

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÖZETİM GÖREVLERİNDE DURUMSAL FARKINDALIĞI
ARTIRICI YAKLAŞIMLAR

TUBA AYDIN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE
2018

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÖZETİM GÖREVLERİNDE
DURUMSAL FARKINDALIĞI ARTIRICI
YAKLAŞIMLAR

TUBA AYDIN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
DOÇ. DR. MEHMET GÖKTÜRK

GEBZE
2018

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

**SITUATIONAL AWARENESS INCREASING
APPROACHES IN THE SUPERVISORY
TASKS**

TUBA AYDIN
A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF COMPUTER ENGINEERING

THESIS SUPERVISOR
ASSOC. PROF. DR. MEHMET GÖKTÜRK

GEBZE
2018

GTÜ Fen Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 24/10/2018 tarih ve 2018/53 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 14/11/2018 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Tuba AYDIN'ın tez çalışması Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Doç. Dr. Mehmet GÖKTÜRK

ÜYE

: Dr. Öğr. Üyesi Yakup GENÇ

ÜYE

: Yard. Doç. Dr. Pınar ONAY DURDU

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

ÖZET

Durumsal farkındalık, insan faktörünün olduğu alanlarda yaygın olarak kullanılan bir kavramdır. Durumsal farkındalığa gösterilen ilgi, ilk başlangıcı olan havacılıktan hava trafik yönetimi, askeri operasyonlar, ulaşım, enerji sistemleri, sağlık gibi birçok farklı alanda çok hızlı bir artış göstermiştir.

Hava trafik yönetiminde temel amaç, trafik akışını optimize etmek ve hem yerde hem de havada uçaklar arasında ayırmayı sağlayarak çarpışmaları önlemektir. Hava trafik kontrolörü, hava araçlarının havada ve havaalanında emniyetli, düzenli ve hızlı bir şekilde akışını sağlamaktadır. Sahip oldukları görev, birçok insanın can güvenliğini içermesi, küçük gecikmelerin maddi zararlar doğurması gibi ciddi durumlar içerdiği için görev esnasında yapılacak küçük ihmaller büyük sorunlara yol açabilmektedir. Bu nedenle de yüksek seviyede bir durumsal farkındalığın korunması kontrolörün işinin en kritik ve zorlayıcı özelliklerinden biridir.

Bu çalışmada, kontrolörlerin durumsal farkındalığını arttırabilmek için görsel uyarıların daha iyi bir tasarımının geliştirilmesi için gerekli olan bileşenlerin ortaya çıkarılması amaçlanmaktadır. Üç farklı görsel uyarı tasarımı, katılımcıların devam etmekte olan temel görevlerini yerine getirirken dikkatlerini çekme kabiliyetlerine göre değerlendirilmektedir. Çalışma kapsamında hava trafik yönetiminde kullanılan sistem temel alınarak uygulama geliştirilmiş ve geliştirilen uygulama yapılan deneylerde kullanılmıştır. Uyarı tasarımları; yazı renginin kırmızı olması, arka plan renginin kırmızı olması ve göz takip cihazı kullanılarak kullanıcının ekranda odaklandığı alan tespit edilerek uyarı penceresinin bu alanda çıkarılması şeklindedir. Çalışma sonunda, katılımcıların üç uyarı tasarımına verdiği tepki süreleri, her bir uyarı gösteriminin avantaj ve dezavantajları ve kullanılabilirlik durumları değerlendirilmektedir. Elde edilen sonuçlarda, arka plan rengi kırmızı hale getirilerek ve göz takip cihazı yardımı ile bakış alanına yönelimli adaptif uyarı kullanılarak oluşturulan uyarı gösterimlerinin sadece yazı rengi kırmızı yapılarak oluşturulan uyarı gösterime göre kullanıcıların alarm durumu fark edip ele alma süresinin daha kısa olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Durumsal Farkındalık, Hava Trafik Yönetimi, Hava Trafik Kontrolörü, Göz Takip Cihazı, İnsan Bilgisayar Etkileşimi.

SUMMARY

Situational awareness is a widely used concept that the field of human factors deal with. The interest in situational awareness has shown a rapid increase in many different areas such as air traffic management, military operations, transportation, energy systems, health care and aviation.

The main objective of air traffic management is to optimize the air traffic flow and prevent collisions by providing separation between aircraft both on the ground and in the air. The air traffic controller ensures a safe, regular and rapid flow of traffic in the airport and in the air. The minor omissions on their duty can lead to critical problems because their task includes serious situations such as the safety of many people, small delays causing pecuniary damage. To have a high level of situational awareness in air traffic control is one of the most critical aspects to achieving a successful performance.

In this study, it is aimed to reveal the components necessary to develop a better design of visual notifications to improve situational awareness of air traffic controller. Three visual notification designs were evaluated in their ability to capture individual's attention during an ongoing supervisory task. Within the scope of the study, a pilot application developed based on the system currently using in the air traffic control and the pilot application was used in the experiments. Notification designs are red font color and background color label of aircraft which has alarm situation and notification window that is displayed at the point of individual's gaze which is detected with the eye tracker. At the end of the study, the response time of the participants to the three notification designs, the advantages and disadvantages of notification designs and their usability were evaluated. In the results, it is observed that participants noticed faster alarm situations with notification window and red background color designs than red font color design. Furthermore, displaying notification window in the focused point makes it possible to detect alarm situations out of peripheral vision.

Key Words: Situational Awareness, Air Traffic Management, Air Traffic Controller, Eye Tracker, Human Machine Interaction.

TEŞEKKÜR

Hazırlanan tez çalışması boyunca, akademik bilgi birikimi ve ilgisi ile desteğini her zaman hissettiren danışman hocam Doç. Dr. Mehmet GÖKTÜRK'e,

Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen deneylerde değerli katkılarını sağlayan TÜBİTAK-BİLGEM Bilişim Teknolojileri Enstitüsü Hava Ulaşım Bölümü ekibine,

ve en önemlisi beni bugünlere getiren ve desteklerini hep hissettiren canım aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Tez Çalışmasının Amaçları	3
1.2. Tez Çalışmasının Katkıları	4
1.3. Genel Bakış	4
2. HAVA TRAFİK KONTROL HİZMETİ	6
2.1. Hava Ulaşımında Durumsal Farkındalık	8
2.1.1. Sistem Tasarımı ve Durumsal Farkındalık	13
2.1.2. Hatalar ve Durumsal Farkındalık	14
2.2. Geçmiş Çalışmalar	15
3. HİPOTEZ	19
4. UYGULAMA SİSTEM TASARIMI	21
4.1. Eğitim Simülatörü	21
4.2. Göz Takip Cihazı	22
4.3. Radar Ekranı	22
5. METOD	23
5.1. Katılımcılar	23
5.2. Senaryolar	24
5.3. Prosedür	25
5.4. Veri Analizi	29
6. BULGULAR	31
6.1. Doğrulama Süresi	31
6.2. Temel Göreve Etkisi	34

7. SONUÇLAR	38
KAYNAKLAR	41
ÖZGEÇMİŞ	43

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler ve Kisaltmalar

Açıklamalar

ACC	: Saha Kontrol Merkezi (Area Control Center)
ANOVA	: Varyans Analizi (Analysis of Variance)
APP	: Yaklaşma Kontrol Merkezi (Approach Control Center)
APW	: Saha Yakınlık Uyarısı (Area Proximity Warning)
ATC	: Hava Trafik Kontrol (Air Traffic Control)
ATCO	: Hava Trafik Kontrolörü (Air Traffic Controller)
atcTRsim	: Hava Trafik Kontrol Kule ve Radar Eğitim Simülatörü
BİLGEM	: Bilişim ve Bilgi Güvenliği İleri Teknolojiler Araştırma Merkezi
DHMI	: Devlet Hava Meydanları İşletmesi
EUROCONTROL	: Avrupa Hava Seyrüsefer Emniyeti Teşkilatı
HCI	: İnsan Bilgisayar Etkileşimi (Human Computer Interaction)
ICAO	: Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (International Civil Aviation Organization)
MSAW	: Minimum Güvenli İrtifa Uyarısı (Minimum Safe Altitude Warning)
NTSB	: Ulusal Ulaşım Güvenliği Kurulu (National Transportation Safety Board)
SA	: Durumsal Farkındalık (Situational Awareness)
STCA	: Kısa Vadeli Çarpışma İkazı (Short Term Conflict Alert)
TCAS	: Trafik İkaz ve Çarpışmayı Önleme Sistemi (Traffic Alert and Collision Avoidance System)
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TWR	: Kule (Tower)

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Hava Trafik Kontrolörü.	6
2.2: Durumsal farkındalık modeli.	9
2.3: Hava Trafik Kontrolörünün Durumsal Farkındalık ve Zihinsel Modeli Arasındaki İlişki.	11
2.4: Durumsal Farkındalık Öğeleri.	12
4.1: Deney Ortamı Grafiksel Gösterimi.	21
4.2: Radar Ekranı.	22
5.1: Deney Ortamı.	24
5.2: Uygulamadaki Uçak Gösterimleri.	25
5.3: ATC’de Kullanılan Uyarı Gösterimleri.	26
5.4: Yazı Rengi Uyarı Gösterimi.	28
5.5: Arka Plan Rengi Uyarı Gösterimi.	28
5.6: Uyarı Penceresi Uyarı Gösterimi.	29
6.1: Uyarı Tasarımı Tipine Göre Doğrulama Süreleri.	33
6.2: Uyarı Tasarımı Tipine Göre Tamamlanan Görev Sayısı.	35

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
5.1: Katılımcı Bilgileri.	23
6.1: Doğrulama Süresinin Uyarı Tasarımı ve Senaryo Tipi Açısından İki Yönlü Analizi.	32
6.2: Doğrulama Süresi Bonferroni Post-Hoc Karşılaştırması Sonuçları.	33
6.3: Temel Görevin Uyarı Tasarımı ve Senaryo Tipi Açısından İki Yönlü Analizi.	34
6.4: Temel Görevin Bonferroni Post-Hoc Karşılaştırması Sonuçları.	36

1. GİRİŞ

Durumsal farkındalık, savaş uçaklarında pilot performansını artırma konusunda 80'lerin sonundan beri havacılık ile başlayan sağlık, emniyet, savunma, ulaşım, eğitim gibi çeşitli alanlarla da yer alan ve bu konu üzerinde birçok araştırma yapılmaya devam edilen önemli bir kavramdır. İnsan bilgisayar etkileşimi (HCI) alanında durumsal farkındalık, karmaşık, çok fazla bilginin gösterildiği ekranlarda sunulan bilgiyi anlama ve etkili bir şekilde kullanma yeteneğini kapsamaktadır [1]. En basit ifadeyle, kişinin çalıştığı ortamda o an neler olup bittiğinin farkında olmasıdır.

Hava ulaşımında alanında durumsal farkındalık, hava trafik kontrolörünün çalıştığı hava sahasında bulunan trafiklere ait bilgilerin farkında olmak, bu bilgileri kendi tecrübesiyle birleştirip mevcut durumun zihinsel bir resmini oluşturmak ve oluşturulan bu resim ile gelecek durumu öngörmektedir.

Hava trafik kontrolörü uçuş planı bilgilerini alır ve kâğıt striplere aktarır. Pilotlar ve diğer kontrolörlerle sesli haberleşme sistemi ile iletişim kurar. Kontrolörün görevinin önemli kısmı ise uçak ile ilgili bilgileri gözlemlemektir. Bu aktiviteleri insan bilgisayar etkileşiminin üst seviyede olduğu araçları kullanarak gerçekleştirmektedir. Seneler içerisinde artan bilgisayar teknolojileri ile kontrolörlere ilgili araçları kullanım kolaylığı sağlanmıştır. Fakat artan trafik hacmi ile kontrolörlerin iş yükü de artmakta ve kullanılan araçlarda akıllı sistem teknolojilerinin kullanımına olan ihtiyacı ön plana çıkarmaktadır. Ayrıca hava trafik kontrol sistemi gibi gözetim gerektiren görevlerde büyük ekranlı monitör kullanımı yaygındır. Bu da genellikle görüş alanı içerisinde yer alan olayların algılanması anlamına gelmektedir. Kontrolörün mevcut tüm bilgiyi işleyebilmesi için ise yüksek seviyede durumsal farkındalığa sahip olup, hava sahası ve trafik akışına ilişkin zihinsel modeli oluşturabilmelidir. Trafik akışını güvenli bir şekilde sağlaması ve çarpışmaları önlemesi için de stratejiler ve taktikler içeren bir sektör planı oluşturması gerekmektedir [2], [3], [4]. Bu nedenle hava trafik yönetimi sistem tasarımı, kontrolörün sahip olduğu bilgileri, kontrolü altındaki hava sahası içerisinde gelişen trafik durumuyla entegre etmesini sağlamalıdır. Hızlı bir şekilde gerçekleşen değişimin zamanında değerlendirilmesi kritik bir ihtiyaçtır. Hava trafik kontrolörünün uçağın güvenliğini sağlamak için olabildiğince hızlı bir şekilde

potansiyel çarpışma durumuna cevap vermesi ve çözmesi gerekmektedir [5]. Çünkü uçağa uygun olmayan bir komutun verilmesi uçakların çarpışma riskini oluşturabileceği gibi tüm trafik yönetim planını da bozabilir [6].

