



**TERMİNAL HAVA SAHASI KARMAŞIKLIĞI
FAKTÖRLERİNİN ÇOK KRİTERLİ KARAR
VERME YÖNTEMLERİ KULLANILARAK
İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Eray KAÇAR

Eskişehir 2023

**TERMİNAL HAVA SAHASI KARMAŞIKLIĞI FAKTÖRLERİNİN ÇOK
KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ KULLANILARAK
İNCELENMESİ**

Eray KAÇAR

Yüksek Lisans Tezi

Hava Trafik Kontrol Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Fulya AYBEK ÇETEK

(İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Kadir DÖNMEZ)

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Ağustos 2023

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Eray KAÇAR'ın TERMİNAL HAVA SAHASI KARMAŞIKLIĞI FAKTÖRLERİNİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ KULLANILARAK İNCELENMESİ başlıklı çalışması 11/08/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Hava Trafik Kontrol Anabilim dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Unvan Adı Soyadı

İmza

Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Fulya AYBEK ÇETEK
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Kadir DÖNMEZ
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Emre AYDOĞAN
Üye	: Doç. Dr. İsmail Onur BAYCAN
Üye	: Doç. Dr. Işıl YAZAR

Prof. Dr. Semra KURAMA

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

11/08/2023

DANIşMAN ONAYI

Danişmanlığını yürüttüğüm Yüksek Lisans ęrencisi Eray KAÇAR, TERMİNAL HAVA SAHASI KARMAşIKLIğI FAKTÖRLERİNİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ KULLANILARAK İNCELENMESİ başlıklı tez çalışmasını tamamlamıştır. Hazırlamış olduğu tez tarafımca incelenmiş ve öğrencinin tez savunma sınavına alınması bilimsel ve etik açıdan uygun görülmüştür.

Tez Daniřmanı

Dr. Öğr. Üyesi Fulya AYBEK ÇETEK

ÖZET

TERMİNAL HAVA SAHASI KARMAŞIKLIĞI FAKTÖRLERİNİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ KULLANILARAK İNCELENMESİ

Eray KAÇAR

Hava Trafik Kontrol Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ağustos 2023

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Fulya AYBEK ÇETEK

(İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Kadir DÖNMEZ)

Hava trafik operasyonları ve bu operasyonlardan sorumlu hava trafik kontrolörleri emniyetli uçuş operasyonlarının gerçekleştirilmesi konusunda önemli bir rol oynamaktadır. Karar verme sürecinde Hava Trafik Kontrolörü (ATCo) için oluşan zorluklar, ATCo'nun kararlarını etkilemekte ve yanlış kararlar vermesine sebep olabilmektedir. Bu çalışmanın amacı Yaklaşma Kontrol (APP) ünitesinde Hava Trafik Kontrol (ATC) hizmeti verilirken Terminal Hava Sahası (TMA) karmaşıklığına etki eden faktörlerin incelenmesi ve ATCo perspektifi ile ağırlıklandırılarak önem derecelerinin ortaya koyulmasıdır. Çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden anket tekniği uygulanarak veriler elde edilmiştir. Birinci çalışma grubu 40 ATCo'dan, İkinci çalışma grubu ise 20 ATCo'dan oluşmaktadır. Çalışmada karmaşıklığı etkileyen faktörlerin etkisini tespit etmek amacıyla ilk olarak hava sahası karmaşıklığına etki eden faktörler açıklanmıştır. Faktörlerin karmaşıklık yaratıp yaratmadığına yönelik sonuçlar İçerik Geçerlilik Yöntemi ile, bu faktörlerin karmaşıklığa ne kadar etki ettiğine ilişkin kriter ağırlıkları sonuçları En İyi-En Kötü Yöntemi ile ele alınmıştır. Elde edilen verilere göre hava sahasında karmaşıklığa yol açan en önemli faktör Kesişen Rotalarda Birleşme/Kesişme/Hotspot Sayısı olarak belirlenmiştir. Çalışma sonuçları ATCo'lar tarafından değerlendirilmiş ve global ağırlıklandırmadan ziyade ana kriter ve lokal ağırlıklandırmanın tutarlı olduğu anket sonrası yapılan görüşmelerde tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Hava Sahası Karmaşıklığı, ATC İş Yüğü, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF TERMINAL AIRSPACE COMPLEXITY FACTORS USING MULTI-CRITERIA DECISION MAKING METHODS

Eray KAÇAR

Department of Air Traffic Control

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, August 2023

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Fulya AYBEK ÇETEK

(Co-Supervisor: Asst. Prof. Dr. Kadir DÖNMEZ)

The implementation of safely flight operations depends heavily on air traffic operations and the air traffic controllers in charge of those operations. The decision-making process of the Air Traffic Controller (ATCo) may be affected by difficulties, which could lead to poor decisions. The goal of this research is to investigate the factors that influence the complexity of the terminal airspace (TMA) while providing air traffic control (ATC) service in the approach control (APP) unit, and to highlight their significance by weighting them from the viewpoint of the ATCo. One of the qualitative research techniques, the questionnaire method, was used in the study to collect data. 40 ATCos constitute the first working group, while 20 ATCos constitute up the second working group. The factors determining the complexity of the airspace are first discussed in order to assess their impact on the complexity of the study. In order to, the results of the Content Validity Method were used to determine if the factors contributed to complexity or not, and the Best-Worst Method was used to determine how big of an impact they had on complexity. The number of convergences/intersections/hotspots in crossing routes was identified as the most significant element contributing to the complexity of the airspace based on the data gathered. When ATCos assessed the study's findings, it became clear from the interviews that followed the survey that the local and main criterion weighting were more reliable than the global weighting.

Keywords: Airspace Complexity, ATC workload, Multi-Criteria Decision Making Methods.

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans sürecimde rehberliği, destekleri ve değerli yönlendirmeleri ile bana her türlü desteği veren danışmanım Dr. Öğretim Üyesi Fulya AYBEK ÇETEK'e ve çalışmayı yapmaya başladığım günden beri bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan ve her konuda benden yardımlarını esirgemeyen ikinci danışmanım Dr. Öğretim Üyesi Kadir DÖNMEZ'e sağladıkları destekleri ve yorumları için teşekkürlerimi sunarım.

Tez sürecinde beni cesaretlendiren, motivasyonumu yüksek tutan, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, her zaman yanımda olan Dr. Öğretim Üyesi Tarık GÜNEŞ'e ve Öğr. Gör. Erdem TERZİOĞLU'na teşekkür ederim.

Çalışmanın gerçekleştirilmesi için verilerin toplanması sürecinde yardımlarını esirgemeyen Türkiye Hava Trafik Kontrolörleri Derneği'ne teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olan ve beni bu günlere getiren, eğitim sürecim boyunca benden desteklerini hiç esirgemeyen aileme teşekkürü borç bilirim.

Eray KAÇAR

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 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.

Eray KAÇAR

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI	I
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	II
DANIŞMAN ONAYI	III
ÖZET	IV
ABSTRACT.....	V
TEŞEKKÜR	VI
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	VII
İÇİNDEKİLER.....	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XII
1. GİRİŞ	1
1.1. Problemin Tanımı	2
1.2. Araştırmanın Amacı	3
1.3. Araştırmanın Önemi.....	3
1.4. Araştırmanın Yöntemi.....	4
2. ARAŞTIRMANIN TEORİK BAĞLAMı.....	5
2.1. Hava Sahası Karmaşıklığı	5
2.2. Literatür.....	7
2.3. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri	11
2.3.1. İçerik geçerlilik yöntemi (CVM)	12
2.3.2. En iyi-en kötü yöntemi (BWM)	13
2.3.2.1. En iyi-En kötü yöntemi adımları.....	14
3. VERİLERİN TOPLANMASI SÜRECİ.....	18
3.1. Araştırma Modeli	18
3.2. Türkiye Hava Sahası ve İstanbul TMA	19

3.3. Veri Toplama Araçları	20
3.4. Katılımcı Gruplarının Belirlenmesi.....	20
3.4.1. Çalışma Grubu I.....	21
3.4.2. Çalışma Grubu II	21
3.5. Verilerin Toplanması.....	22
4. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ANALİZİ.....	23
4.1. Hava Sahası Karmaşıklığı Kriterleri	23
4.1.1. Hava sahası yapısına ilişkin karmaşıklık kriterleri	23
4.1.2. Çakışmalara ilişkin karmaşıklık kriterleri	25
4.1.3. Koordinasyon ve radyo iletişime ilişkin karmaşıklık kriterleri.....	26
4.1.4. Hava sahasına giren ve hava sahasından çıkan uçuşlara ilişkin karmaşıklık kriterleri.....	27
4.1.5. Akış organizasyonuna ilişkin karmaşıklık kriterleri	29
4.1.6. Ekip içindeki farklılıklara ilişkin karmaşıklık kriterleri	30
4.1.7. Trafik yoğunluğuna ilişkin karmaşıklık kriterleri.....	30
4.1.8. Trafik farklılıklarına ilişkin karmaşıklık kriterleri.....	32
4.1.9. Hava durumuna ilişkin karmaşıklık kriterleri.....	33
4.2. İçerik Geçerlilik Yöntemi Sonuçları	34
4.3. En İyi-En Kötü Yöntemi Sonuçları	37
5. SONUÇ VE TARTIŞMA	48
KAYNAKÇA.....	50
EKLER	
ÖZGEÇMİŞ	

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1. IFR En-route uçuşlar için gecikmeler (dakika).....	6
Tablo 2.2. Literatürdeki çalışmalar.	10
Tablo 2.3. Lawshe minimum içerik geçerliği oranları	13
Tablo 2.4. Önem derecesi ölçeği.....	16
Tablo 3.1. Türkiye’deki Trafik Sayısı.....	19
Tablo 3.2. Sivil Hava Alanları Uçak Trafik Sayısı	20
Tablo 3.3. Çalışma grubu I mesleki tecrübesi.....	21
Tablo 3.4. Çalışma grubu II mesleki tecrübesi	22
Tablo 4.1. Hava Sahası Karmaşıklığını Etkileyen Faktörler Değerlendirme Anketi Sonucu.....	34
Tablo 4.2. İçerik geçerlilik yöntemi sonucunda ortaya çıkan ana ve alt kriterler	36
Tablo 4.3. Hava sahası karmaşıklığını etkileyen faktörlerin ağırlıklandırılması anketi tutarlılık oranları.....	38
Tablo 4.4. Çalışma Grubu II’ye göre en önemli faktörler.....	40
Tablo 4.5. Çalışma Grubu II’ye göre en önemli faktörler-2	40
Tablo 4.6. Çalışma Grubu II’ye göre en önemsiz faktörler	41
Tablo 4.7. Çalışma Grubu II’ye göre en önemsiz faktörler-2	42
Tablo 4.8. Hava Sahası Karmaşıklığını Etkileyen Faktörlerin Ağırlıkları.....	43
Tablo 5.1. En önemli 10 faktör	48

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

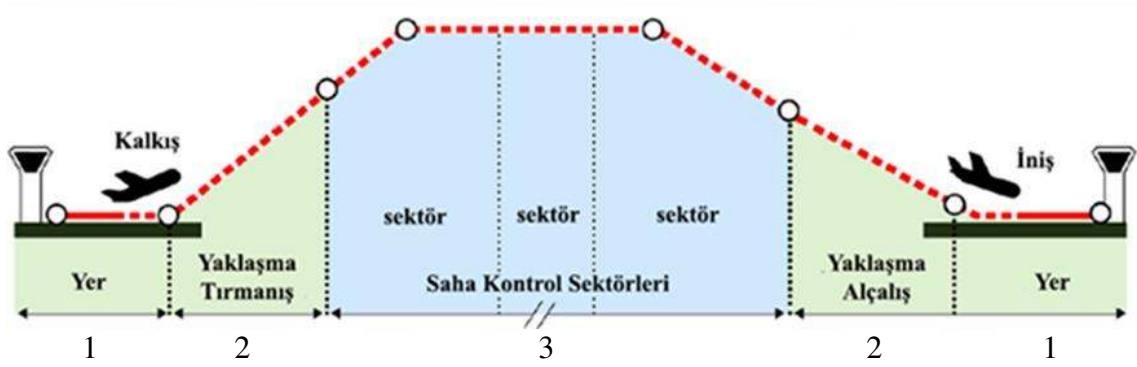
Şekil 1.1. Hava Trafik Operasyonları	1
Şekil 2.1. BWM referans karşılaştırma.	14
Şekil 2.2. BWM Adım 1 görselleştirmesi.....	14
Şekil 2.3. BWM Adım 2 görselleştirmesi.....	14
Şekil 2.4. BWM Adım 3 görselleştirmesi.....	15
Şekil 2.5. BWM Adım 4 görselleştirmesi.....	16
Şekil 3.1. Araştırmada kullanılan akış şeması	18
Şekil 4.1. Hava sahası karmaşıklığını etkileyen ana kriterler.....	45

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

APP	: Yaklaşma Kontrol
ATC	: Hava Trafik Kontrol
ATCo	: Hava Trafik Kontrolörü
BWM	: En İyi – En Kötü Yöntemi (Best – Worst Method)
CVM	: İçerik Geçerlilik Yöntemi (Content Validity Method)
CVR	: İçerik Geçerlilik Oranı (Content Validity Ratio)
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
EUROCONTROL	: Avrupa Hava Seyrüsefer Emniyeti Teşkilatı
KV	: Karar Verici (Decision Maker)
MAP	: İzleme Uyarı Parametresi (Monitor Alert Parameter)
MSP	: Çoklu Sektör Planlama (Multi Sector Planning)
TAAM	: Toplam Hava Sahası ve Hava alanı Modelleme Programı (Total Airspace and Airport Modeller)
TLS	: Taktiksel Yük Hafifletici (Tactical Load Smoother)
TMA	: Terminal Hava Sahası (Terminal Area)
TO	: Tutarlılık Oranı

1. GİRİŞ

Hava trafik kontrol (ATC) hizmeti, hava araçlarının bir noktadan başka bir noktaya uçuşu sırasında hava trafiğinin emniyetli, verimli ve hızlı bir şekilde akışının sağlanması amacıyla verilen bir hizmettir [1]. Kontrollü bir uçuşun her safhasında hava araçları ATC hizmeti alırlar. ATC hizmeti Hava Trafik Kontrolörü (ATCo) tarafından sağlanan meydan kontrol hizmeti, yaklaşma kontrol hizmeti ve saha kontrol hizmetleri olarak üç farklı safhada verilmektedir. Bu hizmetler; hava alanında park pozisyonundan kalkış hareketi tamamlanmasına kadar Meydan Kontrol Üniteleri tarafından, kalkış sonra tırmanış ve varış meydanına alçalma ve yaklaşma safhasını kapsayan Yaklaşma Kontrol Üniteleri tarafından ve yüksek irtifa tırmanışlarını ve düz uçuş safhasını içeren Saha Kontrol Üniteleridir tarafından verilmektedir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Hava Trafik Operasyonları [2]

Şekil 1.1.'de 1 numara ile gösterilen ünite meydan kontrol ünitesinin sorumlu olduğu sahayı göstermektedir. Meydan kontrol kuleleri, sorumlulukları altındaki uçaklara talimatlar vererek; uçakları birbirleriyle, manialarda ve yerdeki araçlarla çarpışmasını önler [3]. Yoğun hava alanlarında bu hizmet yol müsaadesi pozisyonu (clearance delivery), yer kontrol pozisyonu (ground control) ve kule kontrol pozisyonu (aerodrome control) olarak ayrılmış sektörler tarafından verilebilir.

