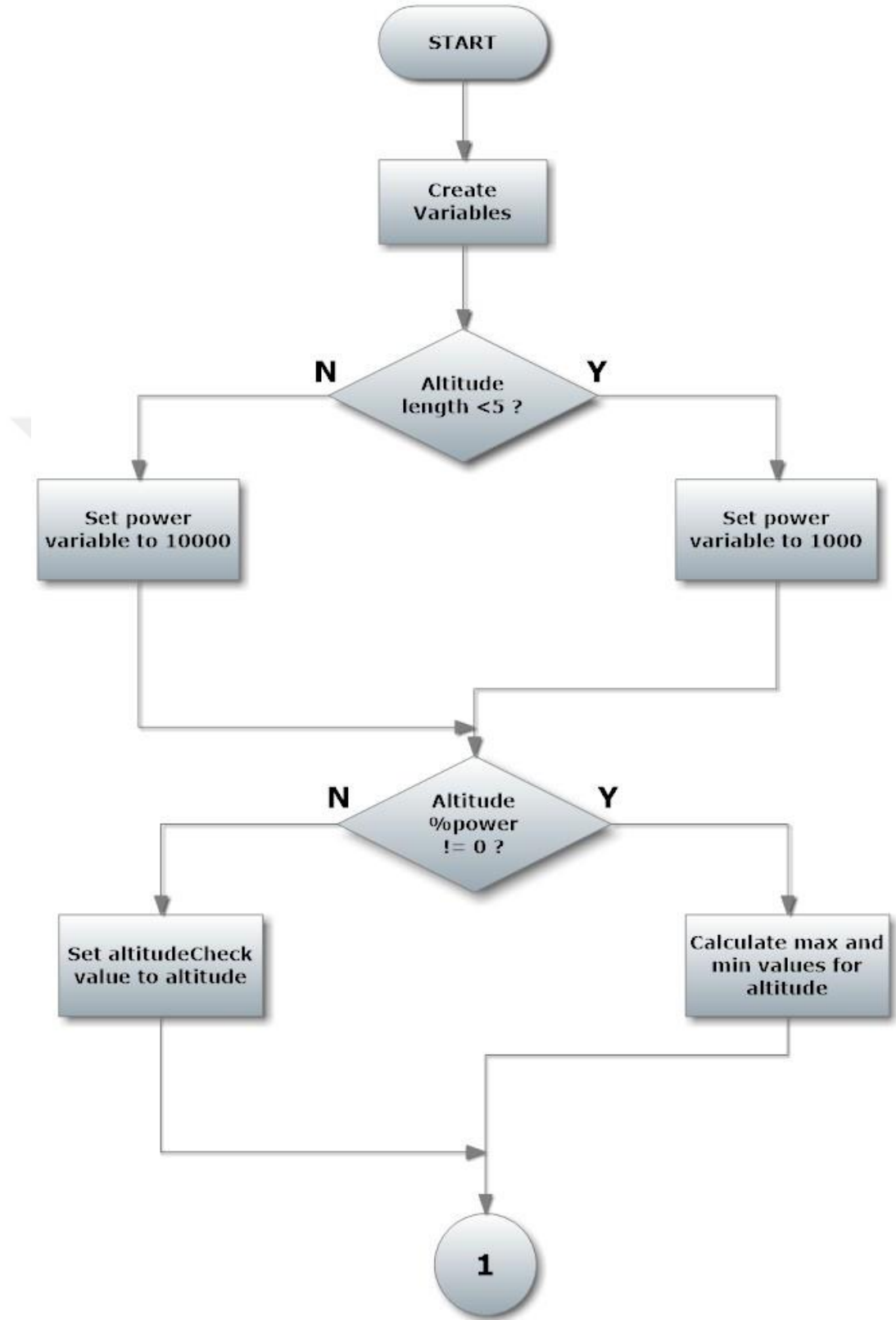
EK-1. UYGUNLUK KONTROLÜ AKIŞ DİYAGRAMI



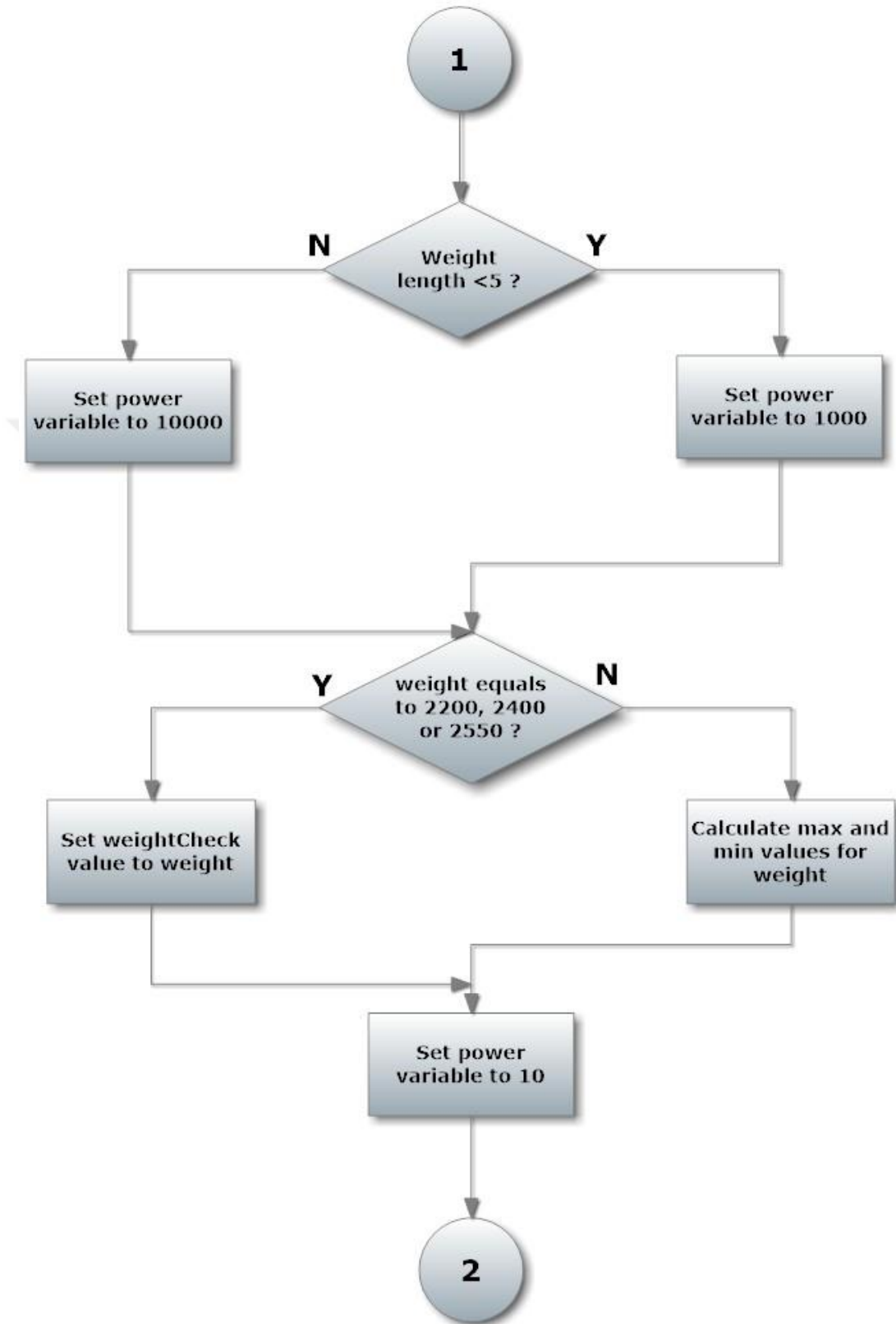
EK-2. CALCULATOR METODU AKIŞ DİYAGRAMI