Avrupa Hava Seyrüsefer Emniyeti Teşkilatı (EUROCONTROL), hava sahasındaki kritik durumların kontrolör ana radar ekranında gösterimleri için insan bilgisayar etkileşimi yaklaşımı olarak sunduğu öneriler mevcuttur. Uyarı gösterimleri, kontrolörün dikkatini çekmeli ve kontrolör alarmin hangi uçağa ait olduğunu belirleyebilmelidir. Bu nedenle alarm en az görsel olarak gösterilmelidir. Alarma ilişkin uyarı yoğunlukla uçağa ait etiketın yanıp sönmesiyle ya da etiketın renginin değişmesiyle gösterilmektedir. Etiketın çerçevesinin değişmesi ya da etikette alarm durumunu belirten kısa bir ifadenin yazılması gibi alternatif yaklaşımlar da mevcuttur. Radar ekranında uçakların ikonları veya etiket gösterimleri üst üste gelebilir ve etikette bulunan uçuş bilgileri görünmeyebilir. Bu durumlar için de ekranın ayrı bir bölümünde, alarm durumuna sahip uçakları göstermek ve ek bilgileri de sergilemek için alarm listesi kullanılabilmektedir [2], [3], [4].

Daha önceki çalışmalarda, araştırmacılar tarafından farklı uyarı tasarımlarının hava trafik kontrolörünün devam eden görevini yerine getirirken dikkatini çekme kabiliyetleri değerlendirilmiştir. Uyarı tasarımlarında, renk kullanımının kontrolörün dikkatini çekme yeteneğine sahip olduğu ve birincil görevini yerine getirirken herhangi bir engel teşkil etmediği anlaşılmıştır. Fakat ekranın başka bir alanına bakarken dikkatten kaçabildiği gözlemlenmiştir. Hareket içeren animasyonlu uyarı tasarımlarının kontrolörün dikkatini çekmekte daha hızlı olduğu ve bu tasarımlarda tüm alarm durumlarına kontrolör tarafından cevap verildiği gözlemlenmiştir. Fakat animasyonlu uyarı tasarımı kullanımlarında, kontrolörün birincil görevini yerine getirirken araya girmemesine ve görevi kesintiye uğratmamasına dikkat edilmelidir. Çünkü o anki durum daha yüksek bir önceliğe sahip olabilir. Bu nedenle alarm durumuna cevap vermenin bazen ertelenmesi gerekebilmektedir [7].

Kritik alarm durumlarına karşı kontrolörü uyarmak için görsel uyarıları destekleyen sesli uyarılar da kullanılabilmektedir. Sesli uyarı açık ve net olmalıdır ve ilgili kontrolörün duyabileceği ses yüksekliğine sahip olmalıdır. Diğer bir yandan, çok sık, yüksek sesli ya da rahatsız edici olan uyarılar kontrolörün dikkatini dağıtabilir. Ayrıca devamlı olan uyarılar da rahatsız edici olabilir ve üstelik

kontrolörün sesli haberleşme ile pilota verdiği komutlar ile üst üste gelebilir, bu da kokpitte alarm ve karışıklığa neden olabilir [2], [3], [4].

Uyarı etkileşimlerinin kontrolörlerin dikkatini dağıtma gibi temel görevlerine negatif bir etkisi olduğu bilinmektedir. Bu negatif etkinin sonuçlarında iş yükünde, karar vermek için geçen sürede artış ve durumsal farkındalık azalması nedeniyle insan kaynaklı hataların oluşmasına sebep olmaktadır [7]. Uyarı sistemi tasarımlarında kullanıcının temel görevini yerine getirirken uyarının önemi ve kolay anlaşılabilirliği dengesinin sağlanması gerekmektedir [8].

Bu çalışmada, daha önceki araştırmalar da göz önünde bulundurularak oluşturulan üç görsel uyarı tasarımının kişilerin devam etmekte olan temel görevlerini yerine getirirken dikkatlerini çekme kabiliyetleri değerlendirilmiştir. Uyarı tasarımları, alarm durumunun olduğu uçağa ait etikette yazı renginin kırmızı olması, arka plan renginin kırmızı olması ve göz takip cihazı ile kişinin odaklandığı alan tespit edilerek uyarı penceresinin bu alanda çıkarılması ile alarm durumuna sahip olan uçağa gidilmesi şeklindedir. Deneylerde hava trafik yönetiminde kullanılan sistem temel alınarak geliştirilen bir pilot uygulama kullanılmıştır. İki yönlü ANOVA analizi ile kişilerin alarm durumlarına cevap verme süreleri ve tamamlanan görev sayısı analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlarda, arka plan rengi kırmızı yapılan ve kişinin odaklandığı alanda alarmlı uçağa ilişkin uyarı penceresi oluşturulan uyarı tasarımlarında kişilerin alarm durumunu daha hızlı fark ettikleri gözlemlenmiştir. Ayrıca odaklanılan alanda uyarı penceresinin oluşturulması ile görüş açısı dışında kalan alarmların daha hızlı fark edildiği sonucuna varılmıştır.

1.1. Tez Çalışmasının Amaçları

Bu tez kapsamında hava trafik kontrol hizmetinde kontrolörlerin durumsal farkındalık konusu ele alınmıştır. Tez çalışmasının genel amacı, hava ulaşım alanında kullanılmak üzere insan bilgisayar etkileşimini esas alan, kontrolörleri sistemde oluşabilecek kritik durumlara karşı uyarmak için sunulan üç farklı uyarı tasarımının kişinin durumsal farkındalığına etkisini incelemektir. Hava trafik kontrolörün birincil görevine etkisi ve alarm durumunu ele alma süresi göz önünde bulundurularak kişinin durumsal farkındalığını arttıran uyarı tasarımının bulunması amaçlanmaktadır.

Bu çalışma ile hedeflenenler şunlardır;

- Literatürde bulunan ve gerçek sistemde kullanılan uyarı gösterimlerine alternatif bir yaklaşım sunmak,
- Bahsedilen uyarı tasarımlarının hangisinin ya da hangilerinin durumsal farkındalığı arttırmada daha iyi sonuçlar verdiğini deneysel olarak araştırmak,
- Kişinin temel görevini engellemeden alarm durumunu kısa sürede fark etmesini sağlamak,
- Göz takip cihazının hava trafik kontrol sistemlerinde durumsal farkındalığı artırıcı nitelikte kullanılabilirliğini incelemektir.

1.2. Tez Çalışmasının Katkıları

Tezin temel katkıları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Son yıllarda artan hava trafik hacmi ile hava trafik kontrolörlerinin iş yükünün artması ve bu durumun oluşturduğu durumsal farkındalık kayıplarını akıllı sistem teknolojilerinin kullanılması ile en aza indirmek,
- Hava trafik yönetiminde göz takip cihazının kullanılabilirliği konusunda araştırmacılara kaynak sağlamaktır.

1.3. Genel Bakış

Bu çalışmada hava trafik kontrol hizmeti, hava ulaşımındaki durumsal farkındalık kavramı ve bu alanda yapılan durumsal farkındalık çalışmaları anlatılmakta, hava trafik kontrol yönetimi sisteminde durumsal farkındalığı arttırmaya yönelik alternatif bir çalışma sunulmakta ve son bölümlerde de yapılan çalışmanın sonuçları değerlendirilmektedir.

Bölüm 1’de, durumsal farkındalık ve hava ulaşımında durumsal farkındalık konuları üzerinde genel bilgiler verilerek, hava trafik yönetimi sisteminin önemi üzerinde durulmaktadır.

Bölüm 2’de, hava trafik kontrol hizmeti, durumsal farkındalık, hava trafik kontrol yönetiminde durumsal farkındalığın önemi ve bu alanda yapılan çalışmalar ve önemli yaklaşımlar anlatılmaktadır.

Bölüm 3’de, yapılan çalışmada kullanılan uyarı gösterimlerinin kullanabilirliği ve gerçekleştirilebilirliği konularında bulunulan hipotezlere yer verilmiştir.

Bölüm 4’de, yapılan çalışmanın deney ortamı sunulmakta, kullanılan yazılım ve donanımlar anlatılmaktadır.

Bölüm 5’te, deneye katılan katılımcılar, kullanılan senaryolar ve prosedür detaylı olarak anlatılmaktadır.

Bölüm 6’da, deneylerin gerçekleştirilmesinin ardından sonuçların değerlendirilmesi ve Bölüm 3’de sunulan hipotezlerin savunmaları açıklanmaktadır.

Bölüm 7’de, gerçekleştirilen sistem üzerinden varılan sonuçlar ve geline nokta anlatılmaktadır.

2. HAVA TRAFİK KONTROL HİZMETİ

Hava trafik kontrol hizmeti (ATC), hava araçlarının manevra sahasında (yerde) veya uçuşun herhangi bir safhasında birbirleriyle ve mâniyalarla çarpışmalarını önlemek, emniyetli, hızlı ve düzenli hava trafik akışını sağlamak amacıyla verilen hizmettir [9].

Hava trafik kontrol hizmeti, hava sahasında üç temel kategoride sağlanmaktadır [10].

- Saha Kontrol Hizmeti (ACC)

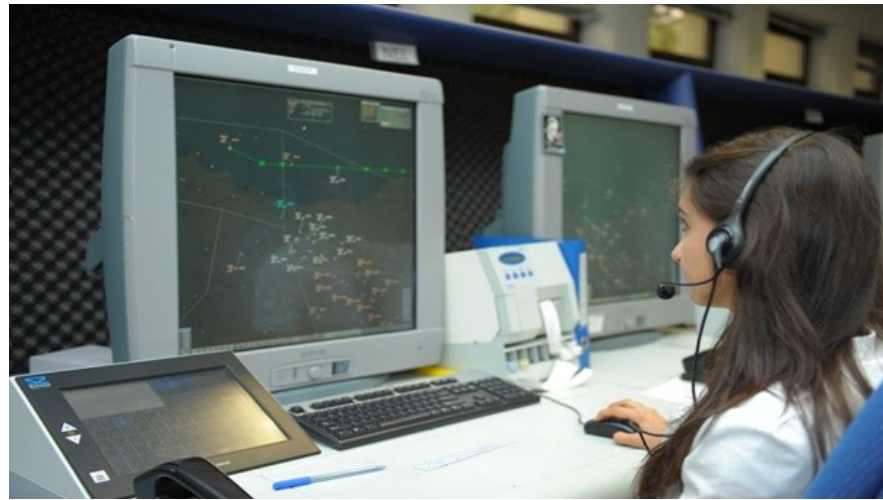
Kontrol sahalarındaki kontrollü uçuşlara verilen ATC hizmetidir.

- Yaklaşma Kontrol Hizmeti (APP)

Bir veya birden fazla meydana iniş ya da kalkış yapan kontrollü uçuşlara verilen ATC hizmetidir.

- Meydan Kontrol Hizmeti (TWR)

Meydan manevra sahasında ve meydan civarında uçan bütün hava araçları için verilen ATC hizmetidir.



Şekil 2.1: Hava Trafik Kontrolörü.

Şekil 2.1’de görüldüğü gibi ATC hizmeti veren görevlilere hava trafik kontrolü (ATCO) denir [9]. Hava trafik kontrolörü, hava araçlarının, bir noktadan ulaşmak

istedikleri başka bir noktaya gerçekleştirdikleri uçuşlarının öncelikle emniyetli olarak gerçekleşmesi için tüm aşamalarını yöneten, başka bir ifade ile hava araçlarının havadaki ve havaalanındaki trafik akışını emniyetli, düzenli ve hızlı bir şekilde sağlayan kişidir. Pilotlara telsiz vasıtasıyla tavsiye, bilgi ve talimatlar ileten ve pek çok yardımcı üniteyle birlikte çalışarak kendi kontrol sahasındaki onlarca hava aracına aynı anda hava trafik kontrol hizmeti sağlayarak onları emniyetli, düzenli bir şekilde uçmalarını ve zamanında kalkışlarını ve varışlarını sağlar. Bir hava trafik kontrolörü aynı anda bazen 10 bazen 35-40 uçaktan sorumlu olabilmektedir [11].

Hava trafik kontrolörünün görevleri, saha, yaklaşma veya meydan kontrol sahasında çalışmalarına bağlı olarak değişkenlik göstermekte olup, belli başlı görevleri aşağıdaki gibi sıralanabilir [11].

- Hava araçları ile telsiz ve/veya radar temasını korumak
- Hava araçlarının yol boyu veya meydandaki hareketini yönlendirmek
- Hava araçlarına tırmanma veya alçalma konusunda talimatlar vermek ve nihai seyir seviyesini tahsis etmek
- Hava araçlarına hava durumu hakkında bilgiler sağlamak
- Uçaklar arasında asgari mesafelerin muhafaza edilmesini sağlamak
- Beklenmedik hal ve durumları, acil durumları ve plan harici trafiği sevk ve idare etmek
- Piste veya pistten gerçekleştirilecek hareketleri kontrol etmek
- Uçakların terminal etrafındaki yer hareketlerini sevk ve idare etmek

Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO) tarafından yayınlanan verilere göre 2017 yılı bir önceki yıl ile karşılaştırıldığında dünya yolcu trafiğinde %7,6, koltuk sayısında %6,4, yolcu doluluk oranında %81,2 ve kargo taşımacılığında %10,3'lük bir artış yaşanmıştır [12].

Türkiye Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü 2017 yılı Faaliyet Raporu'na göre ülkemizde uçak, yolcu ve kargo taşımacılığında son yıllarda dünya ortalamalarına göre önemli artışlar gerçekleşmektedir. Son on beş yılda, toplam yolcu sayısında %461, uçak trafiğinde %261 ve toplam yük miktarında %251 oranında artış olduğu görülmektedir [12].