2 numara ile gösterilen ünite yaklaşma kontrol ünitesi olup, hava aracı kalkışını yaptıktan sonra saha kontrol ünitesine devir yapıncaya kadar hava araçlarının emniyetli bir şekilde tırmanmasını veya saha kontrol ünitesinden devir alınan hava araçlarının emniyetli bir şekilde alçalmasını sağlar. Aynı zamanda TMA sınırları içerisindeki transit geçecek uçaklar için de ATC hizmeti verir [4]. Hem tırmanışların hem de alçalışların yoğun olduğu bu ünite karmaşık bir trafik yapısına sahiptir. Bu sebeple yaklaşma kontrol hizmeti tek bir sektör ile verilebileceği gibi birden fazla sektör ile de hizmet verebilir.

3 numara ile gösterilen ünite saha kontrol ünitesidir. Kontrollü sahalarda hava araçlarının seyrüseferi sırasında ATC hizmeti sağlayan bu ünite, Türkiye’de yoğunlukla ülkemiz üzerinden transit geçiş yapan hava araçlarına hizmet verir [4].

1.1. Problemin Tanımı

Yaklaşma Kontrol (APP) ünitesi temelde, bir hava alanından kalkmış olan hava araçlarının yüksek seviyeye tırmanmasını ve bir hava aracının varış meydanı için daha düşük irtifalara alçalmasını içeren bir ünite. APP ünitesi meydan kontrol ünitesi ile saha kontrol ünitesi arasında köprü görevi görerek hava sahasını yönetir. Gerek uçuş irtifaların değişkenliği gerekse tüm geliş trafiklerinin tek bir nokta olan hava alanında toplanması sebebiyle APP ünitesi karmaşıklığı yüksek ve zorlu olduğu ünitelerdir. APP ünitesi bir meydan için hizmet verebileceği gibi birden fazla hava alanına iniş ve kalkış yapan kontrollü hava araçlarına hizmet verebilir [5]. Birden fazla hava alanına hizmet veren APP üniteleri rota kesişmesi, trafik sayısının fazlalığı ve her hava alanına ait prosedürlerin birbirini etkilemesi sebebiyle daha karmaşık hava sahalarıdır.

ATC hizmeti verilirken karar verici konumunda olan ATCo’nun hızlı ve doğru kararlar vermesi gerekmektedir. Verilecek bu kararların ATC hizmeti tanımı gereği hava aracının ve hava sahasının emniyetini sağlaması ve hava sahasının verimli, etkin ve düzenli kullanımını sağlamalıdır. Karar verme sürecinde ATCo için oluşan zorluklar, ATCo’nun kararları etkilemekte ve yanlış kararlar vermesine sebep olabilmektedir.

APP ünitesinde verilen hizmet sırasında gerek trafik akışının yoğunluğu gerekse çalışma ortamı ve verilen hizmetin doğası gereği ATCo için çeşitli görev zorlukları bulunmaktadır. Bu görev zorlukları ATCo üzerinde iş yükü yaratmakta ve verdikleri hizmetin kalitesini olumsuz yönde etkileyecek sorunlar doğurmaktadır. Bu sorunların en hızlı şekilde çözülmesi ve emniyetli bir ATC hizmeti verilmesi günümüz araştırma konularının başlıca problemlerinden biri olan hava trafik karmaşıklığı ve buna bağlı hava sahası karmaşıklığı kavramlarını ortaya çıkarmıştır. Hava trafik karmaşıklığı spesifik olan hava trafik durumlarını yönetme ve izleme zorluğu olarak tanımlanmaktadır [6].

Bu araştırmada, ATCo üzerinde iş yükü yaratan ve hava sahası karmaşıklığını arttıran faktörlerin incelenerek hangi faktörün karmaşıklığa ne kadar etki ettiğini bulmak ve bu kapsamda hava sahası karmaşıklığını anlamak amaçlanmıştır.

1.2. Araştırmanın Amacı

Araştırmanın amacı APP ünitesinde ATC hizmeti verilirken Terminal Hava Sahası (TMA) karmaşıklığına etki eden faktörlerin ATCo açısından incelenmesi ve bu faktörlerin yine ATCo perspektifi ile ağırlıklandırarak hangi faktörün ne kadar önemli olduğunu ölçmektir. Bu amaç doğrultusunda ATCo'lar ile yapılacak görüşmeler sonucunda literatürde yer alan faktörlerin bir kısmının elenmesi söz konusu olabileceği gibi bir kısmının da öncelikli öneme sahip olduğu ortaya çıkabilecektir. Böylelikle şimdiye kadar literatürde listelenmiş olan bazı karmaşıklık faktörlerin aslında ATCo tarafından kabul görmediği ve bu faktörlerin insan görüşü devreye girdiği durumlarda bir önem arz etmemesi mümkündür. Bu sebeple çalışmanın amacı ATCo bakış açısıyla terminal hava sahası karmaşıklığı faktörlerinin belirlenmesi ve ağırlıklandırılmasıdır.

1.3. Araştırmanın Önemi

APP ünitesinin ATC hizmeti sağladığı TMA hem kalkış hem de iniş ve iniş trafiklerinin ayırması ve sıralamasının yapıldığı için en zorlu ATC hizmeti verilen sahalardan biridir. Bu üniteye verilen hizmet sırasında birtakım zorluklar ortaya çıkaran faktörler bulunmakta ve bu faktörlerin bir araya gelmesinden ötürü hava sahası karmaşık hale gelmektedir. Hava sahasını oluşturan bu karmaşıklığı yönetebilmek için Türkiye hava sahası 38 ayrı sektöre bölünmüştür [7].

Hava sahasının karmaşıklığını azaltmak, ATC ünitelerinin yoğunluğunu azaltıp ünitelerin verdiği hizmetin kalitesini arttırmaktadır. Böylece hava sahasının emniyeti ve kapasitesi artmakta ve hava aracının yakıt tüketimi ve buna bağlı olarak emisyon azalmaktadır. Verilen hizmetin kalitesini arttırmanın en önemli yollarından birisi de eşit iş yükü dağılımını sağlamaktır. Herhangi bir anda ATCo'lar üzerindeki iş yükünün eşit olması, hizmet verilen sahadaki verimliliği arttırabilmektedir. Hava sahası karmaşıklığı etkileyen faktörler aynı zamanda ATCo üzerinde de iş yükü artmasına sebep olabilmektedir. ATC operasyonu yürüten tüm birimlerde bu eş iş yükü dağılımı operasyonların verimliliği açısından oldukça önem arz etmektedir.

Bu çalışmanın literatüre katkısı hava sahası karmaşıklığına etki eden faktörlerin ATCo perspektifinden ne kadar etkili olduğunun ölçülmesidir. Bu ölçüm sonucunda ortaya çıkan veriler ışığında daha dengeli iş yükü ile sektörizasyon yapılması mümkün olabilecektir. Yapılan çalışma sonucunda literatürde yapılan çalışmalarda kullanılan faktörlerin bir kısmının gerçek zamanlı operasyonlarda hava sahası karmaşıklığına

sanıldığı kadar etkisinin olmadığı ve bir kısım faktörün de düşünüldüğü kadar etkili olmadığı tespit edilmiştir.

Tez çalışmasının literatüre diğer bir katkısı faktörlerin öneminin belirlenmesidir. TMA hava sahası karmaşıklığı üzerine yapılacak çalışmalara ışık tutabilecek bu çalışmada, hangi faktörün ne kadar önemli olduğu Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (ÇKKV) analizleri sonucu belirlenmiş ve ağırlıklandırılmış olan faktörler gelecekte daha karmaşık hesaplar için kullanılabilecek olup dinamik sektörizasyon aşamalarında araştırmacılara yardımcı olacaklardır.

1.4. Araştırmanın Yöntemi

Bu tez çalışmasında hava sahasındaki karmaşıklığa etki eden faktörlerin belirlenmesinde ATCo bakış açısıyla bir inceleme yapılmıştır. Bunun için ülkemiz hava sahasında ATC hizmeti veren deneyimli ATCo'ların görüşlerini almak üzere bir dizi görüşme yoluyla anket uygulanmıştır.

Araştırma iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada hava sahası karmaşıklığına etkisi olan faktörlerin ATCo'lar tarafından değerlendirilmesi ve bu faktörlerin TMA karmaşıklığında etkili bir rol oynayıp oynamadığına ilişkin görüşünü belirtmesidir. Bu aşamada APP ünitesinde çalışan ATCo'lara, literatürde şu ana kadar ortaya konulan karmaşıklık faktörlerinin hangilerinin TMA karmaşıklığına etkisi olduğu sorulmuştur. Elde edilen veriler, İçerik Geçerlilik Yöntemi (Content Validity Method, CVM) ile incelendikten sonra TMA karmaşıklığına etki eden faktörler elde edilmiştir.

Araştırmanın ikinci aşamasında, birinci aşama sonunda elde edilen faktörlerin ÇKKV yöntemlerinden birisi olan En İyi-En Kötü Yöntemi (Best-Worst Method, BWM) ile incelenmesidir. Burada ATCo'ların faktörlerin en önemlisi ve en önemsiz olanı ile diğer faktörler arasındaki önemlilik derecesi sorulmuş ve çalışma sonucunda hangi faktörün karmaşıklığa ne kadar etki ettiği bulunmuştur. Araştırmanın sonucunda hava sahası karmaşıklığı faktörlerinin ağırlıkları BWM ile belirlenmiştir.

2. ARAŞTIRMANIN TEORİK BAĞLAMI

Bu bölümde, hava sahası karmaşıklığı kavramı açıklanmış, hava sahası karmaşıklığı ve iş yükü ilgili literatür incelenmiş ve tez çalışması kapsamında kullanılacak çok kriterli karar verme yöntemleri açıklanmıştır.

2.1. Hava Sahası Karmaşıklığı

Hava trafik operasyonlarının emniyetli ve verimli bir şekilde yönetilebilmesi için hava sahasındaki karmaşıklığın minimum seviyede olması gerekmektedir. ATC üniteleri hava sahası yoğunluğuna göre sektörleri birleştirip ayırabilmektedir. Sektör, kapasitesinin üzerine ulaştığında ise hava sahasından kaynaklı olarak gecikmeler yaşanmaktadır. Sektör kapasitesi ise birçok otorite tarafından, belirli bir zamanda sektördeki hava aracı sayısı olarak değerlendirilmektedir. Bu da gerçek operasyonlarda kullanılan sektör yapısının ve kapasitesinin hesaplanmasında ATCo iş yükünden ziyade uçak sayısını referans alındığını göstermektedir [8].

Hava sahası karmaşıklığı üzerine yapılan çalışmalarda, hava sahası karmaşıklığının ölçülebilmesi için ATC iş yükünün ölçülmesi gerektiği ortaya konmuştur [9]. ATCo iş yükünü arttıran faktörlerin de hava sahasının karmaşıklığını arttırdığı düşünülmüştür. Bu yüzden ki hem hava sahası karmaşıklığı çalışmaları hem de kontrolör iş yüküne bağlı çalışmalar aynı temelden yürütülmüştür. Bu düşünce aslında şunu ifade etmektedir: Herhangi bir anda bir hava sahası ne kadar karmaşıkse ATCo iş yükü o kadar fazla, ATCo iş yükü ne kadar fazla ise hava sahası da o an için bir o kadar karmaşıktır.

Hava sahasının karmaşıklığını terimine bakılabilmesi için öncelikle bir hava sahasının diğer hava sahasından daha karmaşık olup olmadığını bilmek ve bunu ölçebilmek önemlidir. Bu ölçümü yapabildikten sonra hava sahasının karmaşık olup olmadığına karar vermek daha kolay olacaktır. Bir hava sahasındaki karmaşıklık ölçüldüğünde, hava sahasında yapılacak olan toplam iş yükünün ölçülmüş olur. Bu iş yükünü eşit olarak ATCo'lar arasında paylaştırıldığında da hava sahasında daha verimli sektörizasyonlar yapılabilir ve mevcut durumda kapasiteyi aşan trafik taleplerine cevap verebilir ve hava sahasındaki gecikmeler azaltılabilir [10]. Tablo 2.1.'de 2018-2022 yılları arasında EUROCONTROL ülkelerindeki gecikmelerin sebepleri yer almaktadır [11].

Tablo 2.1. *IFR En-route uçuşlar için gecikmeler (dakika)*

Yıl	2018	2019	2020	2021	2022
Gecikme Sebebi					
En-route ATFM	56.353.225	68.394.476	6.554.271	7.192.747	61.728.048
Kaza/Olay	4.350	1.668	0	844	3.338
ATC kapasitesi	21.159.760	29.956.821	1.541.616	2.545.011	22.173.989
De-icing	0	0	0	0	0
Ekipman (ATC hariç)	2.655	776	2.324	0	0
Ekipman (ATC dahil)	861.449	1.666.786	45.707	137.224	883.878
Hava alanı kapasitesi	21.942	19.366	6.564	10.768	60.833
Endüstriyel olaylar etkisi (ATC dahil)	3.401.718	3.303.900	2.718.228	103.584	2.295.912
Endüstriyel olaylar etkisi (ATC hariç)	3.744	3.756	576	108	0
Hava sahası yönetimi	1.576.705	1.555.254	88.509	35.342	1.405.752
Diğer	1.197.670	387.693	1.357.396	130.648	4.912.503
Özel Olay	913.101	407.430	108.938	25.860	9.817.154
ATC Rotası	30.835	1.064	64	68	1.252
ATC ekip planlaması	13.068.085	16.792.675	535.446	3.010.205	6.807.389
Çevresel sebepler	2.601	11.064	3.404	3.416	17.784
Hava olayları	14.108.610	14.286.223	145.499	1.189.669	13.348.264

Tablo 2.1.'e göre hava sahasında yaşanan gecikmeleri en çok etkileyenler; hava trafik akış yönetimi, ATC kapasitesi, endüstriyel olaylar etkisi, hava sahası yönetimi, ATC ekip planlaması, hava olayları ve diğer olarak göze çarpmaktadır. Yaşanan gecikmelerin dakika bazlı büyük bir kısmını ATCo'nun içinde olduğu gruba aittir. Yukarıdaki sebepler ayrıca birçok çalışmada hava sahası karmaşıklığının bulunmasında kullanılan faktörler olarak görünmektedir. Bu sebeple hava sahası karmaşıklığının azaltılması, gecikmeleri azaltıp hava sahasının daha verimli kullanılmasına yardımcı olabilecektir.