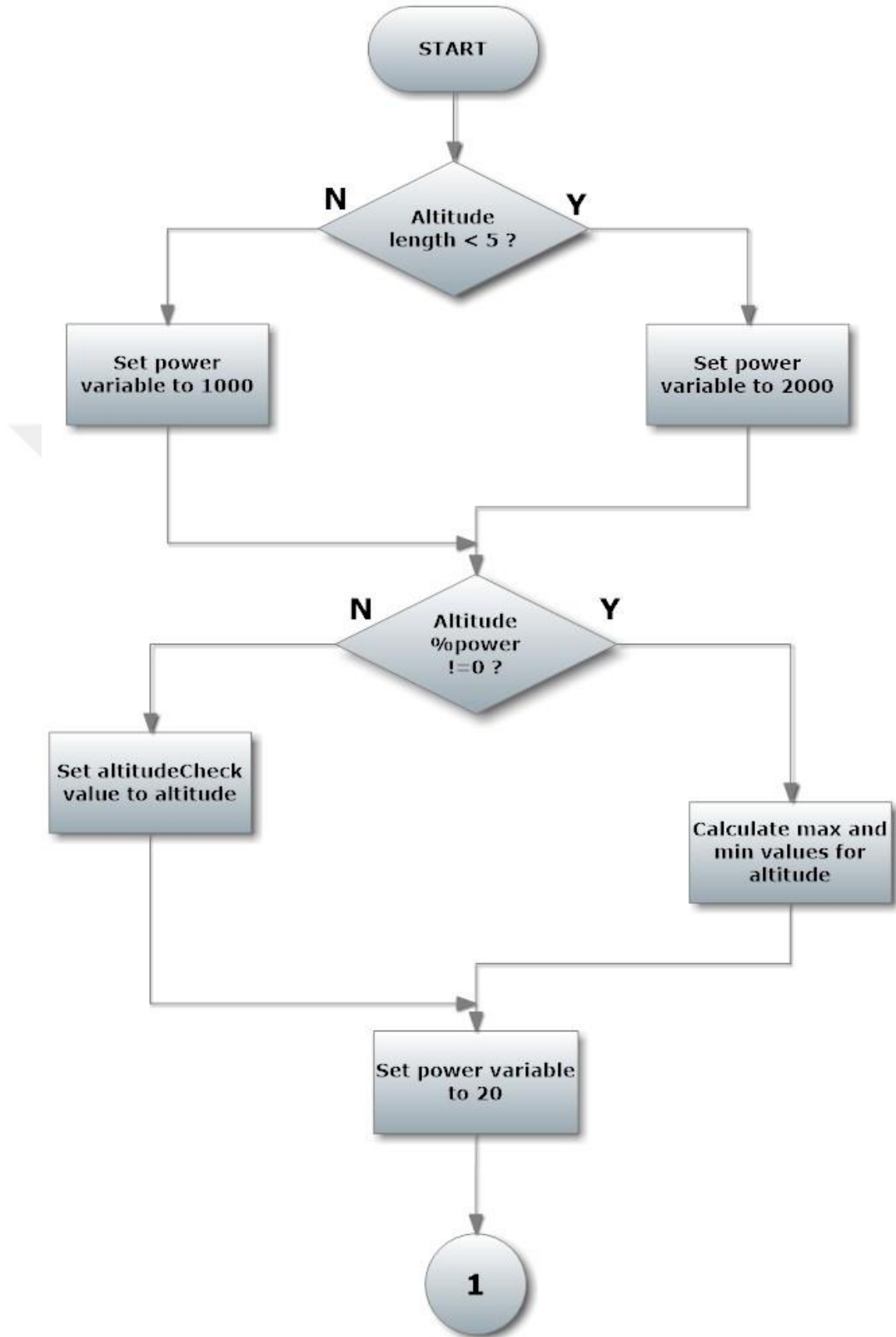
EK-3. MAKSİMUM VE MİNİMUM DEĞERLER AKIŞ DİYAGRAMI - 1



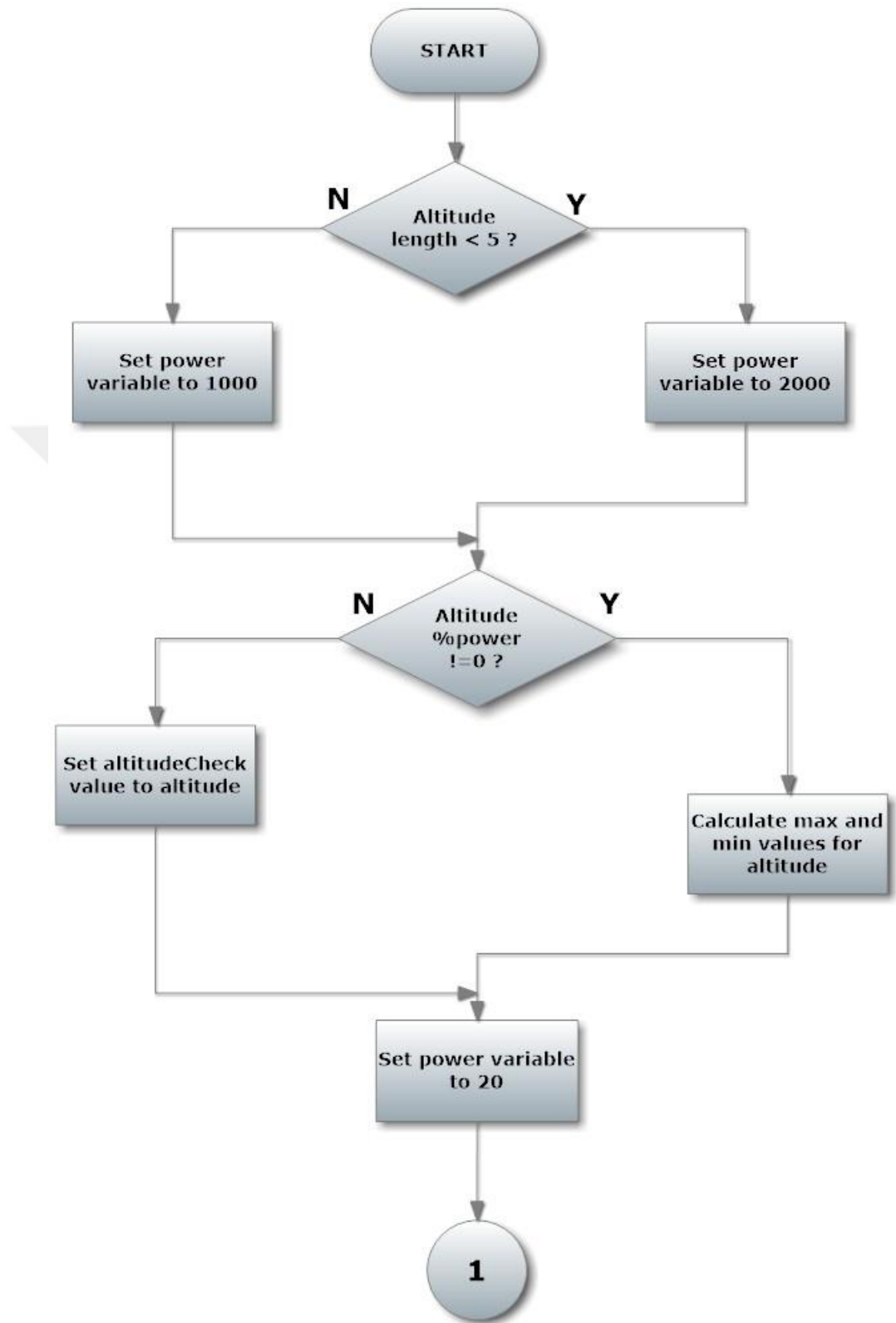
EK-4. MAKSİMUM VE MİNİMUM DEĞERLER AKIŞ DİYAGRAMI - 2