Artan trafik hacmi, bu durumun getirdiği iş yükü, stres (gürültü, sıcaklık, zaman baskısı gibi), sistem tasarımı (kullanılan sistemlerin kontrolöre gerekli bilgiyi

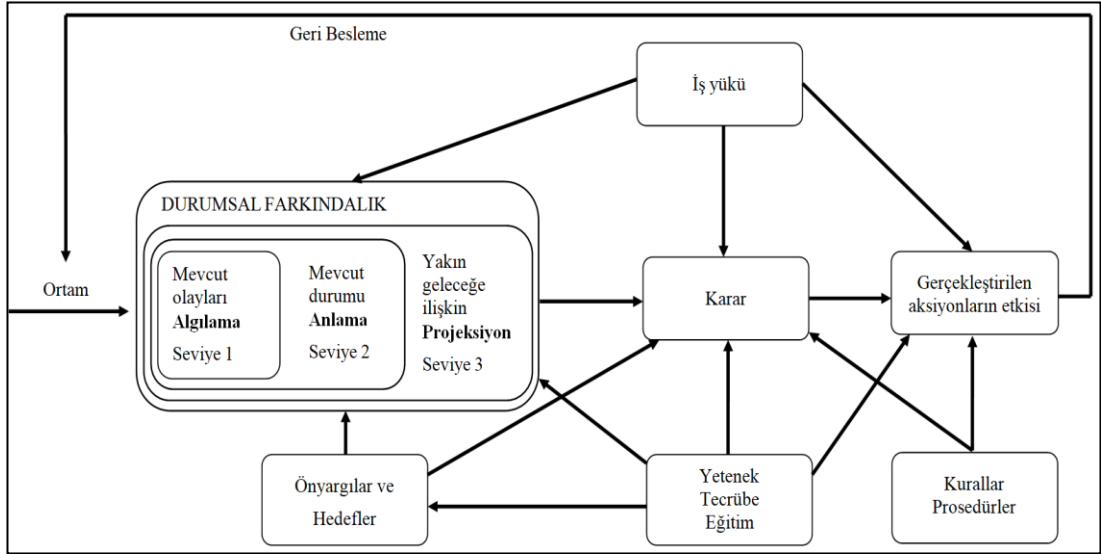
gerekli zamanda sunmaması) gibi faktörler kontrolörlerin durumsal farkındalıklarını kaybetmelerine neden olmaktadır. Kontrolörlerin durumsal farkındalığının azalması ise hava trafiğini güvenli bir şekilde yönetmelerini olumsuz etkilemektedir [13]. Bunun sonucunda da hava trafiğinde kazalar meydana gelmektedir. Kazaların birçoğu insan hatasından kaynaklanmaktadır. 1985-1997 yılları arasında Amerika Sivil Havacılığı'ndaki kazalar ve olayların yapılan analizi sonucunda insan kaynaklı hataların çoğunun kontrolör tarafından yapılan yanlış karar verilmesi, algısal hatalar gibi hatalardan kaynaklandığı anlaşılmıştır [14]. Hava trafik kontrolörlerinden kaynaklanan kazalara bir örnek şu şekildedir;

1 Temmuz 2002 tarihinde Almanya hava sahasında DHL'e ait Boeing 757 kargo uçağı ile Tupolev 154 yolcu uçağının çarpışmasının sonucu 71 kişinin hayatını kaybettiği kaza meydana gelmiştir. Almanya hava sahasındaki kontrolör, her iki uçağa da aynı uçuş seviyesinde (36 bin feet) uçuş izni vermiştir. Uçaklar aynı seviyede birbirlerine doğru uçmaya başlamışlardır. Uçakların içinde bulunan Trafik İkaz ve Çarpışmayı Önleme (TCAS) cihazı bu durumu fark edip pilotlara uyarı vermiştir. Kargo uçağına alçalması, yolcu uçağına ise yükselmesi yönünde uyarı vermiştir. Kargo uçağı TCAS cihazının verdiği uyarıyı dinleyip alçalmıştır. Fakat yolcu uçağındaki pilot TCAS cihazının verdiği uyarıyı dinlemeyip kontrolörün komutunu uygulamıştır. Kontrolör de kargo uçağının alçaldığına dikkat etmeden yolcu uçağına alçalması yönünde komut vermiştir. Sonuçta her iki uçakta alçaldığı için, uçaklar yaklaşık 35 bin feet yükseklikte çarpışmışlardır [15].

2.1. Hava Ulaşımında Durumsal Farkındalık

En basit ifadeyle, durumsal farkındalık (SA), kişinin çalıştığı ortamda neler olduğunu bilmesini anlamına gelmektedir. Daha özel bir ifadeyle, durumsal farkındalık, gözetim görevi gerektiren karmaşık sistemlerde kişinin yerine getirmesi gereken göreviyle ilgili durumlar hakkında sahip olduğu bilgiyle ilgilidir. Bir hava trafik kontrolörü için durumsal farkındalık, kontrol edilen uçağın pozisyonunu, uçuş planını ve olası çarpışmaları tespit edecek şekilde uçakların gelecekteki durumlarını tahmin etmektir. Bu nedenle, operasyonel açıdan durumsal farkındalık, bir sistemin geçerli durumunu ve dinamiklerini anlamak ve gelecekteki değişim ve gelişmeleri öngörebilmektir.

Literatürde durumsal farkındalık ile ilgili çok fazla araştırma olmasına rağmen, sadece birkaç tane durumsal farkındalık modeli ve teorisi geliştirilmiştir. En iyi bilinen ve yaygın olarak kullanılan teori, Mica R. Endsley tarafından tasarlanandır. Şekil 2.2’de özetlendiği gibi Endsley durumsal farkındalığı çevrede yer alan öğelerin zaman ve mekân hacmi içinde algılanması, anlamlarının kavranması ve yakın gelecekteki durumlarının izdüşümü olarak tanımlamıştır.



Şekil 2.2: Durumsal farkındalık modeli (Endsley, 1994).

Endsley modelinde durumsal farkındalık 3 seviyeye ayrılmıştır.

- Seviye 1 Durumsal Farkındalık, Algılama

Durumsal farkındalığın birinci temel adımıdır. Çalışılan, gözlem yapılan ortamdaki değişikliklerin algılanmasıdır.

- Seviye 2 Durumsal Farkındalık, Anlama

Seviye 1’de algılanan değişikliklerin ilgili kişinin gerçekleştirmesi gereken görevleri ile ilişkilendirip, etkilerinin ne olabileceğini kavramasıdır.

- Seviye 3 Durumsal Farkındalık, Projeksiyon

Seviye 2’de anlaşılan durumun, sistemin yakın geleceğine ne gibi etkileri olabileceğinin anlaşılmasıdır.

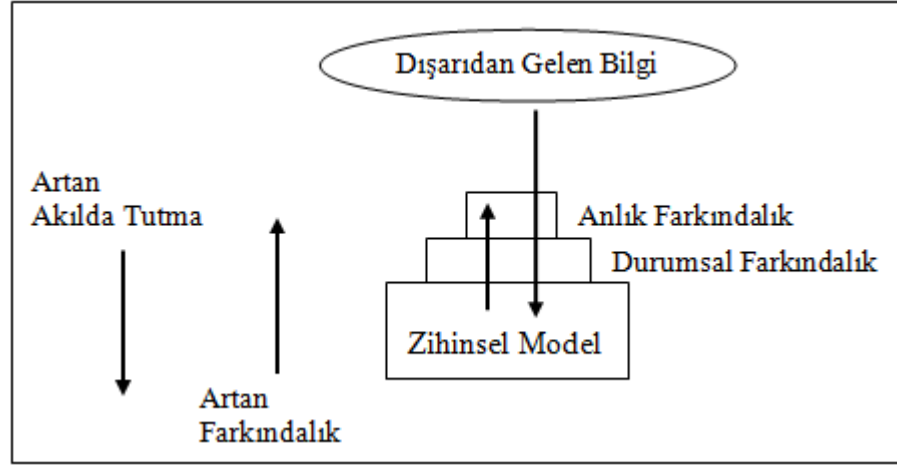
Durumsal farkındalık, bazı araştırmacılar tarafından bir zihinsel model olarak ele alınmıştır. Genel tanımıyla zihinsel model, bir fiziksel sistemin ya da yazılımın bir kişinin kafasındaki tasviridir.

Bazı araştırmacılar tarafından zihinsel model, “insanlar tarafından sistemin amacına ve biçimine ilişkin tanımlamaları, sistem işleyişinin ve gözlemlenen sistem durumlarının açıklamalarını ve sistemin gelecekteki durumunun tahminlerini üretebildikleri mekanizmalar” olarak tanımlanmışlardır [16].

Hava trafik kontrolörü, radar ekranı ve sesli haberleşme cihazı gibi çeşitli elektronik cihazlardan önemli bilgileri alıp işleyerek, pilotlara komutlar vererek güvenli ve etkili bir hava trafiği akışı oluşturmaktadır. Bu sistemler tarafından sağlanan verileri kullanarak, kontrolörler, uçakların hareketlerinin tahmin edilmesine yardımcı olan hava trafiğinin zihinsel bir resmini oluştururlar. Kontrolörler etkin bir hava trafik kontrolü için bu zihinsel resmin güncel tutulmasının gerekli olduğunu belirtmektedirler [16].

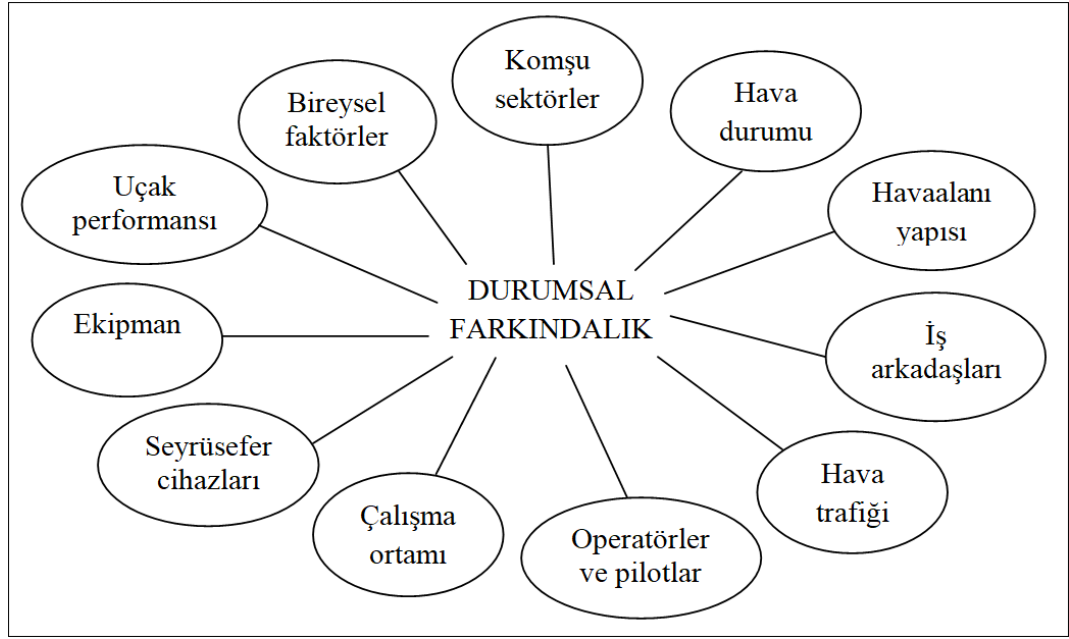
Hava trafik kontrol hizmeti açısından, kontrolörün zihinsel modelinin iki bileşeni olduğu varsayılabilir. Birincisi, hava sahası, uçak ve hava trafik kontrol hizmeti prosedürlerini kapsayan bir alan modelidir. İkincisi, hava trafik kontrol hizmetini desteklemek için tasarlanmış ve insan bilgisayar etkileşimi gerektiren elektronik sistemlerin kullanıldığı bir cihaz modelidir. Hava trafik kontrolörünün uçak ayırma ve yönlendirme görevini yerine getirmesi açısından her iki bileşen de önemlidir [16].

Hava trafik yönetiminde zihinsel model, durumsal farkındalık ya da genel resim için esas olan temel bilgidir. Yeterli bir zihinsel model, durumsal farkındalığın sağlanabilmesi için ön koşullardan biridir [16]. Benzer şekilde, Endsley, durumsal farkındalığın ya da durum modelinin zihinsel modelin şuan ki hali olduğunu belirtir [13]. Mogford (1997) tarafından ATC gibi sistemlerle ilgili basit bir insan bilgi işleminin modeli (Şekil 2.3) önerilmiştir [16].



Şekil 2.3: Hava Trafik Kontrolörünün Durumsal Farkındalık ve Zihinsel Modeli Arasındaki İlişki.

Durumsal farkındalık konusunda yapılmış olan birçok çalışma ATC hakkında bilgi sahibi olan psikologlar, insan faktörleri ve diğer alan uzmanları tarafından yazılmıştır. Çalışmaların çoğu havacılık alanında yapıldığı için kontrolörlerin bakış açısını da elde etmek önemlidir. Bert Ruitenber, insan faktörleri alanında yardımcı olan bir kontrolör, tanımlayıcı bir durumsal farkındalık modeli (Şekil 2.4) önermiştir [17]. Ruitenber modeli kontrolörlerin çalışmasının herhangi bir anında aldıkları kararları etkileyebilecek olan öğelerden oluşmaktadır. Bu öğelerin her biri kontrolörün sahip olduğu durumsal farkındalığı etkilemektedir. Çünkü herhangi birinde olabilecek değişiklik, kısa sürede büyük değişikliklere neden olabilir [17].