Yapılan çalışmalarda hava sahası karmaşıklığına etkisi olduğu ileri sürülen faktörler arasındaki önem dereceleri farklılık göstermektedir. Bir ATCo'ya göre hava sahasındaki uçak sayısı en önemli faktör iken diğer ATCo'ya göre bu faktör daha önemsiz olarak nitelendirilmektedir. Bu nedenle de hava sahasının karmaşıklığının ölçülmesi zorlaşmaktadır. Bu bireysel farklı görüşlerden dolayı, hava sahasını yöneten tüm ATCo'ların görüşü oldukça kıymetlidir. Tüm kişisel görüşlerin toplandıktan sonra incelenerek hangi faktörün daha önemli olduğuna karar verilmesi gerekmektedir.

Verilecek bu kararın da kişisel yorumdan uzak, bilimsel temelleri olan yöntemlerle ölçülmesi elzemdir. Bu noktada birden fazla KV'nin birden fazla kriteri birbiriyle kıyaslayıp bilimsel ve matematiksel modellerle sonuçlandırılabilirdiği çok kriterli karar verme yöntemlerinden faydalanmak en doğru kararı vermemizde yardımcı olacaktır.

2.2. Literatür

Literatürde hava sahası karmaşıklığı üzerine yapılmış birçok çalışma vardır. Çalışmaların temelinde karmaşıklığın ATCo iş yükü üzerinde etkisi olduğu ve karmaşıklık çözümünün de iş yükü ile değerlendirildiği görülmüştür.

ATCo'ların iş yükü hesaplanırken fiziksel iş yükünün yanı sıra bilişsel iş yükünün de ölçülmesi gerektiğini ve iş yükünün daha iyi anlaşılması için ATC stratejilerinin analizi ve karar verme aktivitelerinin izlenmesi üzerine çalışmalarını sürdüren Pawlak ve arkadaşları, ATCo iş yükü hesaplamasında; hava sahasının özel kullanımları, sektör sınırları, çakışmanın sektör sınırına yakınlığı, hava aracı yoğunluğu, ünite sayısı, tırmanan ve alçalan hava araçları, hava araçlarının hızlarındaki değişimler, hava araçlarının uçuş yönlerindeki değişimler, trafiklerin performans farklılıkları, rüzgar, muhtemel çakışma açısı, hava aracının niyetinin bilinmesi, ayırma ve koordinasyon gereklilikleri faktörlerini kullanmıştır [12].

Hava sahasındaki hem hava aracı sayısı ve hem de trafik karmaşıklığını içeren yeni bir konsept için dinamik yoğunluk kavramını ortaya çıkaran Laudeman ve arkadaşları, ATCo iş yükü metriğinin tanımının yapılmasının hava trafik yönetimindeki otomasyon ve ATC prosedürlerinin gelişiminde önemli bir rol oynadığını vurgulamıştır. Hava sahasındaki dinamik yoğunluğun ölçümü için; uçuş başı, hız değişikliği, irtifa değişikliği, hava araçları arasındaki mesafe ve çakışma tahmini ölçümü faktörlerinin kullanıldığı çalışmada verilerin analizi için ağırlıklandırılmış lineer dinamik yoğunluk fonksiyonu geliştirilmiş ve uygulanmıştır [9].

Bir sektörün karmaşıklığının sınıflandırılmasının otomatik ve nesnel bir şekilde yapılandırılması için makroskobik bir yaklaşım ortaya koyan Christien ve arkadaşları karmaşıklık faktörleri olarak; uçuş sayısı, uçuş tipi (sektöre gelen trafikler, transit trafikler), çakışma sayısı, en yoğun üç saat, trafiklerin performans farklılıkları, alçalan ve tırmanan hava araçları, ayırma gereklilikleri, akış dağılımı, kesişen rotalar, sektör sınırına yakınlık, sektörün şekli, sektörün boyutu ve sektördeki kullanılabilir uçuş seviyesi sayılarını kullanmış ve sektörlere son şeklini vermek için k-ortalamlar kümeleme (K-

means clustering) ile sınıflandırma ve kümeleme – parçalama (clustering – divisive) yöntemleri kullanmıştır [10].

Hava sahasındaki sektörlerin daha geniş alanda yapılandırılması için bir konsept olan çoklu sektör planlama (Multi Sector Planning, MSP), EUROCONTROL’de hava trafik yönetimi için geliştirilmiştir. MSP amaçlı geliştirilen ve trafik karmaşıklığını zamana ve mekâna göre analiz eden Taktiksel Yük Hafifletici (Tactical Load Smoother, TLS) sistemini Schaefer ve arkadaşları kullanmıştır. Çakışma, uçuşun aşaması, yüksek seviyedeki çakışmalar, hava sahası yapısı, hız farklılıkları, hava durumu, trafiklerin performans farklılıkları ve çağrı adı karışıklıkları faktörlerini Brüksel hava sahası için hesaplayarak dinamik bir sektörizasyon elde etmiştir [13].

Histon ve arkadaşları, hava sahasının yapısını etkileyen faktörlerin ve diğer prosedürel etkenlerin ATCo’nun bilişsel karmaşıklığında etken bir rol aldığı ve bilişsel karmaşıklığın doğrudan bir gözlem yapılamayacağından dolayı hava sahasının karmaşıklığını azaltan faktörlerin de ATCo bilişsel iş yükünü azaltacağını düşünmektedirler. Karmaşıklık faktörlerini; hava sahası faktörleri, trafik faktörleri ve operasyonel kısıtlamalar olarak üç ana gruba ayıran çalışmada karmaşıklık faktörleri; sektör şekli, uçuş seviyesi sayısı, anlaşma mektupları, hava sahasındaki yolların sayısı, rota karmaşıklığı, koordinasyon, trafik yoğunluğu, hava aracı sayısı, hava araçları arasındaki mesafe, hava araçları arasındaki hız farklılıkları, sektör sınırına yakınlık, tanımlama zorlukları, ATCo aksiyonu hassasiyeti, hava aracı performans farklılıkları, pilot kabiliyetleri, sektördeki uçuş süresi, hava aracının irtifa / uçuş başı / hız değişiklikleri, hava durumu, bekleme paternindeki hava aracı sayısı, gürültü azaltma prosedürleri ve rüzgar olarak belirlenmiştir [14].

Hava sahasındaki karmaşıklığı iki farklı aşamada inceleyen Delahaye ve arkadaşları, ilk aşamada hava araçlarının hava sahasındaki geometrik dağılımını ölçmek için hava araçlarının hızlarının ve birbiri ile olan mesafelerini ölçmek amacıyla kovaryans analizi ve hava araçlarının birbiriyle olan yakınlığını ölçmek için Koenig metriği kullanmıştır. İlk aşama sonuçlarının karmaşıklığı ölçmek ve kriterlerin tespiti için doğru sonuçlar verdiğini ancak daha karmaşık bir konu olan hava sahası için dinamik bir sistemin kurulmasının karmaşıklık açısından daha güçlü bir model olacağını savunarak ikinci adımda Kolmogorov entropi hesaplaması yaparak hava sahası karmaşıklığını hesaplamışlardır [15].

Hava sahasını 24 deniz millik altıgen parçalara bölerek her bir altıgen parçası için ATCO iş yükünü hesaplayan ve eşit bir dağılım yapmayı amaçlayan Yousefi ve Donohue, sektördeki hava aracı sayısı ve ortalama uçuş süresini yatay hareketlilik iş yükü, çakışmaları çakışma tespit ve çözüm iş yükü, hava sahaları arası koordinasyon, müsaadeler, aynı ünite içindeki koordinasyon, farklı üniteler arasındaki koordinasyonu koordinasyon iş yükü ve alçalma, tırmanmayı da irtifa değişim iş yükü olarak dört ana başlıkta toplamışlardır. Altıgen parçalarının ağırlıklarını birleştirmek ve sektörizasyonu yapabilmek için EUROCONTROL'un hızlı zamanlı simülasyonu olan Toplam Hava Sahası ve Hava alanı Modelleme Programı (Total Airspace and Airport Modeller, TAAM) kullanmışlardır [16].

Nöronlar ve nöronları bağlayan sinaptik bağları kullanan yapay sinir ağı yöntemiyle hava sahasındaki sektörizasyonu çalışan Gianazza ve Guittet, 27 faktör ile yaptığı çalışmada tüm faktörlerin önemli olduğunu ancak sektörizasyon yapılırken; hava aracı sayısı, hız farklılıkları, hava araçlarındaki seviye farklılıkları, akış ve çakışmaları içeren hesaplamanın diğer tüm faktörler ile yapılan hesaplamalara benzerlik gösterdiğini ve bu faktörlerin daha önemli olduğunu vurgulamışlardır [17].

Komşu sektörlerdeki iş yükünü azaltmayı amaçlayan Felener ve arkadaşları, karmaşıklığı azaltmak için henüz kalkışını gerçekleştirmemiş hava araçlarının kalkış zamanının ve havadaki hava araçların hızlarının değiştirilerek veya belirli noktalarda irtifa değişikliği yaparak yaklaşma zamanlarının değiştirilmesi çözümü ile önemli ölçüde karmaşıklığın azaldığını ve sektörler arasındaki dengenin sağlandığını görmüşlerdir [18].

52 farklı faktörün ölçümünü gerçek zamanlı simülasyonda yapan Kopardekar ve arkadaşları, birden ona kadar karmaşıklık seviyesi oluşturmuş ve gerçek zamanlı simülasyonda gözlemler yapmışlardır. Hava aracı sayısına dayalı model ve karmaşıklığa dayalı modeli kıyaslandığı çalışmada, hava sahasındaki hava aracı sayısının maksimum sayıya ulaştığındaki eşik olan izleme uyarı parametresi'nin (Monitor Alert Parameter, MAP) aşıldığı durumlarda dahi ATCo'ların bir çakışma yaşatmadığı ancak karmaşıklığa dayalı modelin gösterdiği karmaşıklık katsayısı arttıkça hava sahasında çakışmaların arttığı gözlemlenmiştir. Buradan hava sahası karmaşıklığının uçak sayısından ziyade, hava sahası karmaşıklığı kavramı tartışılırken tüm faktörlerin değerlendirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır [19].

Hava araçlarının rotalarını değiştirerek hava sahasındaki karmaşıklığı tüm hava sahasına dağıtan Bradizlova ve arkadaşları, karmaşıklığı hava sahasına dört boyutlu dağıtarak (x, y, z ve zaman) tüm sektörlerde eşit bir iş yükü oluşturmayı amaçlamışlardır [20].

Prandini ve arkadaşları 2012 yılında yaptığı çalışmada çakışmaları ve rota optimizasyonu ile dört boyutlu uzayda karmaşıklığı azaltmayı amaçlamışlardır [21].

Hava sahası karmaşıklığını ölçmek için tüm faktörler yerine önemli kritik faktörlerin hesaplanmasını savunan ve analizlerini yapan Xiao ve arkadaşları, 28 faktör ile karmaşıklık ölçümü yapmış ve hava sahası karmaşıklığına en çok etki eden faktörleri genetik algoritma ile tespit etmişlerdir. Genetik algoritmaya dayalı seçimde; hava sahasını boyutu, hava aracı sayısı, gelecek beş dakika içindeki akışın dağılımı, hava araçları arasındaki hız farklılıkları, hava araçlarının rotaları arasındaki potansiyel kesişim sayısı, irtifalar arasındaki yakınlık ve bir hava aracının diğer hava aracına hızlı bir şekilde yaklaşması faktörleri seçilmiş ve karmaşıklığı değerlendirmek için sentetik bir model oluşturulmuştur [22].

Ağırlıklı ağ yöntemi kullanan Wang ve arkadaşları, istatistiksel analiz sonucunda hava sahasındaki karmaşıklığı arttıran faktörler olarak; hava aracı sayısı, hava araçları arasındaki muhtemel çakışmalar, hava araçlarının rotalarındaki hız, uçuş başı, irtifa değişiklikleri ve hava sahasına hava araçların kabul oranını görmüşlerdir [23].

Tablo 2.2.'de literatürde ATC karmaşık faktörlerini ele alan çalışmaların bir özeti sunulmuştur.

Tablo 2.2. *Literatürdeki çalışmalar.*

Faktörler	Literatürdeki Çalışmalar
En Yoğun Saatler	Christien vd., 2002
Çakışmalar	Pawlak vd., 1996 Christien vd., 2002 Schaefer vd., 2002 Yousefi ve Donohue, 2004 Boag vd., 2006 Kopardekar vd., 2008
Çağrı Adı Karışıklığı	Schaefer vd., 2002

Tablo 2.2. (Devam) Literatürdeki çalışmalar

Faktörler	Literatürdeki Çalışmalar
İki Yönlü Radyo Telsiz İletişiminin Yoğunluğu	Histon, 2002 Kopardekar vd., 2008
Koordinasyon	Pawlak vd., 1996 Yousefi ve Donohue, 2004
Trafiklerin Sektör Sınırına Yakınlığı	Pawlak vd., 1996 Histon, 2002 Flener vd., 2007 Kopardekar vd., 2008
Uçuş Başındaki Değişimler	Pawlak vd., 1996, Sridhar vd., 1998 Laudeman vd., 1998
Trafik Sayısı	Histon, 2002 Delahaye vd., 2002 Christien vd., 2002 Gianazza ve Guittet, 2006 Flener vd., 2007

2.3. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Günlük yaşantımızda hayatımızı etkileyen birçok kararlar veririz. Birbirinden bağımsız olarak görünen bu kararlar aslında günün sonunda verdiğimiz ilk kararın sonuçları ile ilişkili olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü verdiğimiz ilk karar, vereceğimiz ikinci kararın ortaya çıkış durumunu oluşturmakta ve bu kararlar yeni süreçleri doğurmaktadır. Karar verici (KV) olarak nitelendirdiğimiz karar veren kişiler, bu kararları verirken bazen basit kararlar bazen de karmaşık kararlar vermek zorunda kalabilirler. Birden çok seçeneğin olduğu ve bunlardan birinin veya birkaçının seçilmesi gerektiği durumlarda, kararsızlıklar yaşanabilmektedir. Bu kararsızlık durumunda karar vermemiz için de KV'nin hangi kararı neden verdiğini bilmesi ve sonuçlarını sorgulaması gerekmektedir. Nihayetinde verilen kararın doğru olup olmadığı kişiden kişiye değişmekte ve kararın doğruluğu tartışmaya açık hale gelebilmektedir.