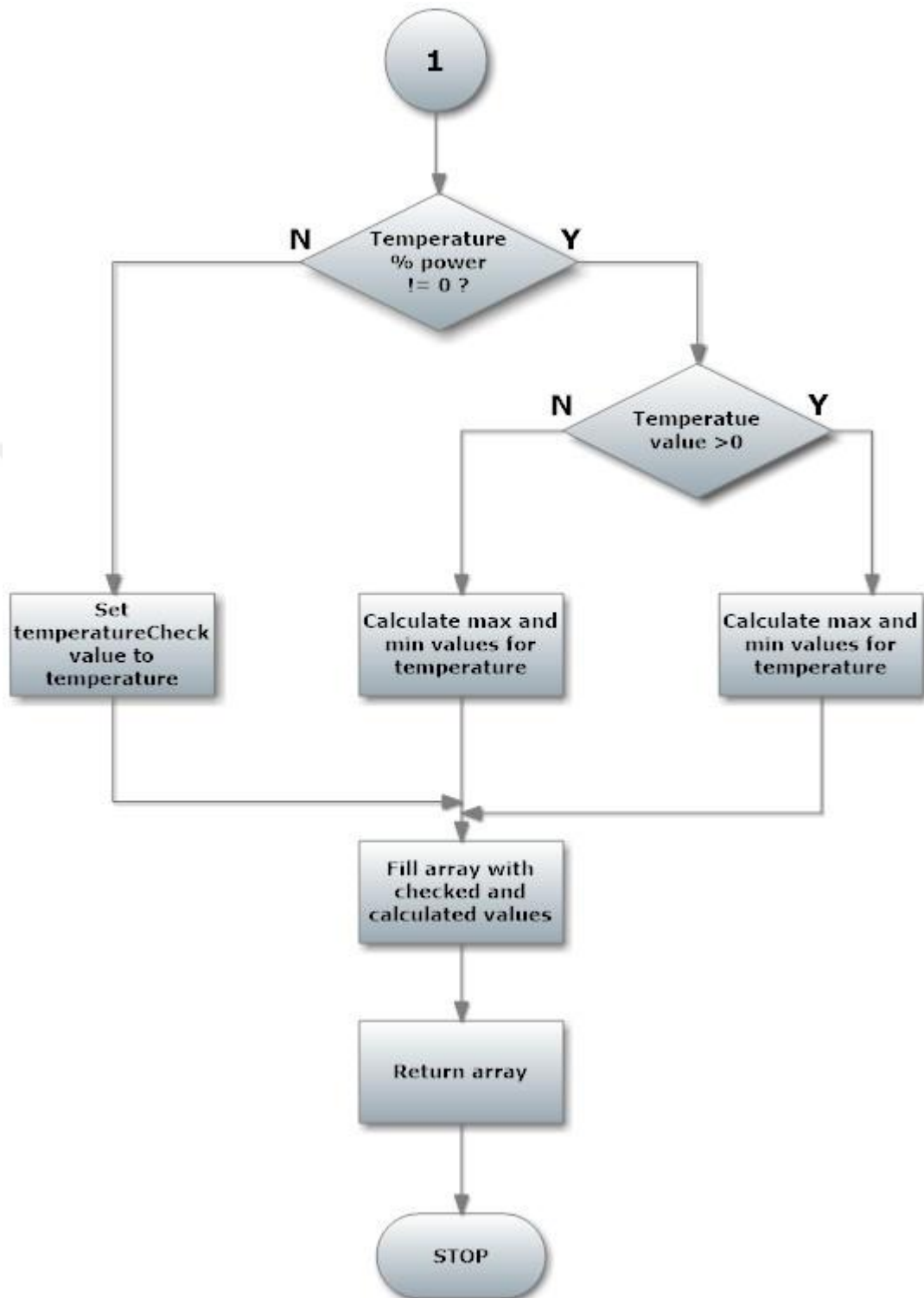
EK-5. MAKSİMUM VE MİNİMUM DEĞERLER AKIŞ DİYAGRAMI - 3



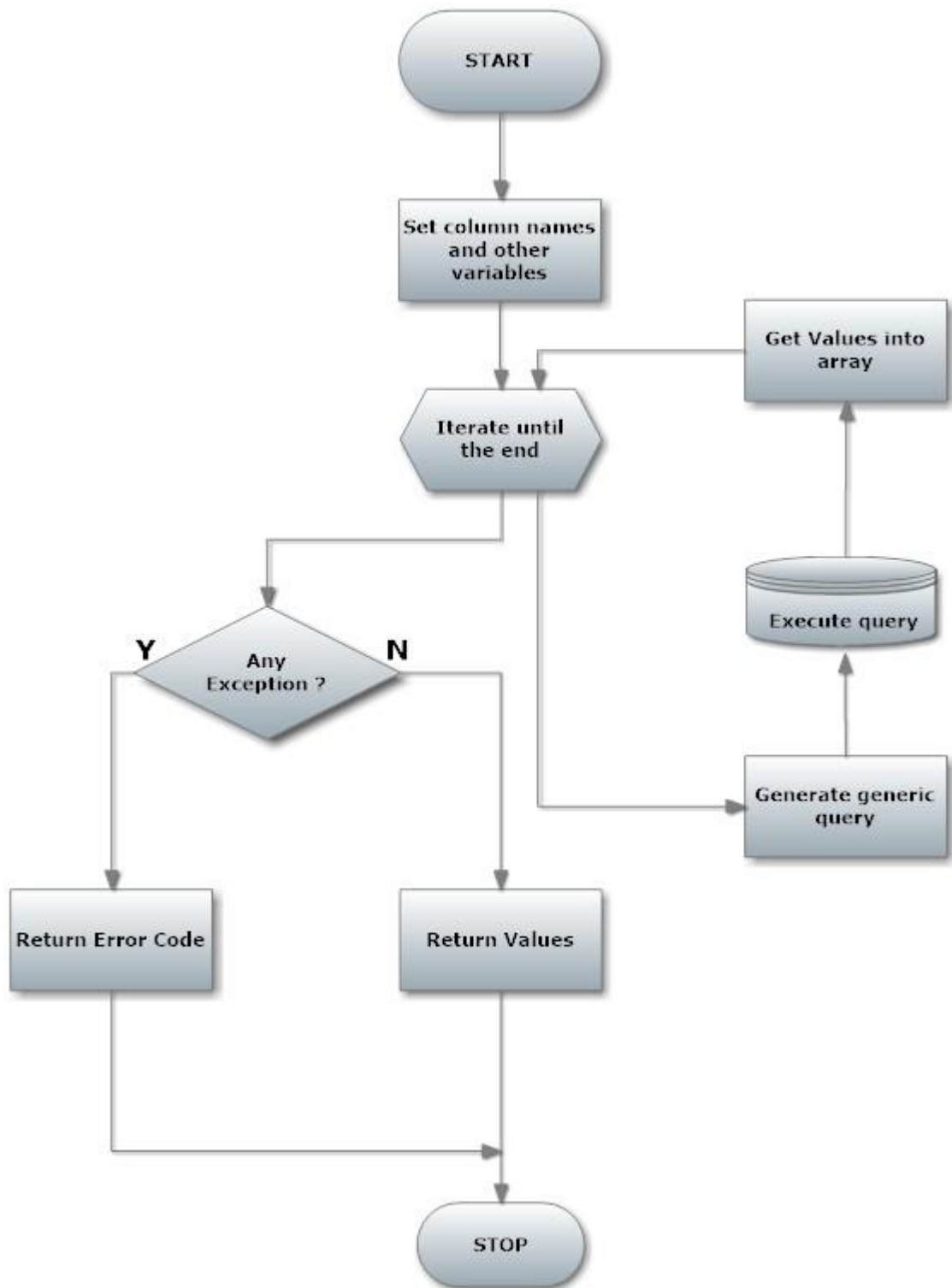
EK-6. MAXIMUM RATE OF CLİMB AKIŞ DİYAGRAMI - 1



EK-7. MAXIMUM RATE OF CLİMB AKIŞ DİYAGRAMI - 2



EK-8. DATABASE SINIFI AKIŞ DİYAGRAMI



ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı : Bahadır CİNOĞLU
Yabancı Dil : İngilizce
Doğum Yeri ve Yılı : Bursa / 1989
E-Posta : cinoglubahadir@gmail.com

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2015, Anadolu Üniversitesi, İşletme
- 2013, Beykent Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği
- 2007, 50. Yıl Tahrir Anadolu Lisesi
- 2013, Software Developer, Caunos B.V.