Şekil 2.4: Durumsal Farkındalık Öğeleri (Ruitenberg, 1997).

Jeannot (1999) kontrolörler ile görüşmeler gerçekleştirmiştir. Yapılan görüşmeler ve gözlemler sonucunda toplanan bilgiler ile durumsal farkındalık hakkındaki düşünceleri aşağıda listelenmiştir [17].

- İyi bir durumsal farkındalığın göstergeleri;
 - Olayları öngörebilmek
 - Kaynakları yönetmek (teknik sistem, takım,...)
 - Zamanı yönetmek
 - Zeki çözümler bulabilmek
 - Doğru zamanda doğru kararı almak
 - Hızlı ve güvenli bir şekilde trafiği yönetmek
 - Yanlış eşleşmeleri tespit etmek
- Azaltılmış/zayıflamış bir durumsal farkındalığın göstergeleri;
 - Pilot ve kontrolör arasındaki iletişimde gecikmelerin artması
 - Pilotlar, kontrolörler, komşu sektördeki kontrolörler ile iletişimde tutarsızlık
 - Aniden ve beklenmedik bir şekilde iş yükünün değişmesi
 - Karışıklık
 - Aynı bilginin birden fazla kontrol edilme gereksinimi

Kontrolörlerin bakış açısından durumsal farkındalık, beklenmedik bir durum ile karşılaşmamak için bilinmesi gereken bilgiler olarak özetlenebilir [17].

2.1.1. Sistem Tasarımı ve Durumsal Farkındalık

Durumsal farkındalığı sürdürmek kritik bir süreç olarak tanımlanır. Durumsal farkındalığın kaybedilmesi kontrolörler için güvenlik ya da hata oluşumunda en büyük tehlike olarak kabul edilir. Bu nedenle sistem tasarımı yapılırken durumsal farkındalık uzmanının da erken tasarım aşamalarında dahil edilmesi gerekir.

Grau ve Amalberti (1995) pilotların durumsal farkındalığını iyileştirmek için tavsiyelerde bulunmuşlardır. Bu tavsiyeler hava trafik kontrolörleri için de genellenebilir ve uygulanabilir [18].

- Kişinin durumsal farkındalığındaki tanımlara göre bilginin sunulmasıdır. Sunulan bilgiler teknik sistem mantığına göre değil de pilotun kullanım mantığına uygun olmalıdır.
- Pilota sadece gerekli bilginin sağlanmasıdır. Buradaki kısmi zorluk ise sistemi kullanan kişilerin aynı uzmanlık seviyesine sahip olmamasıdır.
- Operatöre sistemi kullanmasında destekleyici araçlar sağlanmasıdır. Amaç pilotun veya kontrolörün unuttuğu ya da dikkat etmediği durumları vurgulamaktır. Operatörün, beklenmedik durum ile karşılaşmasını önlemek ve yardımcı araçlara da güvenmesini sağlamak için sistem ile ilgiliyi bir zihinsel modele sahip olması önemli bir noktadır.

Mica Endsley (1995) sistem tasarımı ile ilgili bir takım önerilerde bulunmuştur [18].

- Sistem arayüzünde gösterilen bilgilerin kişilerde yüksek seviyede bir durumsal farkındalık oluşturmaya yönelik olması gerekmektedir. Operatörün görevini yerine getirmesi için gerekli olan bilgiler bir araya getirilmeli ve görevle ilgili verilecek olan önemli kararı doğrudan cevaplar nitelikte olmalıdır.
- Kişilerin zihinsel modellerini aktivite etmek için kritik ipuçları belirlenmeli ve sistem arayüzünde belirgin bir şekilde gösterilmelidir.

- Kullanıcının dikkatini çekmek için tasarlanan sistem tasarımları sadece kritik durumları belirtmek için kullanılmalı ve kritik olmayan durumların kullanılmasında kaçınılmalıdır.
- Sadece belirli bir alandaki bilgiye odaklanıldığında sorun oluşabilmektedir. Bu nedenle tüm sistem seviyesinde bir durumsal farkındalık sağlanmalı ve her zaman detaylı bilginin operatöre sunulması gereklidir.
- Sistem arayüzünde gösterilen bilgilerde operatörün göreviyle ilgili olmayan ekstra bilgilerin filtrelenmesi, kişinin durumsal farkındalığı açısından yararlı olacaktır. Fakat bu durum, kritik olabilecek ipuçlarının silinmesi/filtrelenmesi anlamına geldiği için, operatörün tüm sistem seviyesindeki durumsal farkındalığının çok iyi olması gerektiği anlamında da gelmektedir.

2.1.2. Hatalar ve Durumsal Farkındalık

Ulusal Ulaşım Güvenliği Kurulu'nun (NTSB) Amerika'da gerçekleşmiş olan büyük çaplı uçak kazalarının incelendiği araştırma raporuna göre kazaların %71'inin insan hatasından kaynaklanmaktadır. Bu hataların %88'inin ise durumsal farkındalık kaybıyla ilgili hatalar olduğu anlaşılmıştır. Bu araştırma raporuna göre ilgili kazalara sebep olan hataların 32 tanesi durumsal farkındalık kaybindan kaynaklanan hatalardır. 23 tanesi (%72) seviye 1 durumsal farkındalık kaybı, 7 tanesi (%22) seviye 2 durumsal farkındalık kaybı, 2 tanesi (%6) seviye 3 durumsal farkındalık kaybindan kaynaklanmaktadır [13].

Durumsal farkındalık seviyelerine göre hataların sınıflandırılması aşağıdaki şekildedir [13].

- Seviye 1 Durumsal Farkındalık: Bilginin doğru bir şekilde algılanamaması hatası
 - Verinin sistemde mevcut olmaması
 - Verinin fark edilememesi ya da bulunamaması
 - Verinin gözlemlenme hatası
 - Verinin yanlış anlaşılması
 - Bellek kaybı

- Seviye 2 Durumsal Farkındalık: Bilgiyi doğru bir şekilde anlaşılamayıp kullanılamama hatası
 - Zihinsel modelin olmaması ya da az olması
 - Zihinsel modelin yanlış kullanılması
 - Varsayılan değerlere aşırı güven
 - Diğer
- Seviye 3 Durumsal Farkındalık: Bilgilerin gelecek hareketlere yanlış yansıtılması hatası
 - Zihinsel modelin olmaması ya da az olması
 - Diğer
- Genel
 - Birden çok görevin aynı anda yürütülememesi

Bireysel bir faktör olan stres, fiziksel ya da psikolojik, kişinin iyi bir durumsal farkındalık oluşturmada konusunda farklı etkilere sahip olabilmektedir. Belirli bir miktardaki stres durumsal farkındalık için yararlı olabilir. Durumla ilgili kritik ipuçlarına karşı dikkati yükseltebilir. Fakat yüksek seviyede bir stres tam tersi bir etki oluşturabilir ve operatör odak alanını daraltma ve baskın veya muhtemel bilgi kaynaklarına odaklanma eğiliminde olacaktır. Bu durum Sheridan (1981) tarafından *bilişsel görme tüneli* olarak tanımlanmaktadır [18].

Bilişsel görme tüneli, operatörün daralan odak alanı dışındaki kalan ve hatalara neden olabilecek faktörler olan alışılmadık yani rutin dahilinde olmayan birçok durumda, durumsal farkındalık için kritik bir problemdir [18].

2.2. Geçmiş Çalışmalar

Hava ulaşımında yüksek seviyede durumsal farkındalığa sahip olmak, başarılı bir performans gerçekleştirmek için en kritik yönlerden biridir. Kontrolör stresli bir iş gerçekleştirmekte ve artan trafik ile de iş yükleri artmaktadır. Bu nedenle gözden kaçırdıkları veriler olabilmektedir. Eğer kontrolör deneyimli değil, iyi bir zihinsel modeli de yok ise kritik durumların üstesinden kolaylıkla gelemeyebilir. Bu nedenle kontrolörlerin durumsal farkındalığını arttırmak için birçok çalışma yapılmaktadır.

- Kontrolörlerin devam eden temel görevini yerine getirirken, ekranda oluşan durumlara dikkat etme kabiliyetleriyle ilgili hava trafik kontrol bildirim arayüz tasarımlarına ilişkin yapılmış olan çalışma [7]:

5 hava trafik kontrol bildirim tasarımı ele alınmıştır. Colour, statik bir uyarıdır. Uçak etiketinde turuncu-kırmızı renginde “FNIV” kelimesi ile gösterilir. Colour-Blink, uçak etiketinde “ALRT” kelimesinin yanıp sönmesi ile gösterilir. Box-Animation, uçak etiketinde “ALRT” kelimesi ve etiketin 4 kenarındaki çerçevelerin dışa-içe hareket etmesiyle gösterilir. Shadow-Mask, uyarı durumunun olduğu uçak hariç tüm arka plan ve diğer uçakların matlaştırılması ile gösterilir. Halo, kontrolörün ilgilendiği trafikten uyarı durumunun olduğu trafiğe doğru dairesel yayılma ile gösterilir. Deneylerde elde edilen sonuçlar ve kullanıcılardan alınan görüşler neticesinde uyarı tasarımlarına ilişkin aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Colour, Kontrolörün temel görevini yerine getirirken herhangi bir engel teşkil etmediği fakat ekranın başka bir kısmına bakarken dikkatten kaçabileceği ifade edilmiştir.
- Colour-Blink; Kontrolörün temel görevini yerine getirirken herhangi bir engel teşkil etmediği fakat ekranın başka bir kısmına bakarken dikkatten kaçabileceği ifade edilmiştir. Yanıp sönme hareketinin oldukça etkili olduğu belirtilmiştir.
- Box-Animation; Çok araya giren bir uyarı olmadığı, yeterinde dikkat çekici olduğu ifade edilmiştir. Temel görevi yerine getirirken dikkatin korunması ve uyarının farkedilmesi arasındaki ilişkiyi en iyi şekilde ekranda gösteren tasarım olduğu belirtilmiştir. Ayrıca uçağın etiketinin kenarlarındaki çerçeveler hareket ederken başka bir yere bakmanın zor olduğu ve ekranın köşesi gibi uzak bir yerde olduğunda daha yavaş algılanabileceği söylenmiştir.
- Halo; Alarm durumunun hemen fark edildiği, kaçırılmadığı fakat bu durumun olumsuz etkilerinin olabileceğinden bahsedilmiştir.
- Shadow-Mask; alarm durumun kaçırılmadığı, ilginç bir fikir olduğu fakat ekranın daha az matlaştırılabileceği ifade edilmiştir. Ayrıca çok fazla araya giren ve temel görevi kesintiye uğratan bir tasarım olduğu söylenmiştir.
- Hava trafik kontrolörlerin durumsal farkındalığını arttırabilen sesli alarmların daha iyi bir tasarımını geliştirmek için yapılmış olan çalışma [5]:

Hava trafik yönetim sistemi, kontrolörleri, 3 farklı kritik riske, iki uçak arasındaki çarpışma ikazı (STCA), arazi ile çarpışma uyarısı (MSAW) ve saha yakınlığı uyarısı (APW), karşı uyarmak için tasarlanmış olan 3 çeşit alarm durumunu içermektedir. Bu üç alarm durumundan herhangi birinin akustik tasarımıyla etkinleştirilmesi uçağın olası bir çarpışmasını, uçak ve yasaklandırılmış saha arasında ve uçak ve belirli bir bölge arasında, gösterir. Böylece hava trafik kontrolörünün uçağın güvenliğini sağlamak için en kısa sürede olası çarpışma durumunu çözmesi ve gidermesi beklenmektedir.

Yapılan çalışmada yukarıda bahsedilen 3 alarm durumunda kontrolörün dikkat seviyesini değerlendirmek için 2 uyarı tasarımı kullanılmıştır. Akustik uyarı, ses (Beep-Beep-Beep-Beep) alarmıdır. Semantik uyarı, özel uyarı niteliğini konuşulan kelimelere dönüştürmek için metinden konuşmaya çeviren programı kullanan bir alarmdır. STCA için Beep-Conflict-Conflict-Beep. MSAW için Beep-Altitude-Altitude-Beep. APW için Beep-Airspace-Airspace-Beep. Çalışmada, uyarı tasarımlarının hava trafik kontrolörlerinin durumsal farkındalığına etkisinin olup olmadığı, kontrolörlerin tecrübelerinin alarm durumunu cevaplama süresine etkisi ve alarm durumunu cevap verme süresi açısından, alarm tasarımı ve deneyim arasında önemli bir ilişki olup olmadığı araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda;

- Tecrübenin, kontrolörlerin alarm durumlarına cevap verme süresinde etkisi olmadığı,
- Uyarı tasarımı (semantik ve akustik) ile tecrübe arasında bir ilişki olmadığı,
- Semantik alarm tasarımında kontrolörlerin cevaplama sürelerinin akustik alarm tasarımına göre daha kısa olduğu

anlaşılmıştır.

- Göz takip cihazı kullanılarak pilotların durumsal farkındalık ölçümünün yapıldığı çalışma [19]:

Yapılan çalışmada, pilotların dikkat dağınıklığını değerlendirmek için göz hareketleri analiz edilmiştir. Dikkat dağınıklığının saptandığı durumlarda pilotu uyaran bir sistem geliştirilmiştir.