Birden çok kriterin bulunduğu zorlu seçimlerde bireylerin veya toplulukların karar vermesini daha kolaylaştırması ve doğru kararlar vermesini sağlamak adına ÇKKV yöntemleri geliştirilmiştir. Zorlu seçimlerde birden çok kriterin bulunması ve KV'nin tüm bu kriterlere bakarak karar vermekte zorlandığı durumlar ortaya çıkabilmektedir. ÇKKV yöntemleri, ortaya konan kriterlerin birbirleriyle kıyaslanması ve bu kıyaslama sonucunda KV'ye hangi kriterin daha önemli olduğunu sayısal bir değer olarak vermesi KV'nin daha doğru kararlar vermesine olanak sağlamaktadır. KV, karar verme sürecinde ÇKKV yöntemlerinden hangisini kullanacağına problemin yapısına göre karar vermelidir [24].

2.3.1. İçerik geçerlilik yöntemi (CVM)

Karar verme süreçlerinde alanında uzman birden fazla KV'ye başvurulabilir. Bir kriter bir KV için önemli görünürken diğer bir KV için bu kriter önemsiz görülebilir. Bu gibi durumlarda nihai sonuçları oluşturmak güç duruma düşebilir. Bunun önüne geçebilmek için 1975 yılında Lawshe tarafından içerik geçerlilik yöntemi geliştirilmiştir [25]. Bu yöntemde KV'den, belirlenen faktörlerin ilgili iş için öneminin derecelendirildiği üç seçenektan birisini seçerek yanıtlanması istenir. Lawshe'nin içerik geçerlilik yöntemi KV'lere şu soruyu sormaktadır:

Ölçülen bu faktör/bilgi/beceri işin performansı açısından;

- Önemlidir,
- Kullanışlı ama önemli değildir,
- Önemsizdir.

Daha sonra KV'lerden tüm maddeler için cevaplar alınır. Alınan bu cevaplarda her bir madde için “önemli” olarak seçen KV'lerin sayısı hesaplanır. Elde edilen verilerden Lawshe tarafından tasarlanan İçerik Geçerlilik Oranı (Content Validity Ratio, CVR) denklemi ile hesaplanır.

$$CVR = \frac{Ne - \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}} \quad (2.1)$$

Denklemden kullanılan Ne KV'ler tarafından ilgili madde için “önemli” olarak verilen cevapların toplamını ve N toplam KV sayısını ifade etmektedir. Her bir madde için CVR hesaplandıktan sonra minimum içerik geçerlilik oranları (Tablo 2.3.) ile

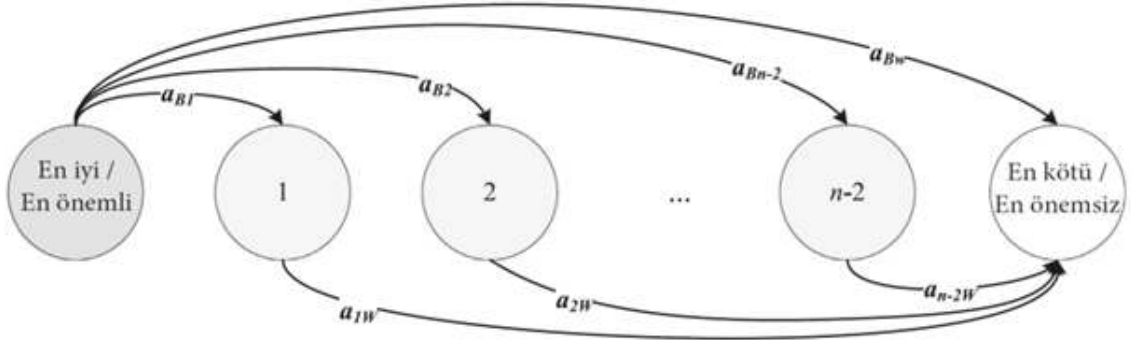
karşılaştırılır. CVR değeri, bu minimum değerleri aşan yani içerik geçerliliği kabul gören maddeler çalışmanın bir sonraki adımına alınır.

Tablo 2.3. *Lawshe minimum içerik geçerliği oranları [25].*

Karar verici (uzman) sayısı	Minimum değer
5	0,99
6	0,99
7	0,99
8	0,75
9	0,78
10	0,62
11	0,59
12	0,56
13	0,54
14	0,51
15	0,49
20	0,42
25	0,37
30	0,33
35	0,31
40	0,29

2.3.2. En iyi-en kötü yöntemi (BWM)

Birden fazla kriterin kıyaslanması gerektiği durumlarda, en önemli ve en önemsiz kriteri belirlemek çoğu zaman çok zor olmamaktadır. Ancak söz konusu kıyaslamanın derinliklerine girildiğinde tüm kriterlerin birbiriyle kıyaslanması sonucunda tutarsız veriler elde edilebilmekte ve karar verme süreci yavaşlayabilmektedir. Kriterler arasında kıyaslama yapabilmek ve hangi kriterin daha önemli olduğunu bulabilmek için ÇKKV yöntemlerinin kullanılması daha doğru sonuçları elde etmemizde yardımcı olabilecektir. Rezaei tarafından geliştirilen BWM yöntemi [26,27] diğer ÇKKV yöntemlerine kıyasla daha az ikili karşılaştırma yaptığı ve ikili karşılaştırma sisteminin yapısının verilerinin daha güvenilir olduğundan bu çalışmada tercih edilmiştir [28]. ÇKKV yöntemlerinden birisi olan en iyi en kötü yöntemi, diğer ÇKKV yöntemlerinin aksine tüm kriterleri birbiriyle kıyaslamanın yerine, KV tarafından seçilen en iyi (en önemli) kriterin diğer tüm kriterler ile ve diğer tüm kriterlerin yine KV tarafından seçilen en kötü (en önemsiz) kriter ile kıyaslanması prensibine dayanmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. BWM referans karşılaştırma [26].

2.3.2.1. En iyi-En kötü yöntemi adımları

BWM ile kriterler arası kıyaslama yapılırken aşağıdaki adımlar uygulanır [26].

Adım 1. Kriterlerin belirlenmesi.

Bu adımda BWM’de kullanılacak kriterlerin belirlenmesi gerekmektedir:

$$\text{Kriterler: } \{C_1, C_2, \dots, C_n\} \quad (2.2)$$

Yukarıdaki ifadede; C_1 birinci kriteri, C_2 ikinci kriteri ve C_n n. kriteri temsil etmektedir. Birinci adımın görselleştirilmiş hali Şekil 2.2. deki gibidir.



Şekil 2.2. BWM Adım 1 görselleştirmesi

Adım 2. En iyi ve en kötü kriterlerin belirlenmesi.

Bu adımda KV, kriterler arasından kendince en önemli ve en önemsiz kriteri seçer. İkinci adımın görselleştirilmiş hali Şekil 2.3. deki gibidir



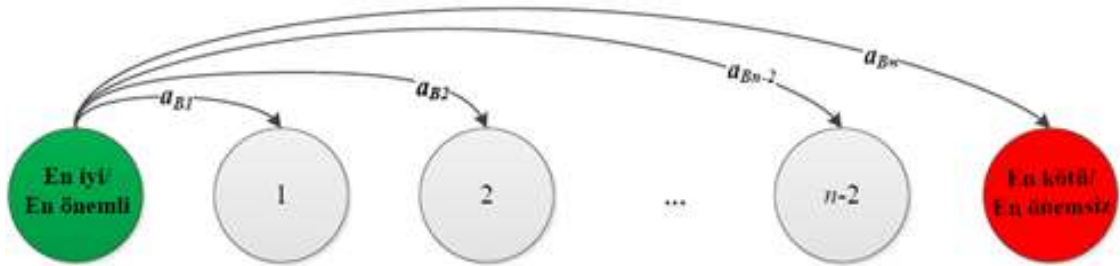
Şekil 2.3. BWM Adım 2 görselleştirmesi

Adım 3. En iyi kriterin diğer tüm kriterlere göre kıyaslanması.

Bu adımda KV, Adım 2’de seçilen en önemli kriter ile diğer tüm kriter arasında önem derecesi ölçeğine göre kıyaslama yapar (Tablo 2.4.). Bu kıyaslama sonucunda A_B vektörü oluşur. Oluşan A_B vektörü aşağıdaki gibidir. B harfi burada “best” kelimesini temsil eder.

$$A_B: \{a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn-2}\} \quad (2.3)$$

a_{Bj} en önemli kriterin j. kritere göre önem derecesini göstermektedir. Bu kapsamda yukarıdaki ifadede; a_{B1} en önemli kriterin 1. kritere göre önem derecesini, a_{B2} en önemli kriterin ikinci kritere göre önem derecesini ve a_{Bn-2} en önemli kriterin n-2. kritere göre önem derecesini temsil etmektedir. Üçüncü adımın görselleştirilmiş hali Şekil 2.4. deki gibidir.



Şekil 2.4. BWM Adım 3 görselleştirmesi

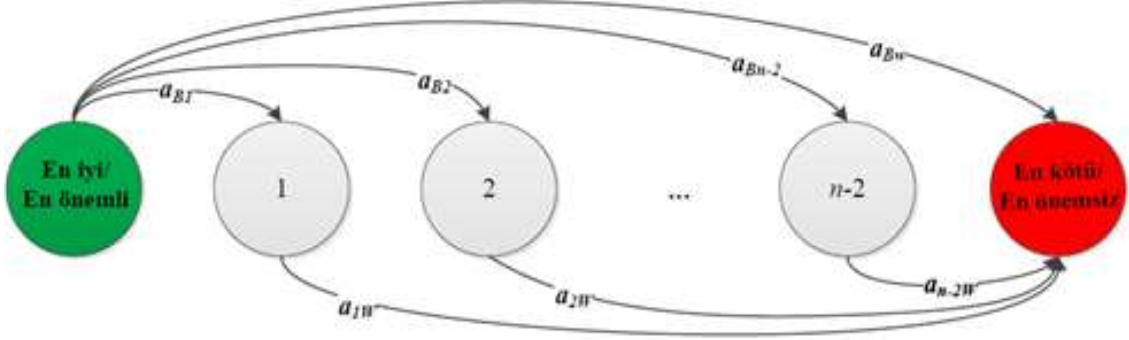
Adım 4. Tüm kriterlerin en önemsiz kritere göre kıyaslanması

Bu adımda KV, tüm kriterler ile Adım 2’de seçilen en önemsiz kriter arasında önem derecesi ölçeğine göre kıyaslama yapar. (Tablo 2.4.) Bu kıyaslama sonucunda A_W vektörü oluşur. Oluşan A_W vektörü aşağıdaki gibidir. W harfi burada “worst” kelimesini temsil eder.

$$A_W: \{a_{1W}, a_{2W}, \dots, a_{n-2W}\} \quad (2.4)$$

a_{jW} j. kriterin en önemsiz kritere göre önem derecesini göstermektedir. Bu kapsamda yukarıdaki ifadede; a_{1W} 1. kriterin en önemsiz kritere göre önem derecesini, a_{2W} 2. kriterin en önemsiz kritere göre önem derecesini ve a_{n-2W} n-2. kriterin en

önemsiz kritere göre önem derecesini temsil etmektedir. Dördüncü adımın görselleştirilmiş hali Şekil 2.5. deki gibidir.



Şekil 2.5. BWM Adım 4 görselleştirmesi

Tablo 2.4. Önem derecesi ölçeği [29].

Düzyey	Anlamı
1	Eşit önemli
2	Eşit ve orta derecede önemli arasında
3	Orta derecede önemli
4	Orta ve kuvvetli derecede önemli arasında
5	Kuvvetli derecede önemli
6	Kuvvetli ve çok kuvvetli derecede önemli arasında
7	Çok kuvvetli derecede önemli
8	Çok kuvvetli ve kesin önemli arasında
9	Kesin önemli

Adım 5. Kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi.

Bu adımda kriterlerin optimal ağırlıkları ($w_1^*, w_2^*, w_3^*, \dots, w_n^*$) belirlenir. Optimal ağırlıkların belirlenebilmesi amacıyla, tüm j değerlerindeki farkların minimize edildiği $\{|w_B - a_{Bj}w_j|, |w_j - a_{jW}w_W|\}$ bir model oluşturulmalıdır. Bu model:

$$\min \max_j: \{|w_B - a_{Bj}w_j|, |w_j - a_{jW}w_W|\} \quad (2.5)$$

Kısıtlar:

$$\sum_j w_j = 1 \quad (2.6)$$

$$W_j \geq 0 \quad (2.7)$$

Sonrasında denklem, doğrusal programlama modeline aktarılmalıdır:

$$\min \xi^L \quad (2.8)$$

Kısıtlar:

$$\left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right| \leq \xi, \text{ tüm } j\text{'ler için} \quad (2.9)$$

$$\left| \frac{w_j}{w_w} - a_{jw} \right| \leq \xi, \text{ tüm } j\text{'ler için} \quad (2.10)$$

$$\sum_j w_j = 1, \text{ tüm } j\text{'ler için} \quad (2.11)$$

$$W_j \geq 0, \text{ tüm } j\text{'ler için} \quad (2.12)$$

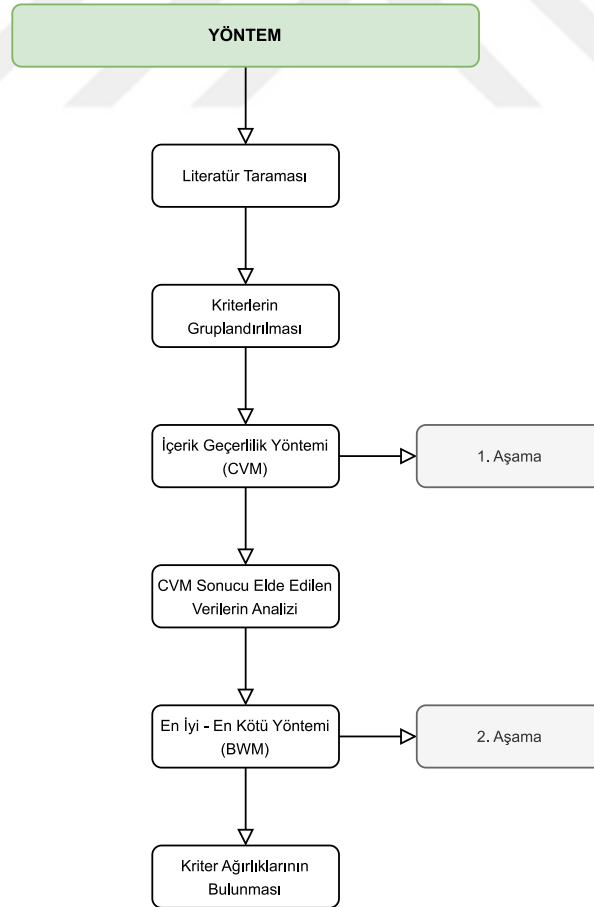
Doğrusal programlama modeli çözümü ile optimal ağırlıklar olan $(w_1^*, w_2^*, w_3^*, \dots, w_n^*)$ ve tutarlılık oranı olan ξ değeri elde edilmektedir.

3. VERİLERİN TOPLANMASI SÜRECİ

Tezin bu bölümünde araştırma modeli belirtilmiş, araştırmanın yapıldığı Türkiye hava sahası ve İstanbul TMA hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca katılımcı gruplarının belirlenmesi, veri toplama amaçlı kullanılan anket formlarının oluşturulması ve verilerin toplanmasına yönelik hususlara değinilmiştir.

3.1. Araştırma Modeli

Bu araştırmada hava sahası karmaşıklığına etki eden faktörlerin ortaya konulması ve bu faktörleri içeren bir hava sahası karmaşıklığı ölçüm modeli önerisinin sunulması hedeflenmektedir. Bu doğrultuda, ATC'lerin hava sahası karmaşıklığına etki ettiğini düşündüğü faktörler analiz edilecek ve bu analiz sonucunda hava sahası karmaşıklığına etki eden faktörlerin ağırlıkları ortaya konacaktır. Verilerin toplanması ve yorumlanması aşamasında nicel yöntemlere başvurulmuştur. Araştırma sürecine ilişkin akış şeması Şekil 3.1.'de yer almaktadır.



Şekil 3.1. Araştırmada kullanılan akış şeması

3.2. Türkiye Hava Sahası ve İstanbul TMA

Türkiye hava sahasında 2018 yılında 2.017.220, 2019 yılında 2.034.430, 2020 yılında 1.055.168 ve 2021 yılında 1.466.860 toplam uçuş gerçekleştirilmiştir [30]. 75.245 kilometre kontrollü uçuş rotası ve 986.286 metrekare kontrollü hava sahası ile ATC hizmeti sağlayan Türkiye, hava sahasında Avrupa, Asya ve Orta Doğu arasındaki batı-doğu ve kuzey-güney yönlü hava trafik akışının gerçekleştirildiği önemli ve büyük bir hava sahasına sahiptir [31]. Türkiye hava sahası 2018-2021 yıllarına ait trafik sayıları Tablo 3.1.'de listelenmiştir [30].

Tablo 3.1. *Türkiye'deki Trafik Sayısı*

Yıllar	2018	2019	2020	2021
İç hat uçak trafiği	892.405	839.894	572.994	738.352
Dış hat uçak trafiği	651.764	716.523	280.756	466.266
Overflight uçak trafiği	473.051	478.013	201.418	262.242

Türkiye'de 2021 yılında, 2020 yılına kıyasla hem Covid-19 etkilerinin azalması hem de bu kapsamda alınan önlemlerin azaltılmasıyla trafik sayısı %39 oranında artmıştır. Avrupa'da günlük ortalama hareket sayısı bakımından İstanbul Havalimanı en yoğun ikinci, İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı yedinci ve Antalya Havalimanı on ikinci olmuştur. Ayrıca bu üç havalimanı Avrupa hava sahasında bulunan havalimanları arasında geliş trafikleri için ATFM gecikmelerinin yaşandığı en yoğun otuz meydan içinde yer almaktadır [31]. 2022 yılında da trafik sayısı bakımından Türkiye'de en çok trafik; İstanbul Havalimanı, İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı ve Antalya Havalimanı'nda gerçekleşmiştir [32].

İstanbul TMA bünyesinde; 7 adet hem sivil hem askeri (LTFM, LTFJ, LTBA, LTBW, LTBU, LTBR ve LTBP), 3 adet askeri (LTBX, LTBG ve LTBP) hava alanına ATC hizmeti verilmektedir. Ayrıca 24 adet eğitim sahası, 2 adet MTMA ve birçok yasaklı/ tahditli saha içeren hava sahasında Toplama Noktası Sistemi (PMS) kullanılmaktadır [33]. Sahip olduğu saha sınırları ile Avrupa'nın en yoğun hava alanlarından ikisini barındıran İstanbul TMA içerisindeki sivil hava alanlarının 2018-2022 yıllarına ait trafik sayısı Tablo 3.2.'de listelenmiştir [32].

Tablo 3.2. *Sivil Hava Alanları Uçak Trafik Sayısı*

Hava Alanları	2018	2019	2020	2021	2022
İstanbul Atatürk (LTBA)	464.646	138.279	37.468	41.032	28.272
İstanbul (LTFM)	775	329.900	185.424	279.509	425.852
İstanbul Sabiha Gökçen (LTFJ)	232.275	235.717	126.310	181.333	200.233
Tekirdağ Çorlu Atatürk (LTBU)	22.906	29.106	20.820	24.783	24.897
Bursa Yenişehir (LTBR)	5.207	6.299	11.136	15.522	18.373
Kocaeli Cengiz Topel (LTBQ)	2.100	1.352	1.503	1.683	1.734

2021 yılında Türkiye hava sahasından kalkış yapan veya Türkiye hava sahasına iniş yapacak trafiklerin yaklaşık %45'i İstanbul TMA içindeki havaalanlarından birine operasyon düzenlemektedir. İstanbul TMA içerisindeki havaalanlarına iniş veya bu havaalanlarından kalkış yapan trafiklerin ise yaklaşık %94'ü İstanbul ilindeki havaalanlarından birine iniş/kalkış yapmıştır. Türkiye hava sahası içerisindeki iniş ve kalkışların yaklaşık %42'si İstanbul iline olduğu düşünüldüğünde İstanbul TMA'nın diğer TMA ve sektörlerle kıyasla daha yoğun olduğu görülmektedir.

3.3. Veri Toplama Araçları

Araştırma kapsamında veri toplama aracı olarak anket yöntemi kullanılmıştır. Araştırma için iki farklı anket oluşturulmuş olup ikinci anket birinci anketin cevaplarına göre oluşturulmuştur. İlk olarak literatürde hava sahası karmaşıklığını etkileyen faktörler araştırmacılar tarafından derlenip listelenmiştir. Bu derleme ardından Hava Sahası Karmaşıklığını Etkileyen Faktörler Değerlendirme Anketi (EK 1) oluşturulmuştur. Birinci anket çalışması sonrasında ATCo görüşleriyle elde edilen hava sahası karmaşıklığı faktörleri ışığında Hava Sahası Karmaşıklığını Etkileyen Faktörlerin Ağırlıklandırılması Anketi (EK 2) oluşturulmuştur.

3.4. Katılımcı Gruplarının Belirlenmesi

Araştırma iki farklı aşamada yer alan iki farklı çalışma grubundan oluşmaktadır. Çalışma gruplarının tamamı İstanbul Atatürk Havalimanı Yaklaşma Kontrol ünitesinde yer alan ATCo'lardan oluşmaktadır. Araştırma kapsamında ATCo'ların sadece mesleki tecrübelerinden faydalanılmış olup herhangi bir yaş veya cinsiyet kısıtına gidilmemiştir.

3.4.1. Çalışma Grubu I

Birinci çalışma grubu İstanbul Atatürk Havalimanı Yaklaşma Kontrol ünitesinde çalışan, minimum üç yıl tecrübeli 40 ATCo'dan oluşmaktadır. Verilerin toplanabilmesi amacıyla bu katılımcı grubundan literatürdeki hava sahası karmaşıklığına sebep olan ve iş yükünü arttıran faktörler esas alınarak internet ortamında Hava Sahası Karmaşıklığını Etkileyen Faktörler Değerlendirme Anketi (EK 1) aracılığıyla veri toplanmıştır. Tablo 3.3.'te araştırmaya katılan birinci çalışma grubunun mesleki tecrübelerine yer verilmiştir.

Tablo 3.3. *Çalışma grubu I mesleki tecrübesi*

Mesleki Tecrübe (Yıl)	Kişi Sayısı
3-5	12
6-10	11
11-15	9
16-20	6
21+	2

3.4.2. Çalışma Grubu II

Çalışmanın kısıtlarından birisi olan ATC hizmetinin yoğun iş yükü, ikinci çalışma grubunun oluşturulma sürecini de etkilemiştir. Literatürdeki benzer çalışmalar incelenmiş ve katılımcı gruplarında yer alan kişi sayısı, çalışmanın kısıtlılıkları da göz önünde bulundurularak oluşturulmuştur. Bu kapsamda ikinci çalışma grubu İstanbul Atatürk Havalimanı Yaklaşma Kontrol ünitesinde çalışan, minimum 10 yıl tecrübeli 20 ATCo'dan oluşmaktadır. Verilerin toplanabilmesi amacıyla birinci çalışma grubundan toplanan veriler analiz edilmiş ve elde edilen sonuçlar esas alınarak ikinci katılımcı grubundan, yüz yüze ve internet ortamında Hava Sahası Karmaşıklığını Etkileyen Faktörlerin Ağırlıklandırılması Anketi (EK 2) aracılığıyla veri toplanmıştır. İkinci çalışma grubunda yer alan 20 katılımcı aynı zamanda birinci çalışma grubunda da yer almaktadır. Tablo 3.4.'te araştırmaya katılan ikinci çalışma grubunun mesleki tecrübelerine yer verilmiştir.

Tablo 3.4. *Çalışma grubu II mesleki tecrübesi*

Mesleki Tecrübe (Yıl)	Kişi Sayısı
10-14	6
15-19	7
20-24	3
25+	4

3.5. Verilerin Toplanması

Araştırmanın ilk aşamasında hava sahası karmaşıklığına etki eden faktörleri belirleyebilmek amacıyla Çalışma Grubu I'deki ATCo'lara birincil verilerin toplanabilmesi adına 52 sorudan oluşan “Hava Sahası Karmaşıklığını Etkileyen Faktörler Değerlendirme Anketi” uygulanmıştır. Hazırlanan anketin ilk 2 sorusu kişisel bilgilere ilişkin sorulardan ve diğer 50 sorunun hava sahası karmaşıklığına ilişkin sorulardan oluşmaktadır. Veriler Eskişehir Teknik Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu 27/01/2023 Tarihli 1/1 Sayılı Etik Kurul Kararı (EK 3) sonrasında internet ortamında toplanmıştır.

Araştırmanın ikinci aşamasında karmaşıklığı etkileyen faktörlerin etkisini tespit etmek amacıyla “Hava Sahası Karmaşıklığını Etkileyen Faktörler Değerlendirme Anketi”nden elde edilen veriler ışığında “Hava Sahası Karmaşıklığını Etkileyen Faktörlerin Ağırlıklandırılması Anketi” tasarlanmıştır. Hazırlanan anket kişisel bilgileri içeren 2 soru, hava sahası karmaşıklığına ilişkin 100 adet sorudan oluşmakta ve Çalışma Grubu II'deki ATCo'lar ile görüşme tekniği kullanılarak uygulanmıştır. Katılımcılardan anket sorularına Saaty tarafından önerilen 1-9 karşılaştırma ölçeğini kullanarak cevap vermeleri istenmiştir [34]. Anket çalışması kapsamında 12 anket verisi yüz yüze 8 anket verisi de internet ortamında toplanmıştır. Çalışma grubunun değerlendirmelerini daha doğru yapabilmeleri açısından her bir katılımcıya uygulanan yöntem hakkında bilgi verilmiştir. Araştırma kapsamında yapılan anket çalışması her bir katılımcı için yaklaşık 35 dakika sürmüştür.

4. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ANALİZİ

Araştırmanın bu bölümünde anket verilerinin analizinden elde edilen sonuçlara yer verilmiştir. Bu kapsamda ilk olarak hava sahası karmaşıklığına etki eden faktörler açıklanmış, sonrasında faktörlerin karmaşıklık yaratıp yaratmadığına yönelik sonuçlar İçerik Geçerlilik Yöntemi Sonuçları başlığı altında, daha sonrasında ise bu faktörlerin karmaşıklığa ne kadar etki ettiğine ilişkin kriter ağırlıkları sonuçları En İyi-En Kötü Yöntemi Sonuçları başlığı altında sırasıyla ele alınmıştır.

4.1. Hava Sahası Karmaşıklığı Kriterleri

Hava sahasının karmaşıklığının belirlenmesi aşamasında literatürdeki faktörler göz önünde bulundurulmuştur. Bu doğrultuda dokuz ana kriter belirlenmiştir. Belirlenen dokuz ana kriter; Hava Sahası, Çakışmalar, Koordinasyon ve Radyo İletişim, Hava Sahasına Giren ve Hava Sahasından Çıkan Uçuşlar, Akış Organizasyonu, Ekip, Trafik Yoğunluğu, Trafik Farklılıkları ve Hava Durumu olmak üzere gruplandırılmıştır. Hava Sahası ana kriteri altında yedi alt kriter, Çakışmalar ana kriteri altında beş alt kriter, Koordinasyon ve Radyo İletişim ana kriteri altında dört alt kriter, Hava Sahasına Giren ve Hava Sahasından Çıkan Uçuşlar ana kriteri altında on alt kriter, Akış Organizasyonu ana kriteri altında yedi alt kriter, Ekip ana kriteri altında iki alt kriter, Trafik Yoğunluğu ana kriteri altında dokuz alt kriter, Trafik Farklılıkları ana kriteri altında dört alt kriter ve Hava Durumu ana kriteri altında iki alt kriter yer almaktadır.

4.1.1. Hava sahası yapısına ilişkin karmaşıklık kriterleri

Hava sahası ana kriteri altında; Hava Sahasındaki Havaalanı Sayısı, Sektöre Giriş/Çıkış Noktası Sayısı, Tahditli/ Yasaklı/ Tehlikeli Saha Varlığı veya Yakınlığı, Sektör Boyutları, Sektör Şekli, Ekipman Durumu/Kullanımı ve Ayırmalar, Sıralamalar, Usuller vb. Kurallar Bütünü olmak üzere altı adet alt kriter bulunmaktadır.

Hava sahasındaki havaalanı sayısı

Bir hava sahasında hizmet verilen havaalanı sayısının artması hava sahasında verilen hizmetin şeklinde değişiklik yaratabilir. Örneğin Türkiye'nin en yoğun iki meydanı olan İstanbul Havalimanı ve İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı'na hizmet veren İstanbul Yaklaşma biriminde, ATC hizmeti verilirken bir hava alanının inişi ve kalkışı diğer hava alanının inişi, kalkışı ve kullanılan pisti etkilemekte, yapılan koordinasyonu arttırmakta, hava sahasının kullanımını kısıtlayabilmektedir.