Uzman pilotların göz hareketleri temel alınmıştır. Uzman pilotların göz hareketleri ile yeni başlamış olan pilotların göz hareketleri karşılaştırılarak yeni

pilotların durumsal farkındalık seviyelerinin ölçümü yapılmıştır. Göz hareketlerinin analizi yapmak için pilotların görevlerinden biri olan kontrol görevi seçilmiştir. Bu görevde pilotların önünde bulunan cihazlara bakışları incelenmiştir. Cihazlara bakma sıraları ve bakışlarının cihazın dışına çıkıp çıkmadığının değerlendirilmesi yapılmıştır. Direk cihazlara bakılmış ise dikkatli olduğu, bakışlar bazen cihazın dışına çıkmış ise dikkatinin azaldığı ve bakışlar cihazların dışında ise dikkatsiz olduğu kanaatine varılmıştır. Çalışma sonucunda, göz hareketlerinin oluşturduğu desen ve cihazların taranmasının pilotların durumsal farkındalığı ile ilişkili olduğu anlaşılmıştır. Fakat uzman pilotlardan elde edilen veriler ile yapılan bu çalışma bağımsız bir çalışma olmamıştır. Çünkü göz hareketleri verisi kişinin deneyimine, tekniğine ve eğitimine bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle kişilerden alınan göz hareket verileri temel alınarak durumsal farkındalığı ölçmek yeterli değildir.

3. HİPOTEZ

Tez çalışmasında, geçmiş çalışmalara da dayanarak, uyarı tasarımlarının hava trafik kontrol sistemindeki etkinliği araştırılmıştır. Yapılan çalışmanın amacı, kullanıcıların kendilerine verilen görevi yerine getirirken kritik olaylara tepki süresine göre en uygun tasarım yaklaşımını bulmaktır. Çalışma içerisinde, 3 temel hipotezde bulunulmakta ve çalışma sonucunda elde edilen veriler, deneysel sonuçlar ve gözlemler ile hipotezler değerlendirilmektedir.

- *Hipotez 1: Uyarı tasarımlarının kişilerin durumsal farkındalığı üzerinde önemli bir etkisi vardır.*

- Çalışmanın başında yer alan araştırmalara dayanarak, kullanılan farklı uyarı tasarımlarının, hava trafik kontrolörünün kontrol ettiği hava sahasında gelişen durum hakkında dikkatini çekme kabiliyetinin farklı olması.
- Hava trafik kontrolörü birincil görevini yerine getirirken oluşan kritik durumu göstermek için kullanılan uyarı tasarımının kontrolörün dikkatini dağıtarak o anki görevini yerine getirmesinde olumsuz etkisinin olması.
- Hava trafik kontrolörlerinin kontrol sahalarında bulunan trafik sayısı çok sayıda olduğu durumlarda oluşabilecek kritik durumu/durumları kolaylıkla fark etmeyebilirler. Uyarı gösterimleri ile kontrolöre kritik durum hakkında bilgi verilebilmesi.

bu hipotez öne sürülürken dikkate alınan noktalaradır.

- *Hipotez 2: Uyarı tasarımının kişilerin kritik durumları doğrulama süresine önemli bir etkisi vardır.*

- Çalışmanın başında yer alan araştırmalara dayanarak, farklı uyarı tasarımlarının hava trafik kontrolörünün dikkatini çekme sürelerinin farklı olması.
- Hava trafik kontrolörleri bazı durumlarda bir alana ya da trafiğe daha çok yoğunlaşıp oluşabilecek kritik durumu fark etmeyebilir. Kullanılan farklı uyarı tasarımlarında kritik durumun kontrolör tarafından fark edilme süresinin değişmesi.

bu hipotez öne sürülürken dikkate alınan noktalardır.

- *Hipotez 3: Kişinin bakış alanı içerisinde oluşturulan uyarı tasarımı, kişinin durumsal farkındalığını arttırır.*

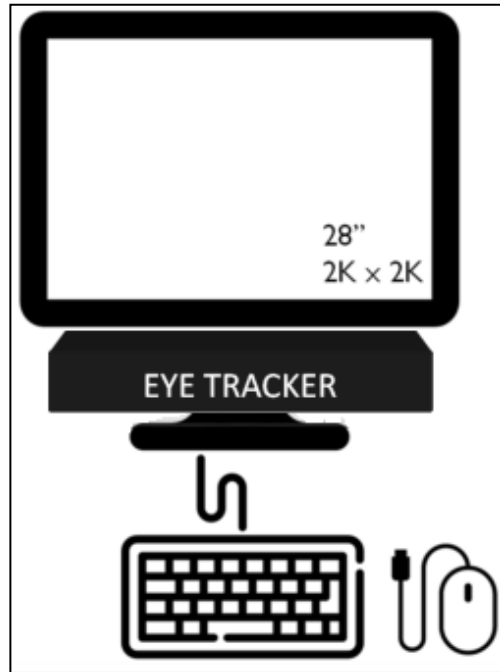
- Göz takip cihazı kullanılarak yapılan bir çalışmada, kişinin bakışının konumuna göre bilgisayar konuşma yaptığında kişi ve sistem etkileşimin kalitesinin arttığı sonucuna varılmış olması [20].

bu hipotez öne sürülürken dikkate alınan noktadır.

4. UYGULAMA SİSTEM TASARIMI

Tez kapsamında geliştirilen pilot uygulama ile tasarlanan 3 farklı görsel uyarının, hava trafik kontrolörlerinin dikkatini çekme kabiliyetleri değerlendirilir.

Deneyler, büyük ekranlı monitörlerin kullanıldığı ATC benzeri simülasyon ortamında gerçekleştirilmiştir. Deneylerde tez kapsamında geliştirilen pilot uygulamanın çalıştırılacağı eğitim simülatörü, uyarı tasarımlarının birinde kullanılacak olan göz takip cihazı ve şu anki hava trafik kontrol yönetiminde kullanılan radar ekranı kullanılmıştır. Oluşturulan deney ortamı Şekil 4.1’de gösterilmektedir.



Şekil 4.1: Deney Ortamı Grafiksel Gösterimi.

4.1. Eğitim Simülatörü

Deneylerde kullanılan eğitim simülatörü, TÜBİTAK BİLGEM’ de Devlet Hava Meydanları İşletmeciliği (DHMİ) ile birlikte geliştirilmiş olan Hava Trafik Kontrol Kule ve Radar Eğitim Simülatörü’dür (atcTRsim). atcTRsim, temel ve ileri düzey hava trafik yönetimi eğitimi ihtiyaçlarını karşılayan bir simülatördür.

4.2. Göz Takip Cihazı

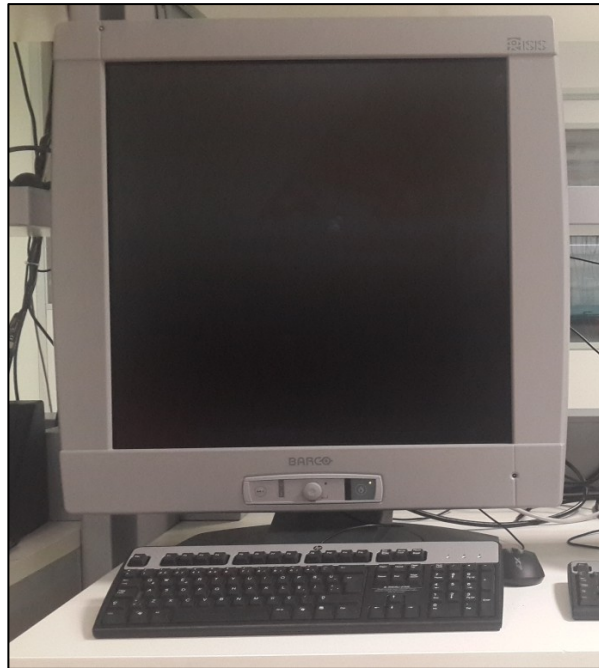
Görsel uyarı tasarımlarının birinde kullanılan göz takip cihazı radar ekranının ön kısmına yerleştirilerek kullanılır (Şekil 4.1). Göz takip cihazı olarak örnekleme hızı 30 Hz ve 0.4 derece doğruluğu olan Tobii X2-30 göz takip cihazı kullanılmıştır [21]. Göz takip cihazından elde edilen verinin içeriğinde;

- Göz pozisyonu (eye position x, y)
- Bakış pozisyonu (gaze position x, y)
- Zaman bilgisi (sample time)
- Göz bebeği genişliği (pupil diameter)

bulunmaktadır. Tez çalışması kapsamında bakış pozisyon bilgisi kullanılmıştır.

4.3. Radar Ekranı

Hava trafik kontrolörlerinin operasyonel aktivitelerinde kullandıkları 28-inç ATC radar monitörü (2K x 2K) kullanılmıştır. Tez kapsamında geliştirilen pilot uygulama, Şekil 4.2' deki radar monitöründe gösterilmiştir.



Şekil 4.2: Radar Ekranı.

5. METOD

5.1. Katılımcılar

Yapılan çalışmada, amaçlı örnekleme yaklaşımı ile katılımcılar belirlenmiştir. Hava ulaşım alanında çalışan ve hava trafik kontrol sistemi hakkında bilgi sahibi olan 23-47 yaş aralığında ($O=30.77$; $SS=7.6$) olan 30 katılımcı (mühendis) ile deneyler gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların 16'sı erkek 14'ü kadındır (Tablo 5.1).

Tablo 5.1: Katılımcı Bilgileri.

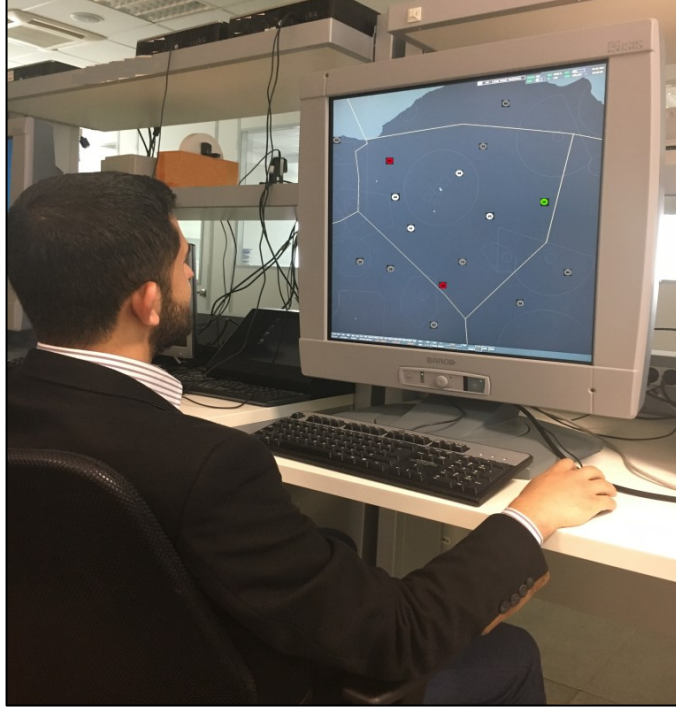
Katılımcı	Yaş Ortalaması	Standart Sapma
16 Erkek	31.44	8.14
14 Kadın	30	7.05
30	30.77	7.6

Katılımcılar rastgele olacak şekilde

- Yazı Rengi (N=10),
- Arka Plan Rengi (N=10),
- Uyarı Penceresi (N=10)

olarak üç gruba ayrılmışlardır.

Deneylerin gerçekleştirildiği ortam Şekil 5.1'de gösterilmektedir.



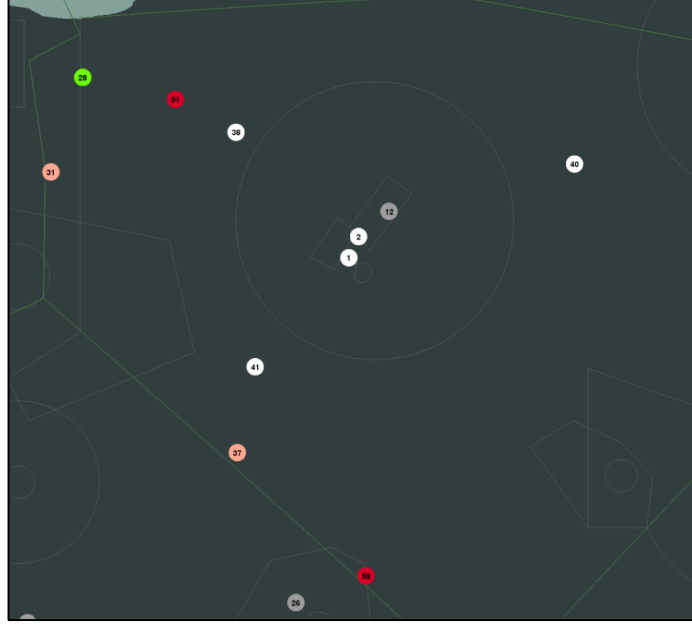
Şekil 5.1: Deney Ortamı.