Sektöre giriş/ çıkış noktası sayısı

Hava araçları hava sahasına birden çok noktadan giriş yapabilir veya hava sahasını birden çok noktadan terk edebilir. Hava sahasındaki hava araçları bir hava alanına ineceği veya bir hava alanından kalkacağı düşünüldüğünde giriş noktasının artması hava sahasına giriş noktalarında farklılık yaratacak ve ATCo'lar sıralama ve ayırma yapmak için çeşitli noktalara da odaklanmaları gerekecektir. Aynı şekilde hava sahasındaki sektörden çıkış yapılan devir noktalarının sayısının artması ATCo'ların ayırmalarını kolaylaştırabileceği ve iş yükünü azaltabileceği gibi odak noktasının genişlemesine sebep olacağından iş yükünün artmasına da sebep olabilir.

Tahditli/ yasaklı/ tehlikeli saha varlığı veya yakınlığı

Hava sahasındaki tahditli, yasaklı ve/veya tehlikeli bir sahanın varlığı hava sahasının kullanımını kısıtlayabileceği için ATCo'ların hava araçları ayırması ve sıralaması için kullanabileceği muhtemel çözüm sayısını azaltmakta, ilgili hava sahasını kullanan birimler ile olan koordinasyonu arttırmaktadır.

Sektör boyutları

Kullanılan hava sahasının boyutu arttıkça ilerleyen zamanlarda olması muhtemel çakışmaların çözümü için ATCo'ların çözüm süresi açısından avantajıdır. Boyut artınca çakışmalar, muhtemel çakışma zamanından çok daha önce önlenabilir, hava aracı pilotu tarafından istenen talepler daha rahat karşılayabileceğinden verilen ATC hizmetinin kalitesi artabilir, hava araçlarının sürekli alçalma ve sürekli tırmanma dediğimiz en çok arzu edilen uçuş profilinin gerçekleşmesi sağlanabilir. Ancak sektör boyutu arttığında trafik sayısında da bir artış meydana gelebilir. Yoğun hava sahalarında sektör boyutlarının büyük olması pek mümkün değildir.

Sektör boyutları küçüldükçe ise ATCo'ların muhtemel çözümleri azalmakta, ayırma ve sıralama için hava aracı pilotu tarafından arzu edilemeyebilecek çözümlere gidilebilmektedir. Ayrıca görece daha küçük bir alanda hava trafiğini yönetmek hava araçları arasındaki ayırmanın sürekli sağlanmasını da gerektiren durumda iş yükünü arttırabilmektedir.

Sektör şekli

Hava sahasının şeklinin, içerisinde gerçekleştirilen operasyona uygun olması gerekmektedir. Örneğin İstanbul TMA gibi bir sahada sektörlerin şeklinin hem havaalanlarına iniş hem de havaalanlarından kalkış yapan hava araçları için gerekli

prosedürlere uygun olması hava trafik yönetimini kolaylaştırabilecektir. Aksi taktirde ATC hizmeti verildiği sırada hava sahasında taşmalar meydana gelebilir ve bundan kaynaklı koordinasyon iş yükü artabilir. Ayrıca sektör sınırına yaklaşan veya sektör sınırını geçmiş kontrolü altındaki bir hava aracı için ATCo'nun stres seviyesinde artış meydana gelebilir.

Ekipman durumu/ kullanımı

Hava sahasının yönetimi için haiz olan gerek seyrüsefer yardımcı cihazları gerekse de AMAN DMAN gibi hava trafik yönetiminde yardımcı ekipmanların kullanımı hava sahası karmaşıklığını azaltabilecek olumlu bir faktör olabilir. Ayrıca radar e telsiz kapsama alanı ve bunun güvenilirliğinin devamlılığı ATCo'ların daha keskin kararlar vermesine olanak sağlayabilir.

Ayrırmalar, sıralamalar, usuller vb. kurallar bütünü

Hava alanlarına iniş ve hava alanlarından kalkış trafiğini yönetmek için tasarlanmış TMA'larda, uluslararası standartlar ve lokal uygulamalar bulunmaktadır. Bu lokal uygulamalar ve kurallar hava sahasındaki iş yükünü arttırabileceği gibi aynı zamanda azaltabilmesi mümkündür. Havaalanına iniş yapacak hava araçlarının sıralamasının sağlanması uçak tipi, geliş rotaları, hava araçları performansları dikkate alındığında zorlu bir süreçtir. Ayrıca sıralanmış trafiklerde ayırma kaybının yaşanmaması adına sürekli bu trafiklerin takip edilmesi de iş yükünü arttırabilmektedir.

4.1.2. Çakışmalara ilişkin karmaşıklık kriterleri

Çakışmalar ana kriteri altında; Yolların Ortalama Birleşim Açısı, Aynı Rotada Birleşme/Kesişme/Hotspot Sayısı, Karşılıklı Rotada Birleşme/Kesişme/Hotspot Sayısı, Karşılıklı Rotada Birleşme/Kesişme/Hotspot Sayısı ve Trafiklerin Devrinden Sonra Kesişme Noktasına Kadar Geçen Toplam Süre olmak üzere beş alt kriter bulunmaktadır. ATCo'ların temel görevi sorumlulukları altındaki sahada hava araçlarının çakışmasını önlemek olduğundan ve çakışma ile sonuçlanacak kararların geri dönüşü olamayacağından bu ana kriter oldukça önem arz etmektedir.

Yolların ortalama birleşim açısı

Hava sahasında tahsis edilmiş yolların birleşim açısı, bu yolları kullanan hava araçları arasındaki ayırmanın tipini değiştirebileceğinden ve yolların birleşim açısı

azaldığı zaman da dar alanda daha fazla hava aracının yönetilmesi gerekebileceğinden değişkenin de hava sahası karmaşıklığına etki edebileceği düşünülmektedir.

Aynı rotada birleşme/kesişme/hotspot sayısı

Açısal fark 45 dereceden az olan ya da 315 dereceden fazla olan aynı veya kesişen yöndeki rotalardan oluşan aynı rotada, birleşme/kesişme/hotspot sayıları arttıkça hava araçları arasındaki ayırmaların da bu kapsamda yapılması gerekmektedir.

Kesişen rotalarda birleşme/kesişme/hotspot sayısı

Aynı ve karşılıklı rotaların dışında kalan yerleri kapsayan kesişen rotalardaki birleşme/kesişme/hotspot sayıları aynı rotadaki ve karşılıklı rotalardaki kesişmeden ziyade daha zor görülebilen bir kesişme şekli (ilgili kesişme korelasyonunun zor kurulmasından kaynaklı) olabileceğinden hava sahası karmaşıklığını etkileyen faktörler arasında yer almaktadır.

Karşılıklı rotalarda birleşme/kesişme/hotspot sayısı

Açısal fark 135 dereceden fazla olan ancak 225 dereceden de az olan kesişen veya karşıt rotalardan oluşan kesişen rotalarda, birleşme/kesişme/hotspot sayıları arttıkça fazla sayıda ilgili rota olacağından hotspotlardaki muhtemel çakışmaların çözüm tarzında bir değişiklik olması gerekebilir.

Trafiklerin devrinden sonra kesişme noktasına kadar geçen toplam süre

Trafiklerin hava sahasına girdikten sonra diğer trafiklerle olması muhtemel çakışmalar yaşanana kadar geçen toplam süreyi hesaba katan bu faktörün ATCo'lar tarafından çakışma çözümü için daha fazla düşünme süresinin daha etkili olabileceği, iş yükünü ve stresi azaltabileceği düşünülmüş ve faktörler arasında yer verilmiştir.

4.1.3. Koordinasyon ve radyo iletişime ilişkin karmaşıklık kriterleri

Koordinasyon ve Radyo İletişim ana kriterinin altında; Aynı Ünite İçerisindeki Kontrolörler ile Yapılan Koordinasyonlar, Gerekli Tüm Koordinasyonlar, Çağrı Adı Karışıklığı ve Frekans Yoğunluğu olmak üzere toplam dört adet faktör bulunmaktadır.

Aynı ünite içerisindeki kontrolörler ile yapılan koordinasyonlar

Bu faktör aynı ünite (İstanbul Yaklaşma) farklı sektörlerdeki (Doğu ve Güney sektörleri) ATCo'ların birbiriyle hava trafik akışının daha verimli olabilmesi için yaptığı, trafiklerden bağımsız koordinasyonları kapsamaktadır.

Gerekli tüm koordinasyonlar

Bu faktör ATCo'ların birbirleriyle ve diğer birimlerle yapmış olduğu koordinasyonları kapsamaktadır.

Çağrı adı karışıklığı

Hava sahasındaki birbirine çok benzer çağrı adlarından kaynaklı yaşanabilecek olumsuzluklar göz önüne alındığında, talimat verilmeyen bir hava aracının hızında, yönünde, irtifasında yapacağı değişiklik hava sahasında olumsuz bir durum oluşturabilir. Bundan kaynaklı olarak ATCo'nun tüm planlaması bir anda değişebilir ve iş yükü birden artabilir.

Frekans yoğunluğu

İki yönlü iletişimin ana parçası olan frekansların yoğun olduğu durumda ATC'ler istedikleri talimatları hava araçlarına, hava araçları da isteklerini ATCo'ya iletemeyebilir. Frekansın yoğun olduğu durumlarda kullanılan frekansta neredeyse hiç sessizlik oluşmaz, ATCo iş yükü ve stres seviyesinde artma meydana gelebilir.

4.1.4. Hava sahasına giren ve hava sahasından çıkan uçuşlara ilişkin karmaşıklık kriterleri

Hava Sahasına Giren ve Hava Sahasından Çıkan Uçuşlar ana kriterinin altında; Farklı Bir Hava Trafik Kontrol Ünitesinden Sektöre Gelen Trafik Sayısı, Aynı Hava Trafik Kontrol Ünitesinden (Komşu Sektörden) Sektöre Gelen Uçuş Sayısı, Aynı Hava Trafik Kontrol Ünitesinin Bir Diğer Sektörüne Giden Uçuş Sayısı, Tırmanış Halinde Sektöre Gelen Trafikler, Düz Uçuşta Sektöre Gelen Trafikler, Alçalış Halinde Sektöre Gelen Trafikler, Birim Zamanda Sektöre Gelen Trafikler, Tırmanış Halinde Sektörden Giden Trafikler, Düz Uçuş Halinde Sektörden Giden Trafikler ve Alçalış Halinde Sektörden Giden Trafikler olmak üzere toplamda on adet faktör bulunmaktadır.

Farklı bir hava trafik kontrol ünitesinden sektöre gelen trafik sayısı

Bu faktör, ATCo'nun gelen trafikler için farklı bir ünite ile yapacağı iki yönlü radyo iletişimi, koordinasyon ve planlama iş yükününü temsil etmektedir.

Aynı hava trafik kontrol ünitesinden (komşu sektörden) sektöre gelen uçuş sayısı

Bu faktör, ATCo'nun fiziki olarak aynı alanda bulunduğu komşu sektörü ile ATCo'nun hizmet sağladığı sektöre gelen veya gelecek trafikler için yapacağı koordinasyonu ve planlamaları kapsamaktadır.

Aynı hava trafik kontrol ünitesinin bir diğer sektörüne giden uçuş sayısı

Bu faktör, fiziki olarak aynı ortamda bulunan komşu sektöre giden uçuşlar için yapılacak olan koordinasyon ve planlamayı anlamına gelmektedir.

Tırmanış halinde sektöre gelen trafikler

Hava araçları hava sahasına ilgili anlaşma mektupları ve koordinasyonlar ile tırmanışta gelebilirler. Bu trafikler düz uçuş yapan, alçalan veya tırmanıştaki diğer hava araçlarına trafik teşkil edebileceği ve trafiğin geldiği ilgili sektör ile yapılması gereken koordinasyonun kurulması gerektiğinden hava sahasındaki karmaşıklık arttırabilir.

Düz uçuş halinde sektöre gelen trafikler

Anlaşma mektubu olmayan veya hava aracının geldiği sektör ile koordinasyon yapılmadığı durumlarda ATCo'lar hava aracının sektöre düz uçuşta gelmesini beklerler. Hava araçlarının sektöre düz uçuşta gelmeleri durumunda hava sahasındaki karmaşıklıkta azalma meydana gelebilir.

Alçalış halinde sektöre gelen trafikler

Alçalış halinde sektöre gelen trafikleri TMA'larda büyük oranda iniş trafikleri oluşturmaktadır. Bu trafiklerin diğer alçalan hava araçlarıyla ayrılması ve genellikle sıralanması, düz uçuş ve kalkış trafikleri ile ayrılması gerekmektedir. Ayrıca bir anlaşma mektubu yok ise trafiğin geldiği ilgili sektör ile koordinasyonun yapılması gerekmektedir.

Birim zamanda sektöre gelen trafikler

Hava sahasına gelen trafiklerin birim zamanda çok olması, ilgili hava sahasının sınırları içerisinde fazla sayıda trafik girmesine ve sektörde bir yoğunluk yaşanmasına sebep olabilmektedir.

Tırmanış halinde sektörden giden trafikler

Bu faktör, ATCo'nun hizmet verdiği sahadan tırmanış halinde ayrılacak hava araçları için yapılacak koordinasyonu, ayırmaları ve usulleri kapsar.

Düz uçuş halinde sektörden giden trafikler

Bu faktör, hizmet verilen sahadan düz uçuş halinde ayrılacak trafikler için yapılacak koordinasyonu, ayırmaları ve usulleri kapsar.

Alçalış halinde sektörden giden trafikler

Bu faktör, sektörden alçalış halinde ayrılacak hava araçları için yapılacak koordinasyonu, ayırmaları ve usulleri kapsar.

4.1.5. Akış organizasyonuna ilişkin karmaşıklık kriterleri

Akış Organizasyonu ana kriteri altında; Kullanılabilecek Uçuş Seviyesi Sayısı, Akışın Dağılımı/Yönü, Trafiklerin Sektör İçerisindeki Dağılımı, Seviye Değişim Sayısı, Rotada Toplam Verilen Değişiklik Talimatı (Uçuş Başı ve Direkt Rota) Sayısı, Sektörün İçindeki Yolların Sayısı ve Trafiklerin Dikeyde Belirli Seviyelerde Yoğunlaşması olmak üzere yedi adet alt kriter bulunmaktadır.

Kullanılabilecek uçuş seviyesi sayısı

ATC'nin hava sahasını daha etkin yönetebilmesi için hava araçları arasındaki ayırmaları yapmasının daha kolay olması gerekir. Temel ayırma yöntemlerinden birisi olan dikey ayırmanın yapılabilmesi için de ATCo'nun hava sahasındaki trafik akışı içerisinde kullanılabileceği, anlık ve uygun boş seviyeler olmasının hava sahası karmaşıklığına etkisini ölçen bir faktördür.

Akışın dağılımı/yönü

TMA'larda geliş trafiklerinin birden fazla girişten hava sahasına girebilecekleri, gidiş trafiklerinin de birden fazla çıkıştan hava sahasını terk edebileceği düşünüldüğünde trafik akışının dağılımı ve yönü hava sahasını yönetmeyi kolaylaştırabilir veya zorlaştırabilir.

Trafiklerin sektör içerisindeki dağılımı

Trafiklerin sektör içerisinde geniş bir alana yayılması veya dar bir alana yayılarak ayırmaların veya sıralamaların yapılması hava sahasının karmaşıklığını olumlu veya olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

Seviye değişim sayısı

ATCo hava trafiğini yönetebilmek ve trafiklerin taleplerini karşılayabilmek adına alçalma veya tırmanma talimatları verebilir. Verilen bu talimatların sayısı arttıkça hem frekans yoğunluğu oluşmakta hem de iş yükü artmaktadır.

Rotada toplam verilen değişiklik talimatı (uçuş başı ve direkt rota) sayısı

Hava aracının planladığı rotadan çıkaran uçuş başı ve direkt rotalar, sıralama veya hava aracının talebini karşılayabilme amaçlı olabileceği gibi aynı zamanda ayırma amaçlı

da kullanılmaktadır. Yapılan bu değişiklikler hava sahasında oluşacak karmaşıklığı azaltılabileceği gibi sayısının artması durumunda frekans yoğunluğu meydana getirebilir ve hava aracı rotasında standart dışına çıkmadığından gözlem iş yükünü de arttırabilir.

Sektörün içindeki yolların sayısı

Sektör içindeki yolların sayısının fazla olması ve bu yolların belirli kurallara haiz olması standartlaşmayı arttıracığından iş yükünü azaltabilir. Ancak aynı zamanda sayının artması hava sahası kullanımını daha yoğunlaştırılabileceğinden karmaşıklığı arttırıcı bir yönü olması da mümkün olabilir.

Trafiklerin dikeyde belirli seviyelerde yoğunlaşması

Trafiklerin dikeyde belirli bir seviyede yoğunlaşmaları ATCo'nun trafikler arasındaki ayırmaları yapabilmesi için elindeki seçeneklerden birisi olan dikey ayırmayı kullanmasını zorlaştırabilir. Bu durum ATCo'yu vektör tekniği veya geciktirme manevraları yapmaya itebilir ve hava sahasını yönetmesini zorlaştırabilir.

4.1.6. Ekip içindeki farklılıklara ilişkin karmaşıklık kriterleri

Ekip ana kriteri altında; ATCo Tecrübesi ve Ekip İçi İş Yüğü Dağılımı olmak üzere iki adet alt kriter bulunmaktadır.

ATC tecrübesi

Bir ATCo'nun meslek hayatı boyunca farklı durumlarla karşılaşması ve tecrübe etmesi, ilerleyen zamanlarda kazandığı bu tecrübe vasıtası ile hava sahası yönetimini zorlanmadan daha akıcı bir şekilde gerçekleştirmesine olanak sağlayabilir.

Ekip içi iş yükü dağılımı

Ekip içindeki iş yükü dağılımının dengesinin eşit olması ATCo iş yükünü azaltabilir. Aksi durumda iş yükü dengesizliği, ekip içindeki kişilerin daha fazla yorulması ve ilgili sektördeki kişi başına düşen iş yükünün diğer sektörlerle kıyasla daha fazla olmasına sebep olabilir.

4.1.7. Trafik yoğunluğuna ilişkin karmaşıklık kriterleri

Trafik Yoğunluğu ana kriteri altında; Trafiğin Sektör İçerisinde Tırmanışta Geçirdiği Süre, Trafiğin Sektör İçinde Düz Uçuşta Geçirdiği Süre, Birim Alan Başına Düşen Trafik Sayısı, Sektör İçerisinde Trafiğin Geçirdiği Ortalama Uçuş Süresi, Sektörün En Yoğun Saatteki Trafik Sayısı, Sektörün Ortalama Saatlik Trafik Sayısı, Sektörde Anlık Maksimum Trafik Sayısı, İniş ve Kalkış Yapan Toplam Trafik Sayısı ve Sektör

İçerisinde Sıralama Yapılmasını Gerektiren Trafik Sayısı olmak üzere dokuz adet alt kriter bulunmaktadır.

Trafiğin sektör içerisinde tırmanışta geçirdiği süre

Trafiklerin sektör içerisinde tırmanışta geçirdiği süre arttığı durumlarda hava sahasındaki diğer hava araçlarına trafik teşkil etmesi ihtimali artabilir. Bu durum da tırmanıştaki hava araçlarının, sürekli olarak kat ettiği ve edeceği seviyelerde ilgili trafiği olabileceği şüphesiyle ATCo'nun gözlem için harcadığı süre veya gözlem parametrelerinde değişiklikler meydana gelebilir.

Trafiğin sektör içerisinde düz uçuşta geçirdiği süre

Trafiklerin sektör içerisinde düz uçuşta geçirdiği süre arttığı durumlar ATCo açısından daha çok arzulanabilmektedir. Zira düz uçuş demek sadece ilgili seviyedeki hava araçlarının birbirlerine trafik teşkil etmesi anlamına gelir ve bu durumda ATCo etikette sadece aynı seviyede olan hava araçlarına odaklanarak ayırmalarını planlar.

Birim alan başına düşen trafik sayısı

Trafiklerin hava sahasının belirli bir bölgesinde yoğunlaşması o bölgeyi daha yoğun kılar. Birim alandaki trafik sayısının artması ATCo'nun hava sahasının tamamından ziyade belirli alanlarda yoğunlaşmasına sebep verebilir. Bu durum hem dar alanda hava araçlarının birbirleriyle ayırma yapılması gerekliliğini doğurabilir hem de ATCo'nun belirli alana yoğunlaştığından, sektörü içerisindeki diğer alanlarda görünmeyen tehlikeli yakınlaşmaların oluşmasına sebep olabilir.

Trafiklerin sektör içerisinde geçirdiği ortalama uçuş süresi

Trafiklerin sektör içerisinde geçirdiği ortalama uçuş süresi, ilgili sektördeki hava aracı yoğunluğunu ölçen temel faktörlerden birisi olmakla beraber bu sürenin artması verilen ATC hizmetinin kalitesini arttırabileceği gibi aynı zamanda sektörün sınırlarının daha geniş olduğu veya ilgili sektörde gecikmelerin çok yaşandığı durumlara da işaret edebilir.

Sektörün en yoğun saatteki trafik sayısı

Bir sektörün en yoğun saatindeki trafik sayısı, ilgili sektördeki ATCo'nun trafiği yönetme kabiliyetine göre baş edilebilir veya edilemeyebilir, ayrıca yoğun stres gibi durumlar meydana gelebilir. Bir sektördeki ortalama saatlik trafik sayısı ile en yoğun saatteki trafik sayısı arasındaki farkın çok fazla olması istenmeyen bir durum olabilir.

Sektörün ortalama saatlik trafik sayısı

Sektörizasyonun temel öğelerinden birisi olan ortalama saatlik trafik sayısı, ilgili sektör için ortalama trafik sayısını göstermekte olup bu değer genelde belirli bir eşiğin üzerine çıktığında yapılan sektörizasyonun yenilenmesi mevcut hava trafik yönetimi için daha uygun olabilir.

Sektörde anlık maksimum trafik sayısı

Bir sektörün ortalama saatlik trafik sayısı ideal eşikteyken bu ortalamayı yükselten anlık hava sahası kullanımları meydana gelebilmektedir. Bu artışlar planlı uçuşların bir anda sektörde yoğunlaşmasından kaynaklanabileceği gibi olumsuz hava koşulları, plansız uçuşlar gibi uçuşların sektöre girmesiyle de oluşabilir.

İniş ve kalkış yapan toplam trafik sayısı

Düz uçuşlardan ziyade sektörde iniş ve kalkış yapan trafiklerin sayısının artması ilgili sektördeki hava araçlarının ayırmalarını ve planlamalarını etkilemekte aynı zamanda ATC gözleminin kapsamını genişletmektedir.

Sektör içerisinde sıralama yapılmasını gerektiren trafik sayısı

Sektör içerisinde gerek iniş uçakları için gerekse de sektörden çıkış yapacak trafikler için yapılacak sıralama işleminde ayrı bir sanat gerekmektedir. Sanatçı konumundaki ATC hava araçlarının sıralamasını yaparken hem bir akış ahengi tutturması hem de hava araçları arasındaki ayırmaları yapması gerekmektedir.

4.1.8. Trafik farklılıklarına ilişkin karmaşıklık kriterleri

Trafik Farklılıkları ana kriteri altında; Tırmanan ve Alçalan Uçak Kuyruk Türbülansı Kategori Farklılıkları, Trafikler Arasındaki Performans Farklılıkları, Acil Durum-Lokal Uçuşlar vb. Sayıları ve VFR/IFR Oranı olmak üzere dört adet alt kriter bulunmaktadır.

Tırmanan ve alçalan uçak kuyruk türbülansı kategori farklılıkları

Sektör içerisinde tırmanan ve alçalan hava araçları arasındaki kuyruk türbülansı kategorisi farklılıkları hava araçlarının alçalma ve tırmanma performansları farklılığı oluşturacağından ATCo'nun ayırma yaparken ve talimat verirken bu parametreyi göz önünde bulundurmasını ve gözlem yapmasını gerektirebilecek bir durum olabilir.

Trafikler arasındaki performans farklılıkları

Trafikler arasındaki performans farklılıkları, ATCo'nun ayırma ve sıralama yaparken göz önünde bulundurması gereken faktörlerden birisidir. Performansı farklı trafiklerin verilecek talimata tepki ve cevap sürelerinin farklı olmasından kaynaklı olarak ATCo tarafından verilecek bir talimatı istenenden kısa veya daha geç sürede tamamlaması hava trafik yönetiminde planlama aşamasındaki ATCo'yu zorlayıcı bir faktör olabilmektedir.

Acil durum-Lokal uçuşlar vb. sayıları

Standart bir hava trafik akışının sürdüğü sırada sektöre giren acil durum ve lokal uçuşlar gibi standart olmayan hava aracı bir anda sektördeki tüm planlamanın değişmesine ve ATCo'nun bu durumla sıfırdan yeni bir planlama yapmasına sebep olabilir. Ayrıca öncelik tanınan acil durum uçuşlarında diğer hava araçlarının geciktirilmesi gerektiğinden bu geciktirme hamlesi sırasında hava sahasında karmaşık bir durum meydana gelebilir.

VFR/IFR oranı

ATCo'nun VFR uçuşları hem diğer VFR uçuşlar hem de IFR uçuşlarla ayırması zorunluluğu olmaması, IFR uçuşları ise VFR uçuşlar ile ayırması gerektiğinden ve VFR uçuşların kontrolü ATCo tarafından sağlanmadığından bu durum ATCo'nun iş yükünü arttırıcı bir faktör olabilmektedir.

4.1.9. Hava durumuna ilişkin karmaşıklık kriterleri

Hava Durumu ana kriteri altında; Ortalama Rüzgâr Hızı ve Görüş Düşüklüğü olmak üzere iki adet alt kriter bulunmaktadır.

Ortalama rüzgâr hızı

Ortalama rüzgâr hızındaki değişiklik ATCo'nun verdiği talimatları istediği zamana ve istediği noktaya göre uygulanamaması durumuna sebep olabilir. Bu durumda ATCo istediği ayırmaları yapamayabilir ve beklemediği sonuçlarla karşılaşabilir.

Görüş düşüklüğü

Görüşün düşük olduğu durumlar TMA sahasında büyük bir sıkıntı oluşturmaya da meydana iniş yapmak için gelen hava aracının pas geçmesi, ATC'nin planlamasını değiştirmesine sebep olabilir ve ATCo iş yükünü arttırabilir.

4.2. İçerik Geçerlilik Yöntemi Sonuçları

Bu bölümde İçerik Geçerlilik Yöntemi kullanılarak birinci araştırma sorusu kapsamında hava sahası karmaşıklığına etki eden faktörleri belirlemek amacıyla Çalışma Grubu I’de yer alan katılımcılardan anket yoluyla veri toplanmıştır. Literatürde yer alan faktörler temel alınarak hazırlanan Hava Sahası Karmaşıklığını Etkileyen Faktörler Değerlendirme Anketi’nde her bir katılımcıdan ilgili faktörün hava sahası karmaşıklığına etki ettiğini düşündüğü faktöre “evet” etki etmediğini düşündüğü faktöre “hayır” cevabını vermeleri istenmiştir. Uygulanan ankete ilişkin bulgular Tablo 4.1’de sunulmuştur

Tablo 4.1. Hava Sahası Karmaşıklığını Etkileyen Faktörler Değerlendirme Anketi Sonucu

Faktörler	Evet Sayısı	CVR
Tahditli/Yasaklı/ Tehlikeli Saha Varlığı veya Yakınlığı	40	1,00
Frekans Yoğunluğu	39	0,95
Sektörün En Yoğun Saatteki Trafik Sayısı	39	0,95
Birim Alan Başına Düşen Trafik Sayısı	37	0,85
Kesişen Rotalarda Birleşme/Kesişme/Hotspot Sayısı	37	0,85
Sektörde Anlık Maksimum Trafik Sayısı	37	0,85
Birim Zamanda Sektöre Gelen Trafikler	36	0,80
Hava Sahasındaki Hava Alanı Sayısı	36	0,80
Kontrolör Tecrübesi	36	0,80
Sektör İçinde Sıralama Yapılmasını Gerektiren Trafik Sayısı	36	0,80
Aynı Rotada Birleşme/Kesişme/Hotspot Sayısı	34	0,70
Farklı Bir Hava Trafik Kontrol Ünitesinden Sektöre Gelen Trafik Sayısı	34	0,70
Akışın Dağılımı/Yönü	33	0,65
Ekip İçi İş Yüğü Dağılımı	33	0,65
İniş ve Kalkış Yapan Toplam Trafik Sayısı	33	0,65
Sektöre Giriş/Çıkış Noktası Sayısı	33	0,65
Trafiklerin Sektör İçindeki Dağılımı	33	0,65
Emergency-Lokal Uçuşlar vb. Sayıları	32	0,60
Trafiklerin Dikeyde Belirli Seviyelerde Yoğunlaşması	32	0,60
Ayrılmalar, Sıralamalar, Usuller vb. Kurallar Bütünü	31	0,55
Karşılıklı Rotada Birleşme/Kesişme/Hotspot Sayısı	31	0,55
Rotada Toplam Verilen Değişiklik Talimatı (Uçuş Başı, Direkt Rota) Sayısı	30	0,50
Trafikler Arasındaki Performans Farklılıkları	30	0,50
VFR/IFR Oranı	30	0,50
Kullanabilecek Uçuş Seviyesi Sayısı	29	0,45

Tablo 4.1. (Devam) Hava Sahası Karmaşıklığını Etkileyen Faktörler Değerlendirme Anketi Sonucu