5.2. Senaryolar

Eğitim simülatörü kullanılarak uzman hava trafik kontrolörleri tarafından

- i) 5 alarm ve
- ii) 10 alarm durumunu

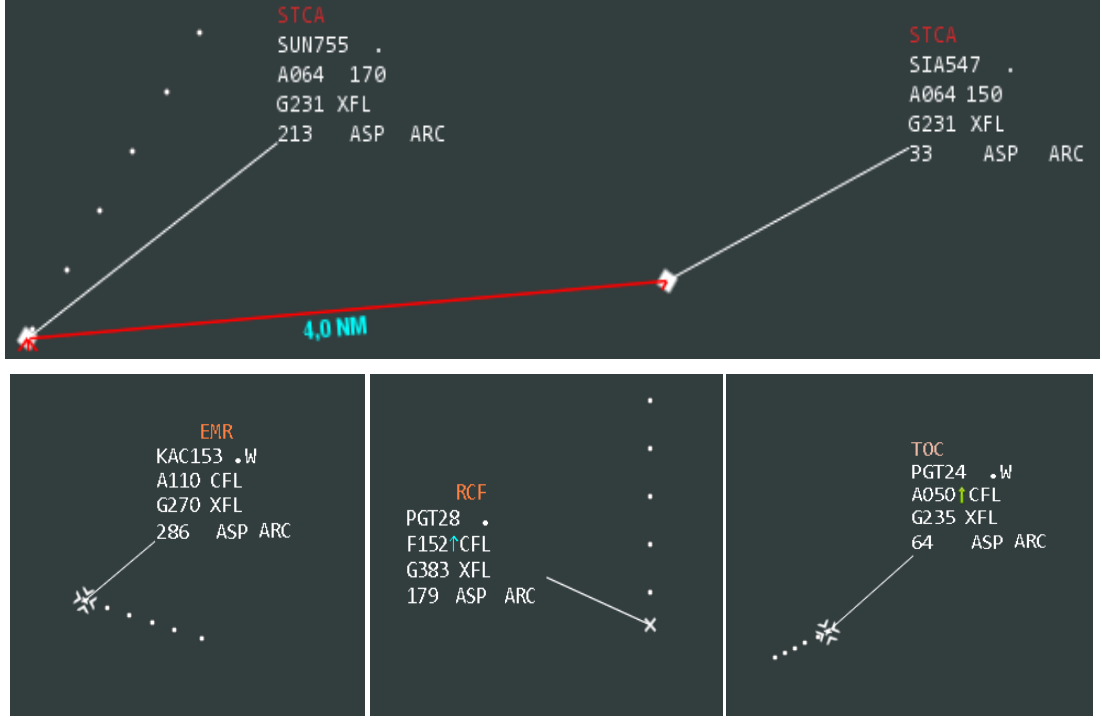
içeren 2 senaryo oluşturulmuştur. Senaryolar 20 dakika sürmektedir. Senaryolarda kalkış, iniş ve transit uçuş rotalarını sahip uçaklar bulunmaktadır. Geliştirilen pilot uygulama ile senaryolarda bulunan uçaklar, içerisinde sayı değeri olan daireler şeklinde gösterilmişlerdir (Şekil 5.2).



Şekil 5.2: Uygulamadaki Uçak Gösterimleri.

5.3. Prosedür

Hava trafik kontrolörleri güvenli bir hava sahası sağlamak için kendi kontrol sahalarındaki onlarca hava aracına aynı anda talimatlar vererek hava trafik kontrol hizmeti sağlamaktadırlar [11]. Kontrolörlerin verdikleri talimatlar arasında klerans komutları yer almaktadır. Klerans komutları uçağın güvenli bir şekilde rotasına devam etmesi için kontrolör tarafından pilota verilen alçalma, tırmanma, yön değişikliği gibi komutlardır.



Şekil 5.3: ATC’de Kullanılan Uyarı Gösterimleri.

Yapılan çalışmada, kontrolörlerin görevlerine benzetmek amacıyla katılımcılardan kendi kontrol sahasında bulunan, tez kapsamında geliştirilen uygulamada arka plan rengi beyaz olan daireler (Şekil 5.2), sayı değerleri toplamı çift sayı olan iki daireyi farenin sol tuşu ile işaretlemesi istenilmiştir. İşaretlenen dairelerin arka plan rengi soluk yeşil olmaktadır (Şekil 5.2). Belirlenen süre ($t=4sn$) sonunda bu daireler hala kullanıcının kendi kontrol sahası içerisinde ise arka plan rengi beyaz, değil ise gri olarak değiştirilmektedir.

Alarm durumuna sahip daire işaretlendiğinde, dairenin bulunduğu kontrol sahasına göre arka plan rengi gri ya da beyaz olmaktadır.

Hava trafik kontrol sisteminde kontrolörleri kritik durumlara (çarpışma, radyo frekans kaybı, uçak içerisinde oluşabilecek kritik durumlar gibi) karşı uyarmak için çeşitli alarmlar kullanılmaktadır. Alarm durumları radar ekranlarında görsel uyarı olarak gösterilmekte (Şekil 5.3) ve bazı sistemlerde görsel uyarılar sesli uyarı ile de desteklenmektedir.

Bir uyarının en önemli yönü açık ve net olmalıdır. Alarm durumu, kontrolörün dikkatini çekebilmeli ve kontrolör ilgili uçağı/uçakları kolaylıkla fark edebilmelidir. Sistemin yeteneklerini arttırmak için sesli uyarı durumları da kullanılabilir. Fakat sesli uyarılar kullanılmadan önce bulunulan ortamdaki diğer sesler ve alarmin

oluşma sıklığı dikkate alınmalıdır. EUROCONTROL kritik alarm durumlarına ilişkin rehber dokümanlarında, alarm durumu temel olarak uçağın etiket renginin değiştirilmesi, etiketin yanıp sönmesi, etiketin çerçeve renginin değiştirilmesi ya da etikette alarm durumunu ifade eden kısa ifadelerin eklenmesi ile görsel olarak gösterilmesi gerektiği anlatılmaktadır [2], [3], [4].

EUROCONTROL insan makine arayüzü referans dokümanında, kontrolörün dikkat etmesi gereken anormal durumları belirtmek için kullanılan renkler anlatılmaktadır. Bunlar aşağıdaki gibidir [22].

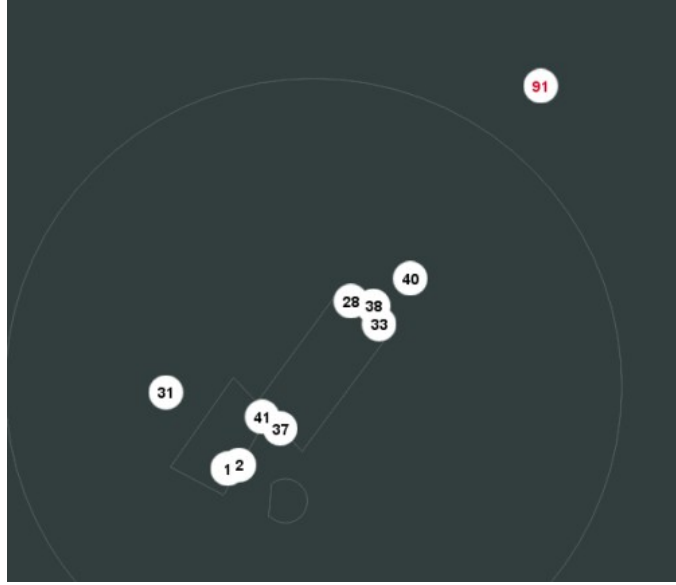
- *Kırmızı renk*, çok yüksek öncelikli ve potansiyel tehlike durumlarını göstermek için evrensel olarak kullanılmaktadır.
- *Sarı renk*, uyarı/ikaz durumlarında evrensel olarak kullanılmaktadır.

Yapılan çalışmada, kritik/yüksek öncelikli alarm durumlarının kontrolör tarafından dikkat çekici olması için uyarı gösterimleri tasarlanmıştır. Bu nedenle uyarı tasarımlarında kırmızı renk kullanılmıştır.

Pilot uygulama kullanılarak üç farklı uyarı tasarımının kullanıcının dikkatini çekme kabiliyetleri test edilmiştir. Uyarı gösterim tipleri aşağıdaki gibidir.

- **Yazı Rengi Uyarı Gösterimi**

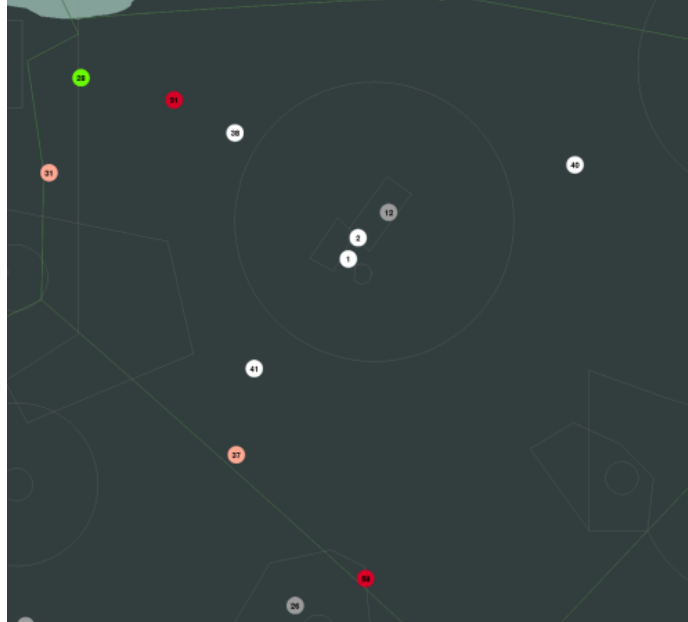
Dairenin içerisindeki sayı değerinin kırmızı olduğu statik bir uyarı gösterimidir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4: Yazı Rengi Uyarı Gösterimi.

- Arka Plan Rengi Uyarı Gösterimi

Dairenin içerisindeki yazı renginin değişmeden arka plan renginin kırmızı olduğu statik bir uyarı gösterimidir (Şekil 5.5).



Şekil 5.5: Arka Plan Rengi Uyarı Gösterimi.

- Uyarı Penceresi Uyarı Gösterimi

Göz takip cihazı ile kişinin odaklandığı alan tespit edilip uyarı penceresinin bu alanda çıkarılmasıdır. Uyarı penceresinde onay ve ret butonları bulunmaktadır.

Kullanıcı onay butonuna bastığında Uyarı Penceresi bulunduğu konumdan alarm durumuna sahip olan daireye doğru hareket etmektedir. Uyarı penceresi, onay butonuna basılıp pencere alarmlı daireye gittiğinde ya da ret butonuna basıldığında ekrandan kaldırılmaktadır. Alarm durumuna sahip daire ise Yazı Rengi uyarı gösterimi kullanılarak gösterilmektedir (Şekil 5.6).

- *Doğrulama süresi*, alarm durumunun oluşması ve kullanıcının alarmlı daireyi işaretlemesi arasında geçen süredir.
- *Yerine getirilen görev sayısı*, toplamı çift olan dairelerin işaretlenme sayısıdır. Yerine getirilen görev sayısı bağımlı değişkeni, uyarı tasarımı gösterimlerinin temel göreve etkisinin değerlendirilmesinde kullanılmıştır.

Bağımsız değişken olan

- uyarı tasarımı ve
- senaryo tipinin

her bir bağımlı değişken üzerindeki etkisini değerlendirmek için iki yönlü ANOVA analizi yapılmıştır.

Tüm analizler için önem seviyesi $\alpha = 0.05$ ayarlanmıştır. İki den fazla gruba ayrılan Uyarı Tasarımı bağımsız değişkeni için ikili farklılıkları tanımlamak için Bonferroni testi kullanılmıştır.

ANOVA analizi, gruplar arasındaki farkın belirlenmesi için grupların karşılaştırılmasının yapıldığı ve grup sayısının iki den fazla olması durumunda kullanılan istatistik yöntemlerinden biridir [23]. Gruplar arası farkın olduğu durumda, farklılığın hangi gruptan kaynaklı olduğunu tespit eden istatistik post-hoc olarak bilinir [23].

Bonferroni Testi, ikişerli karşılaştırma yani post-hoc testlerinden biridir. İki den fazla grup arasında fark oluştuğunda farklılığı yaratan grubu bulmak için kullanılır. Bonferroni testi, yaygın kullanılan bir çoklu karşılaştırma testi olup, varyans eşitliği gerektiren fakat eşit örneklem sayısı gerektirmeyen bir metottur [23].

6. BULGULAR

Bölüm 3' de, tez çalışması kapsamında geliştirilen uygulama ile sunulan uyarı tasarımlarının, hava trafik kontrol yönetimi sisteminde kontrolörlerin temel görevlerini yerine getirirken dikkatlerini çekme kabiliyetleri ve durumsal farkındalığına etkisi üzerine bulunulan hipotezlere yer verilmektedir.

Bu bölümde, sunulan hipotezler ve elde edilen sonuçlar üzerinden yapılan değerlendirmeler ile bu hipotezlerin savunmaları yer almaktadır. Hipotez savunmaları anlatılırken, her bir hipotez alt başlıklar halinde anlatılmaktadır.

6.1. Doğrulama Süresi

Tablo 6.1'de senaryo ve uyarı tasarımı açısından iki yönlü ANOVA analizinin sonuçları özetlenmiştir. İki faktörlü etkileşimin (Uyarı Tasarımı x Senaryo Tipi) sonucu

$$F(2, 60) = 0.980 \quad (6.1)$$

$$p = 0.382 \quad (6.2)$$

olarak elde edilir. Sonucun, önem seviyesi olan $\alpha = 0.05$ 'den, $p > 0.05$, büyük olduğu görülür.

Senaryo Tipi açısından incelendiğinde

$$F(1, 60) = 0.995 \quad (6.3)$$

$$p = 0.323 \quad (6.4)$$

sonucu elde edilir. Sonucun, önem seviyesi olan $\alpha = 0.05$ 'den, $p > 0.05$, büyük olduğu görülür.

Uyarı Tasarımı x Senaryo Tipi iki faktörlü bağımsız değişken etkileşiminin ve Senaryo Tipi bağımsız değişkeninin, doğrulama süresi ile aralarında önemli bir etkileşimin olmadığı görülür.

Tablo 6.1: Doğrulama Süresinin Uyarı Tasarımı ve Senaryo Tipi Açısından İki Yönlü Analizi.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig (p)
Corrected Model	1188,232	5	237,646	29,846	,000
Intercept	2709,504	1	2709,504	340,292	,000
Uyarı Tasarımı * Senaryo Tipi	15,602	2	7,801	0,980	,382
Uyarı Tasarımı	1164,709	2	582,355	73,139	,000
Senaryo Tipi	7,921	1	7,921	0,995	,323
Error	429,964	54	7,962		
Total	4327,700	60			

Ancak, Uyarı Tasarımı açısından incelendiğinde

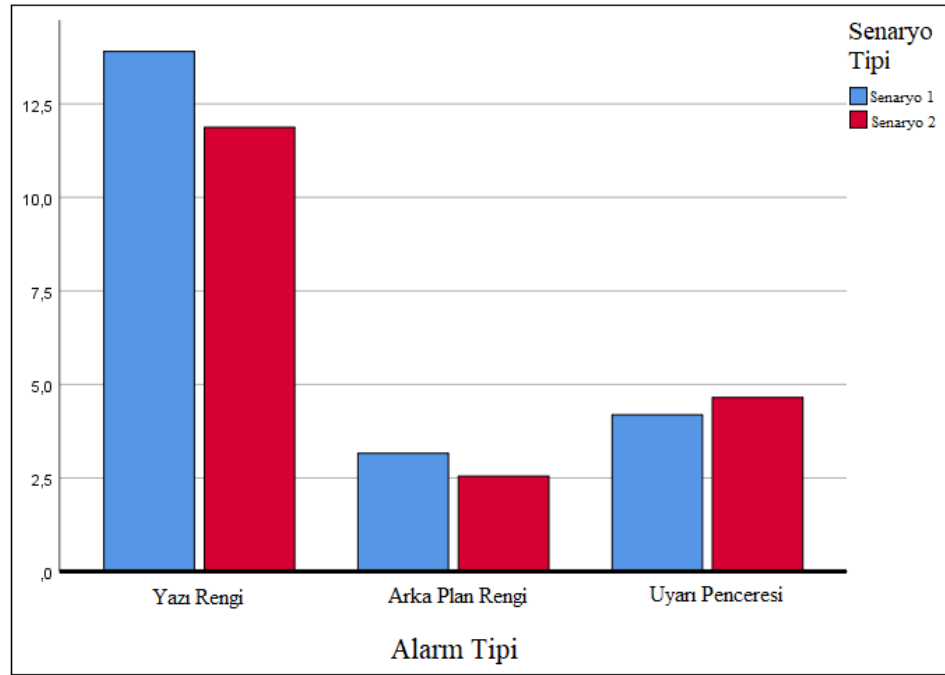
$$F(2,60) = 73.139 \quad (6.5)$$

$$p = 0.0 \quad (6.6)$$

sonucunun oluştuğu görülür. Sonucun, önem seviyesi olan $\alpha = 0.05$ 'den küçük olduğu görülür.

Uyarı Tasarımı bağımsız değişkeninin, doğrulama süresi ile arasında önemli bir etkileşimin olduğu ortaya çıkar.

Şekil 6.1 incelendiğinde ortalama doğrulama süresinin Arka Plan Rengi ve Uyarı Penceresi tasarımlarına göre Yazı Rengi uyarı tasarımında daha uzun süre olduğu görülür.



Şekil 6.1: Uyarı Tasarımı Tipine Göre Doğrulama Süreleri.

Tablo 6.2’de Bonferroni post-hoc karşılaştırılmasının sonucu incelendiğinde, Arka Plan Rengi ve Uyarı Penceresi tasarımlarında ortalama doğrulama süresi Yazı Rengi uyarı tasarımından önemli ölçüde daha kısa olduğu görülür. Bu durumda, Yazı Rengi tasarımının Arka Plan Rengi ve Uyarı Penceresi tasarımları ile aralarında önemli ölçüde fark vardır ($p < 0.05$). Ayrıca, Arka Plan Rengi tasarımında ortalama doğrulama süresi Uyarı Penceresi tasarımından daha kısadır. Fakat aralarında önemli ölçüde bir farklılık yoktur ($p > 0.05$).

Tablo 6.2: Doğrulama Süresi Bonferroni Post-Hoc Karşılaştırması Sonuçları.

(I) Uyarı Tasarımı	(J) Uyarı Tasarımı	Ort. Fark (I-J)	Std. Hata	Sig. (p)
Yazı Rengi	Arka Plan Rengi	-25.35	4.189	.000
	Uyarı Penceresi	-16.00	4.189	.001
Arka Plan Rengi	Yazı Rengi	25.35	4.189	.000
	Uyarı Penceresi	9.35	4.189	.089
Uyarı Penceresi	Yazı Rengi	16.00	4.189	.001
	Arka Plan Rengi	-9.35	4.189	.089

6.2. Temel Göreve Etkisi

Temel görev performansı, senaryo tipi ve uyarı tasarımı açısından iki yönlü ANOVA analizi ile karşılaştırılmıştır (Tablo 6.3). İki faktörlü etkileşimin (Uyarı Tasarımı x Senaryo Tipi) sonucu

$$F(2, 60) = 2.113 \quad (6.7)$$

$$p = 0.131 \quad (6.8)$$

olarak elde edilir. Sonucun, önem seviyesi olan $\alpha = 0.05$ 'den, $p > 0.05$, büyük olduğu görülür.

Senaryo Tipi açısından incelendiğinde

$$F(1, 60) = 0.401 \quad (6.9)$$

$$p = 0.529 \quad (6.10)$$

sonucu elde edilir. Sonucun, önem seviyesi olan $\alpha = 0.05$ 'den, $p > 0.05$, büyük olduğu görülür.

Uyarı Tasarımı x Senaryo Tipi iki faktörlü bağımsız değişken etkileşiminin ve Senaryo Tipi bağımsız değişkeninin, temel görev performansı ile aralarında önemli bir etkileşimin olmadığı görülür.

Tablo 6.3: Temel Görevin Uyarı Tasarımı ve Senaryo Tipi Açısından İki Yönlü Analizi.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig (p)
Corrected Model	7385,683	5	1477,137	8,419	,000
Intercept	1887890,817	1	1887890,817	10760,051	,000
Uyarı Tasarımı * Senaryo Tipi	741,633	2	370,817	2,113	,131
Uyarı Tasarımı	6573,633	2	3286,817	18,733	,000
Senaryo Tipi	70,417	1	70,417	,401	,529
Error	9474,500	54	175,454		
Total	1904751,000	60			

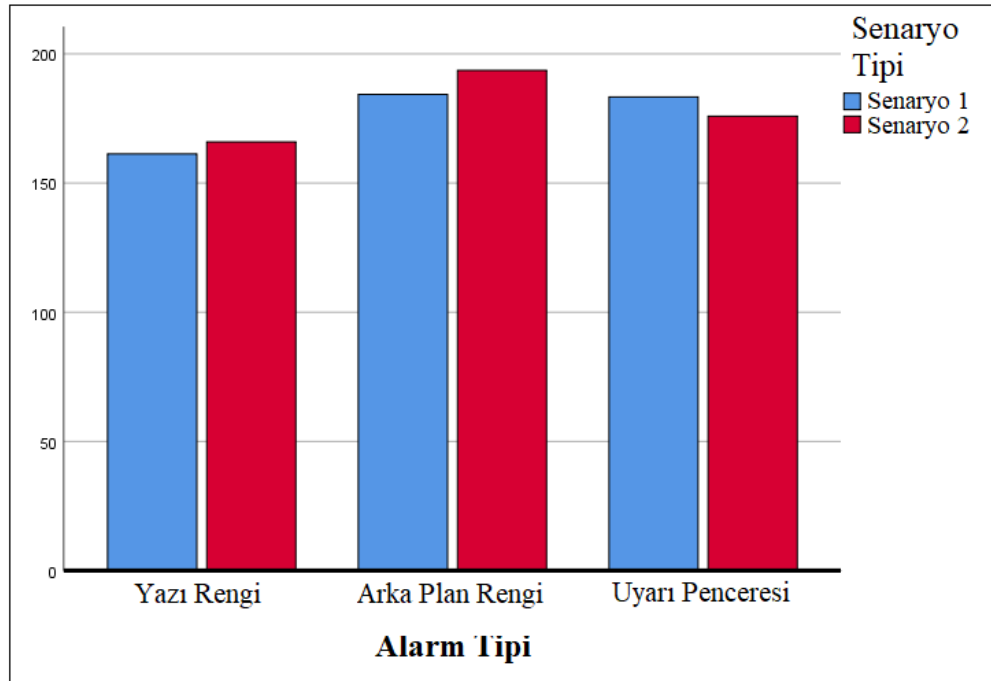
Ancak, Uyarı Tasarımı açısından incelendiğinde

$$F(2,60) = 18.733 \quad (6.11)$$

$$p = 0.0 \quad (6.12)$$

sonucunun oluştuğu görülür. Sonucun, önem seviyesi olan $\alpha = 0.05$ 'den, $p < 0.05$, küçük olduğu görülür.

Uyarı Tasarımı bağımsız değişkeninin, tamamlanan görev sayısı ile arasında önemli bir etkileşimin olmadığı ortaya çıkar.



Şekil 6.2: Uyarı Tasarımı Tipine Göre Tamamlanan Görev Sayısı.

Şekil 6.2 incelendiğinde uyarı tasarımlarına göre tamamlanan görev sayıları arasında büyük farklılıklar olmadığı görülmektedir. Tamamlanan görev sayısı, arka plan rengi (189) uyarı tasarımında, yazı rengi (164) ve uyarı penceresi (180) tasarımlarından daha fazladır.

Tablo 6.4: Temel Görevin Bonferroni Post-Hoc Karşılaştırması Sonuçları.

(I) Uyarı Tasarımı	(J) Uyarı Tasarımı	Ort. Fark (I-J)	Std. Hata	Sig. (p)
Yazı Rengi	Arka Plan Rengi	-25.35	4.189	.000
	Uyarı Penceresi	-16.00	4.189	.001
Arka Plan Rengi	Yazı Rengi	25.35	4.189	.000
	Uyarı Penceresi	9.35	4.189	.089
Uyarı Penceresi	Yazı Rengi	16.00	4.189	.001
	Arka Plan Rengi	-9.35	4.189	.089

Tablo 6.4’de Bonferroni post-hoc karşılaştırılmasının sonucu incelendiğinde, Yazı Rengi tasarımının Arka Plan Rengi ve Uyarı Penceresi tasarımları ile arasında önemli ölçüde fark olduğu görülür ($p<0.05$). Uyarı Penceresi tasarımında tamamlanan görev sayısı, arka plan rengi tasarımından azdır. Fakat tabloya bakıldığında, aralarında önemli ölçüde bir farklılık olmadığının sonucu görülür ($p>0.05$).

Hipotez 1: Uyarı tasarımlarının kişilerin durumsal farkındalığı üzerinde önemli bir etkisi vardır.

Hipotez Savunma 1:

- Uyarı tasarımlarının temel göreve etkisi sonuçlarına bakıldığında gerçekleştirilen görev sayısı Yazı Rengi uyarı tasarımında en azdır. Gruplar arası karşılaştırmanın sonucunda Arka Plan Rengi ve Uyarı Penceresi tasarımları arasında anlamlı bir farklılık olmadığı görülür. Yazı Rengi uyarı tasarımının diğer uyarı tasarımları ile arasında fark olmasına rağmen katılımcıların görüşleri sonucunda durumsal farkındalığa olumsuz bir etkisi olmadığı sonucuna varılmaktadır.

- Deney sonuçları incelendiğinde Arka Plan Rengi ve Uyarı Penceresi tasarımlarında kişinin durumsal farkındalığına olumlu bir etkisi olduğu görülür. Hava trafik kontrolörlerinin aynı anda çok sayıda trafik ile ilgilenmesi gerektiği durumlar göz önünde bulundurulduğunda oluşabilecek kritik durumu kolaylıkla fark etmeyebilir. Bu gibi durumlarda Arka Plan Rengi ve Uyarı Penceresi tasarımları ile kontrolörlerin sistem geneli farkındalığı artırılabilir.

Yukarıdaki savunma maddelerine göre Hipotez 1 kabul edilir.

Hipotez 2: Uyarı tasarımının kişilerin kritik durumları doğrulama süresine önemli bir etkisi vardır.

Hipotez Savunma 2:

- Deney sonuçlarına göre, alarm durumlarının katılımcılar tarafından fark edilme süreleri her bir uyarı tasarımı grubunda farklı olduğu görülür. Alarm durumlarının Yazı Rengi uyarı tasarımı deney grubundaki katılımcılar tarafından daha geç fark edildiği gözlemlenmiştir.
- Arka Plan Rengi ve Uyarı Penceresi deney sonuçlarından kişinin dikkatini çekme kabiliyetlerinin daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Bazı durumlarda hava trafik kontrolörleri bir uçağa daha fazla yoğunlaşabilmektedirler. Böyle durumlarda oluşabilecek kritik durum/durumlar kolaylıkla fark edilmeyebilir. Uyarı Penceresi tasarımı ile bu durum çözülmeye çalışılmıştır ve katılımcıların görüşleri de Uyarı Penceresi tasarımının bu gibi durumlarda durumsal farkındalığı arttıracığı yönündedir.

Yukarıdaki savunma maddelerine göre Hipotez 2 kabul edilir.

Hipotez 3: Kişinin bakış alanı içerisinde oluşturulan uyarı tasarımı, kişinin durumsal farkındalığını artırır.

Hipotez Savunma 3:

- Doğrulama süresi deney sonuçlarına göre Arka Plan Rengi uyarı tasarımında ortalama doğrulama süresi Uyarı Penceresi tasarımından daha kısadır. Fakat aralarında önemli ölçüde bir farklılık olmadığı görülür. Böylece göz takip cihazı kullanılarak geliştirilen Uyarı Penceresi tasarımında kişinin alarm durumunu kısa sürede fark etmesi sağlanmıştır.
- Hava trafik kontrolörlerinin bazı durumlarda belirli bir uçağa daha fazla odaklanabilme ihtimali düşünüldüğünde bakış alanı içerisinde oluşturulan Uyarı Penceresi tasarımı ile sistemin geneli hakkındaki durumsal farkındalığı artırılır.

Yukarıdaki savunma maddelerine göre Hipotez 3 kabul edilir.

7. SONUÇLAR

Sunulan tez çalışmasında amaçlanan hava trafik kontrol yönetimi alanında kullanılmak üzere insan bilgisayar etkileşimini esas alan üç farklı uyarı tasarımının kullanılabilirliğini, başarılı olup olmayacağını anlamak ve hava trafik kontrol sektöründe kontrolörlerin durumsal farkındalığını arttırmaya yönelik çalışmalarda bulunmaktadır.

Arka Plan Rengi ve Uyarı Penceresi tasarımlarının katılımcılar tarafından daha hızlı bir şekilde fark edildiği gözlemlenmiştir. Yazı Rengi uyarı tasarımı ise uzun doğrulama süreleriyle daha az iyi sonuç vermiştir. Bunun yanı sıra, Uyarı Penceresi tasarımı temel göreve etkisi açısından değerlendirildiğinde kullanıcının dikkatini çekme kabiliyeti kadar başarılı olmadığı görülmüştür. Uyarı Penceresi tasarımında onay tuşuna basıldıktan sonra kullanıcıyı alarm durumuna sahip daireye yönlendiren animasyon hareketinde yaklaşık 4 saniye geçmektedir. Bu hareket süresince kullanıcı görevine devam etmediği için de Uyarı Penceresi'nin temel görev performansı düşünüldüğünde dezavantajı olmuştur. Bunun gibi yeni çözümler, hava trafik kontrolörünün görevinin birden çok yönünü dikkate alan yaklaşımların benimsenmesi gerektiğini göstermektedir.

Görsel uyarılar, hava trafik kontrolörünün devam etmekte olan bir görevi yerine getirirken olası alarm durumlarına karşı uyarmak için dikkat çekme kabiliyetine sahiptirler [7]. Arka Plan Rengi ve Uyarı Penceresi tasarımları ile alarm durumları hızlı bir şekilde fark edilmiştir. Ancak Yazı Rengi uyarı tasarımında alarmların doğrulanma süresi büyük bir farkla daha uzundur. Göz ile ekranı taramada bir uyarının renk özellikleri dikkat çekme kapasitesine sahiptir. Fakat bu güç, veri açısından zengin ekranların kullanıldığı karmaşık ortamlarda azalabilmektedir [7]. Bazı durumlarda hava trafik kontrolörleri bir alana ya da uçağa daha fazla odaklanabilir. Bir hava trafik kontrol görevinde önemli bir uçağa daha sık sabitlenildiğinde ise bu uçak için durumsal farkındalığın daha yüksek olduğu sonucuna varılabilir. Ayrıca kişinin bakışının neye ya da nereye dikkat ettiğinin göstergesi olduğunu da destekler [24]. Hava trafik kontrolörü kontrol sahası içerisinde bulunan tüm uçaklara dikkatini eşit bir şekilde dağıtmaktadır. Fakat belirli bir uçağa çok fazla odaklandığında işlevsel bakış açısı daralma eğilimi göstermekte ve hava sahasındaki önemli bilgileri kaçırma olasılığı artmaktadır [24], [7]. Çevreye

karşı dikkat körlüğü durumu, fazla zihinsel yük veya görsel bellek yükü koşulları altında ortaya çıkma olasılığı daha yüksektir. Bu koşullar da hava trafik kontrol işlemlerinin doğasında bulunmaktadır [7]. Uyarı Penceresi tasarımı, kişinin bakışının olduğu alan göz takip cihazı ile bulunarak o alanda alarm olduğunu belirten bir uyarı penceresi çıkarılmaktadır. Böylece kontrolör yoğunlaşmış bir şekilde görevine devam ederken dikkati çekilebilmektedir.

Uyarı tasarımlarında önemli diğer bir konu kişinin dikkatini çekmek olduğu kadar bu durumun diğer görev unsurlarını olumsuz etkilememesidir. Yazı Rengi ve Arka Plan Rengi uyarı tasarımlarında bu durum sağlanmaktadır. Uyarı Penceresi tasarımı tamamlanan görev sayısı Arka Plan Rengi uyarı tasarımı kullanılarak gerçekleştirilen deneylerde tamamlanan görev sayısına göre biraz daha azdır. Bunun nedeni olabilecek durum ise Uyarı Penceresi'nin onay tuşuna basıp alarmlı daireye doğru hareketinde 4 saniye geçmesi ve bu sürede kullanıcının bu hareketi takip etmesidir. Fakat Bonferroni ikili karşılaştırma testi sonuçlarına bakıldığında aralarında anlamlı bir farklılık olmadığı görülmektedir. Hava trafik kontrolörünün mevcut çalıştığı durumla ilgili faktörler daha yüksek önceliğe sahip olacağı koşullarda alarma geç cevap verilmesi gerekebilir [7]. Uyarı Penceresi tasarımı alarma gidilmesi için kullanıcıdan onay beklenmektedir. Alarm oluştuğunda otomatik olarak alarma yönlendirmeyip kullanıcıdan onay beklendiği için temel görevi olumsuz yönde etkilememesi sağlanmaya çalışılmıştır. Kullanıcı onay/iptal tuşuna basana kadar uyarı penceresi arka planda gösterilmeye devam etmektedir. Bakıldığında potansiyel olarak daha büyük bir öneme sahip bir görevi tehlikeye atan görsel bir dikkat dağıtma kaynağı haline gelebilir [7]. Bu durum göz önünde bulundurularak uyarı penceresi saydam tasarlanmıştır. Böylece dikkat dağınıklığına sebep olma durumu en aza indirilmeye ve hava sahasında bulunan bilgilerin kapatılmamasına dikkat edilmiştir.

Sonuç olarak, hava trafik kontrolörüne kritik durumu belirgin ve uygun bir şekilde gösteren insan merkezli uyarı tasarımı sağlamak birincil öneme sahiptir. Arka Plan Rengi ve Uyarı Penceresi tasarımları ile hava trafik kontrolörünün görevini aksatmadan alarm durumuna karşı dikkatini çekme konusunda iyi bir denge sağlanmaktadır. Uyarı Penceresi tasarımı iş yükünün çok olduğu koşullarda bile temel görev performansına olumsuz bir etkisi olmadan dikkat çekici özelliktedir. Bu çalışmada sunulan uyarı tasarımları ile Seviye 1 Durumsal Farkındalık sağlanmaktadır. Hava trafik yönetiminde emniyet kritik bir alarm oluştuğunda

kontrolör çoğunlukla zaman baskısı altındayken bu durumu çözmektedir. Arka Plan Rengi ve Uyarı Penceresi tasarımlarında kullanıcıların alarmları doğrulama süreleri daha kısa sürdüğü için zaman sınırlı bir durumda kontrolöre değerli bir zaman kazandırmaktadırlar.

Bu çalışmada, farklı uyarı tasarımı yaklaşımlarının hava trafik yönetiminde kullanılan mevcut radar ekranlarında gerçekleştirilen deneyler ile geleneksel uyarı sisteminin bir parçası olarak entegre edilme olasılıkları incelenmiştir. Arka Plan Rengi ve Uyarı Penceresi tasarımları, kontrolörlerin kritik durumları daha hızlı fark etme ve çözüm üretilmesi için de kontrolöre daha çok zaman kazandırma potansiyeline sahiptirler. Uyarı Penceresi sonuçları, kontrolörün bakışlarının gerçek zamanlı pozisyon bilgisinin alınması ile mesajları ve/veya uyarıları odaklanılan alanda gösterebilme imkânı sağladığı ve bu yaklaşımın alarmin mevcut odaklanılan alandan uzakta olduğu durumlarda kritik bilginin fark edilmesini kolaylaştırdığı bilgisini desteklemektedir [25].

Çalışmada deneyler simülasyon ortamında hazırlanan senaryoların koşturulması ile gerçekleştirilmiştir. Gerçek operasyonel çalışmalarda, uyarı tasarımlarının kullanılıp test edilmesi ile mevcut analiz ve sonuçların daha da iyileşmesine etkisi olacağı öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Miles J. D., Strybel T. Z., (2017), "Measuring Situation Awareness of Student Air Traffic Controllers with Online Probe Queries: Are We Asking the Right Questions?", International Journal of Human-Computer Interaction, 33 (1), 55-65.
- [2] Web 1, (2009), www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/20090519-stca-guid-v2.0.pdf, (Eriřim Tarihi: 18/04/2018).
- [3] Web 2, (2009), www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/20090519-msaw-guid-v1.0.pdf, (Eriřim Tarihi: 18/04/2018).
- [4] Web 3, (2009), www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/20090519-apw-guid-v1.0.pdf, (Eriřim Tarihi: 18/04/2018).
- [5] Kearney P., Li W. C., Lin J. J., (2016), "The impact of alerting design on air traffic controllers' response to conflict detection and resolution", International journal of industrial ergonomics, 56, 51-58.
- [6] Wickens C. D., Miller S., Tham M., (1996), "The implications of data-link for representing pilot request information on 2d and 3d air traffic control displays", International Journal of Industrial Ergonomics, 18 (4), 283-293.
- [7] Imbert J. P., Hodgetts H. M., Parise R., Vachon F., Dehais F., Tremblay S., (2014), "Attentional costs and failures in air traffic control notifications", Ergonomics, 57 (12), 1817-1832.
- [8] Maglio P. P., Campbell C. S., (2000), "Tradeoffs in displaying peripheral information", Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems, ACM, 241-248.
- [9] Web 4, (2018), https://tr.wikipedia.org/wiki/Hava_trafik_kontrol, (Eriřim Tarihi: 20/04/2018).
- [10] Web 5, (2018), <http://ssd.dhmi.gov.tr/sayfa.aspx?mn=80>, (Eriřim Tarihi: 20/04/2018).
- [11] Web 6, (2018), <http://web.shgm.gov.tr/tr/havacilik-personeli/2129-hava>, (Eriřim Tarihi: 22/04/2018).
- [12] SHGM, (2017), Sivil Havacılık Genel M¼d¼rl¼ğ¼ Faaliyet Raporu 2017, Sivil Havacılık Genel M¼d¼rl¼ğ¼.
- [13] Endsley Mica R., (1999), "Situation awareness in aviation systems", Handbook of aviation human factors, 257-276.
- [14] Pape A. M., Wiegmann D. A., Shappell S., (2001), "Air traffic control (ATC) related accidents and incidents: A human factors analysis", Proceedings of the

11th International Symposium on Aviation Psychology, Columbus, OH, The Ohio State University.

- [15] Web 7, (2017), <http://krmgk.com/en-trajik-havada-carpisma-olayi/>, (Eriřim Tarihi: 21/05/2017)
- [16] Mogford R. H., (1997), "Mental Models and Situation Awareness in Air Traffic Control", The International Journal of Aviation Psychology, 7 (4), 331-341.
- [17] Jeannot E., Kelly C., Thompson D., (2003), "The Development of Situation Awareness Measures in ATM Systems", EATMP Report, HRS/HSP-005-REP-01.
- [18] Jeannot E., (2000), "Situation Awareness Synthesis of Literature Search", Eurocontrol Experimental Centre, EEC Note, 16 (00).
- [19] Kilingaru Kavyaganga, et al., (2013), "Monitoring pilot situation awareness", Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 24 (3), 457-466.
- [20] Lin C. S., Yang H. J., Lay Y. L., Yang S. W., (2011), "Design and evaluation of a public installation of an eye-gaze system", Assistive Technology, 23 (4), 187-198.
- [21] Web 8, (2018), www.tobiipro.com/product-listing/tobii-pro-x2-30/, (Eriřim Tarihi: 02/05/2018).
- [22] Jackson A., Pichancourt I., (1995), "A Human-Machine Interface Reference System for EnRoute Air Traffic Control", EEC Report, (292).
- [23] Kayri M. (2009), "Araştırmalarda Gruplar Arası Farkın Belirlenmesine Yönelik Çoklu Karşılaştırma (Post-Hoc) Teknikleri", Journal of Social Science, 55.
- [24] Moore K., Gugerty L., (2010), "Development of a novel measure of situation awareness: The case for eye movement analysis", Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications, 54 (19), 1650-1654.
- [25] Alonso R., Causse M., Vachon F., Parise R., Dehais F., Terrier P., (2013), "Evaluation of head-free eye tracking as an input device for air traffic control", Ergonomics, 56 (2), 246-255.

ÖZGEÇMİŞ

Tuba AYDIN 1990 yılında Trabzon’da doğdu. 2008 yılında başladığı Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümünü 2012 yılında başarıyla tamamladı. 2014 yılında yüksek lisans eğitimine Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında başladı. 2012 yılından bu yana TÜBİTAK BİLGEM’de Hava Ulaşım Bölümü’nde uzman araştırmacı olarak çalışmaktadır.