Faktörler	Evet Sayısı	CVR
Sektörün Ortalama Saatlik Trafik Sayısı	29	0,45
Seviye Değişimi Sayısı	29	0,45
Aynı Ünite İçerisindeki Kontrolörler ile Yapılan Koordinasyonlar	28	0,40
Çağrı Adı Karışıklığı	28	0,40
Sektör Şekli	28	0,40
Sektörün İçindeki Yolların Sayısı	28	0,40
Aynı Hava Trafik Kontrol Ünitesinden (Komşu Sektörden) Sektöre Gelen Uçuş Sayısı	27	0,35
Gerekli Tüm Koordinasyonlar	27	0,35
Yolların Ortalama Birleşim Açısı	27	0,35
Alçalış Halinde Sektöre Gelen Trafikler	26	0,30
Aynı Hava Trafik Kontrol Ünitesinin Bir Diğer Sektörüne Giden Uçuş Sayısı	25	0,25
Ekipman Durumu/Kullanımı	25	0,25
Trafiklerin Devrinden Sonra Kesişme Noktasına Kadar Geçen Toplam Süre	24	0,20
Görüş Düşüklüğü	23	0,15
Trafiğin Sektör İçerisinde Geçirdiği Ortalama Uçuş Süresi	23	0,15
Sektör Boyutları	22	0,10
Tırmanış Halinde Sektörden Giden Trafikler	22	0,10
Alçalış Halinde Sektörden Giden Trafikler	21	0,05
Ortalama Rüzgâr Hızı	21	0,05
Tırmanan ve Alçalan Uçak Kuyruk Türbülansı Kategori Farklılıkları	21	0,05
Trafiğin Sektör İçerisinde Tırmanışta Geçirdiği Süre	18	-0,10
Tırmanış Halinde Sektöre Gelen Trafikler	18	-0,10
Düz Uçuşta Sektöre Gelen Trafikler	11	-0,45
Trafiğin Sektör İçerisinde Düz Uçuşta Geçirdiği Süre	10	-0,50
Düz Uçuş Halinde Sektörden Giden Trafikler	7	-0,65

Lawshe'nin minimum içerik geçerlilik oranına göre, içerik geçerlilik oranının 40 katılımcı için 0,29 ve üzeri olması gerekmektedir. Tablo 4.1. incelendiğinde, 35 adet faktörün bu değerin üstünde kalarak hava sahası karmaşıklığına etki ettiği ve 15 adet faktörün ise hava sahası karmaşıklığına etki etmediği görülmektedir.

Yapılan anket sonrasında; Hava Sahası ana kriteri altındaki sektör boyutları ve ekipman durumu/kullanımı faktörlerinin hava sahası karmaşıklığına etki etmediği görülmüş ve alt kriter sayısı yediden beşe, Çakışmalar ana kriteri altındaki trafik devrinden sonra rotalarda kesişme/birleşme olana kadar geçen toplam sürenin hava sahası

karmaşıklığına etki etmediği görülmüş ve alt kriter sayısı beşten dörde düşmüştür. Benzer şekilde Hava Sahasına Giren ve Hava Sahasından Çıkan Uçuşlar ana kriteri altındaki aynı hava trafik kontrol ünitesinin bir diğer sektörüne giden uçuş sayısı, tırmanış halinde sektörden giden trafikler, alçalış halinde sektörden giden trafikler, tırmanış halinde sektöre gelen trafikler, düz uçuşta sektöre gelen trafikler ve düz uçuş halinde sektörden giden trafikler faktörlerinin hava sahası karmaşıklığına etki etmediği görülmüş ve alt kriter sayısı ondan dörde düşmüştür. Aynı zamanda Trafik Yoğunluğu ana kriteri altındaki trafiğin sektör içerisinde geçirdiği ortalama uçuş süresi, trafiğin sektör içerisinde tırmanışta geçirdiği süre ve trafiğin sektör içerisinde düz uçuşta geçirdiği süre faktörleri hava sahası karmaşıklığına etki etmediği görülmüş ve alt kriter sayısı dokuzdan altıya, Trafik Farklılıkları ana kriteri altındaki tırmanan ve alçalan uçak kuyruk türbülansı kategori farklılıkları kriterinin hava sahası karmaşıklığına etki etmediği görülmüş ve alt kriter sayısı dörtten üçe düşmüştür. Ayrıca Koordinasyon ve Radyo İletişim, Akış Organizasyonu ve Ekip ana kriterleri altında yer alan tüm kriterlerin hava sahası karmaşıklığına etki ettiği ve Hava Durumu ana kriteri altında yer alan görüş düşüklüğü ve ortalama rüzgâr hızı faktörlerinin hava sahası karmaşıklığına etki etmediği, böylelikle ankette yer alan hava durumu ana kriterindeki tüm faktörlerin karmaşıklığa etki etmediği görülmüştür. İçerik Geçerlilik Yöntemi sonrasında ortaya çıkan ana ve alt kriterlere ait hava sahası karmaşıklık faktörleri Tablo 4.2.'de yer almaktadır.

Tablo 4.2. İçerik geçerlilik yöntemi sonucunda ortaya çıkan ana ve alt kriterler

Ana Kriterler	Alt Kriterler
Hava Sahası (K1)	K11 Tahditli/Yasaklı/ Tehlikeli Saha Varlığı veya Yakınlığı
	K12 Hava Sahasındaki Hava Alanı Sayısı
	K13 Sektöre Giriş/Çıkış Noktası Sayısı
	K14 Ayırmalar, Sıralamalar, Usuller vb. Kurallar Bütünü
	K15 Sektör Şekli
Çakışmalar (K2)	K21 Kesişen Rotalarda Birleşme/Kesişme/Hotspot Sayısı
	K22 Aynı Rotada Birleşme/Kesişme/Hotspot Sayısı
	K23 Karşılıklı Rotada Birleşme/Kesişme/Hotspot Sayısı
	K24 Yolların Ortalama Birleşim Açısı
Koordinasyon ve Radyo İletişim (K3)	K31 Frekans Yoğunluğu
	K32 Aynı Ünite İçerisindeki Kontrolörler ile Yapılan Koordinasyonlar
	K33 Çağrı Adı Karışıklığı
	K34 Gerekli Tüm Koordinasyonlar

Tablo 4.2. (Devam) İçerik geçerlilik yöntemi sonucunda ortaya çıkan ana ve alt kriterler

Ana Kriterler	Alt Kriterler	
Hava Sahasına	K41	Birim Zamanda Sektöre Gelen Trafikler
Giren ve Hava	K42	Farklı Bir Hava Trafik Kontrol Ünitesinden Sektöre Gelen Trafik Sayısı
Sahasından	K43	Aynı Hava Trafik Kontrol Ünitesinden (Komşu Sektörden) Sektöre Gelen
Çıkan Uçuşlar		Uçuş Sayısı
(K4)	K44	Alçalış Halinde Sektöre Gelen Trafikler
	K51	Akışın Dağılımı/Yönü
	K52	Trafiklerin Sektör İçindeki Dağılımı
	K53	Trafiklerin Dikeyde Belirli Seviyelerde Yoğunlaşması
Akış	K54	Rotada Toplam Verilen Değişiklik Talimatı (Uçuş Başlı, Direkt Rota)
Organizasyonu		Sayısı
(K5)	K55	Kullanabilecek Uçuş Seviyesi Sayısı
	K56	Seviye Değişimi Sayısı
	K57	Sektörün İçindeki Yolların Sayısı
Ekip	K61	Kontrolör Tecrübesi
(K6)	K62	Ekip İçi İş Yükü Dağılımı
	K71	Sektörün En Yoğun Saatteki Trafik Sayısı
	K72	Birim Alan Başına Düşen Trafik Sayısı
Trafik	K73	Sektörde Anlık Maksimum Trafik Sayısı
Yoğunluğu	K74	Sektör İçinde Sıralama Yapılmasını Gerektiren Trafik Sayısı
(K7)	K75	İniş ve Kalkış Yapan Toplam Trafik Sayısı
	K76	Sektörün Ortalama Saatlik Trafik Sayısı
Trafik	K81	Acil Durum-Lokal Uçuşlar vb. Sayıları
Farklılıkları	K82	Trafikler Arasındaki Performans Farklılıkları
(K8)	K83	VFR/IFR Oranı

4.3. En İyi-En Kötü Yöntemi Sonuçları

Bu bölümde En İyi- En Kötü yöntemi kullanılarak ikinci araştırma sorusu olan hava sahası karmaşıklığına etki eden faktörlerin ağırlıklarının belirlenmesine cevap aranmıştır. Bu kapsamında hava sahası karmaşıklığına etki eden faktörlerin ağırlıklandırılması amacıyla Bölüm 4.2.'de elde edilen sonuç aracılığıyla “Hava Sahası Karmaşıklığını Etkileyen Faktörlerin Ağırlıklandırılması Anketi” oluşturulmuş ve Çalışma Grubu II’de yer alan katılımcılardan veri toplanmıştır.

Hava sahası karmaşıklığına etkisi olan faktörlerin ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla Çalışma Grubu II’deki her bir katılımcıdan ana kriterler ve alt kriterler için anket

doldurması istenmiş, toplamda 180 adet anket verisi elde edilmiştir. Yüz yüze ve internet ortamında ile gerçekleştirilen görüşmeler sonucunda elde edilen anket verilerinin tutarlılık oranı (TO) Razei tarafından belirlenen eşik ile [26] kıyaslanması yapılmıştır. Tutarlılık oranı sonuçları Tablo 4.3.'te sunulmuştur.

Tablo 4.3.'te yer alan KV; Çalışma Grubu II'deki karar vericileri, TO; katılımcıların verdiği tutarlılık oranlarını, Eşik; En iyi-En Kötü Yöntemi içerisindeki maksimum tutarlılık oranı eşiğini, K1 Hava Sahası Kriteri, K2 Çakışmalar Kriteri, K3 Koordinasyon ve Radyo İletişim Kriteri, K4 Hava Sahasına Giren ve Hava Sahasından Çıkan Uçuşlar Kriteri, K5 Akış Organizasyonu Kriteri, K6 Ekip Kriteri, K7 Trafik Yoğunluğu Kriteri ve K8 Trafik Farklılıkları Kriteri ana kriterlerin içerisinde yapılan alt kriter ağırlıklandırması sonucu elde edilen tutarlılık oranlarını göstermektedir.

Tablo 4.3. Hava sahası karmaşıklığını etkileyen faktörlerin ağırlıklandırılması anketi tutarlılık oranları

Katılımcılar	Ana Kriterler	Kriterler							
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
KV 1 TO	0,304	0,304	0,214	0,190	0,179	0,310	0,000	0,200	0,048
KV 1 Eşik	0,362	0,362	0,246	0,246	0,252	0,314	0,199	0,304	0,129
KV 2 TO	0,179	0,190	0,214	0,208	0,214	0,304	0,000	0,214	0,067
KV 2 Eşik	0,362	0,282	0,252	0,268	0,252	0,340	0,199	0,315	0,133
KV 3 TO	0,300	0,208	0,214	0,050	0,214	0,310	0,000	0,200	0,000
KV 3 Eşik	0,322	0,306	0,246	0,199	0,252	0,314	0,199	0,255	0,133
KV 4 TO	0,214	0,214	0,120	0,232	0,214	0,310	0,000	0,214	0,050
KV 4 Eşik	0,325	0,281	0,246	0,252	0,246	0,314	0,252	0,303	0,136
KV 5 TO	0,310	0,262	0,190	0,214	0,190	0,310	0,000	0,300	0,048
KV 5 Eşik	0,325	0,282	0,246	0,246	0,246	0,314	0,199	0,304	0,130
KV 6 TO	0,200	0,000	1,000	0,167	0,167	0,200	0,000	0,167	0,050
KV 6 Eşik	0,284	0,190	-	0,167	0,167	0,272	-	0,220	0,135
KV 7 TO	0,222	0,214	0,190	0,190	0,120	0,304	0,000	0,286	0,070
KV 7 Eşik	0,362	0,281	0,246	0,246	0,246	0,341	0,167	0,315	0,136
KV 8 TO	0,304	0,286	0,190	0,178	0,214	0,232	0,000	0,262	0,120
KV 8 Eşik	0,362	0,300	0,246	0,252	0,246	0,341	0,246	0,303	0,129
KV 9 TO	0,310	0,190	0,214	0,190	0,190	0,286	0,000	0,214	0,167
KV 9 Eşik	0,326	0,282	0,246	0,246	0,246	0,341	0,252	0,303	0,167
KV 10 TO	0,250	0,200	0,000	0,048	0,100	0,000	0,000	0,167	0,000
KV 10 Eşik	0,284	0,230	0,167	0,246	0,199	0,167	-	0,167	0,112
KV 11 TO	0,304	0,250	0,214	0,190	0,153	0,310	0,000	0,262	0,125
KV 11 Eşik	0,362	0,306	0,246	0,246	0,268	0,314	0,153	0,303	0,136

Tablo 4.3. (Devam) Hava sahası karmaşıklığını etkileyen faktörlerin ağırlıklandırılması anketi tutarlılık oranları

Katılımcılar	Ana Kriterler	Kriterler							
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
KV 12 TO	0,200	0,150	0,050	0,050	0,050	1,000	0,000	0,167	1,000
KV 12 Eşik	0,284	0,230	0,199	0,199	0,199	-	0,199	0,220	-
KV 13 TO	0,214	0,214	0,125	0,214	0,214	0,232	0,000	0,125	0,050
KV 13 Eşik	0,362	0,282	0,252	0,246	0,246	0,341	-	0,315	0,135
KV 14 TO	0,310	0,214	0,190	0,214	0,214	0,214	0,000	0,232	0,071
KV 14 Eşik	0,325	0,282	0,246	0,246	0,252	0,341	0,246	0,315	0,131
KV 15 TO	0,310	0,133	0,190	0,190	0,083	0,264	0,000	0,262	0,100
KV 15 Eşik	0,325	0,264	0,246	0,246	0,268	0,352	-	0,303	0,133
KV 16 TO	0,200	0,214	0,150	0,150	0,100	0,232	0,000	0,200	0,100
KV 16 Eşik	0,322	0,282	0,199	0,199	0,199	0,341	0,153	0,255	0,133
KV 17 TO	0,304	0,200	0,214	0,167	0,100	0,310	0,000	0,262	0,083
KV 17 Eşik	0,362	0,264	0,246	0,167	0,199	0,314	-	0,303	0,136
KV 18 TO	0,304	0,292	0,232	0,208	0,264	0,310	0,000	0,300	0,100
KV 18 Eşik	0,362	0,306	0,252	0,268	0,268	0,314	0,167	0,304	0,133
KV 19 TO	0,143	0,190	0,100	0,167	0,100	0,300	0,000	0,300	0,050
KV 19 Eşik	0,362	0,282	0,199	0,246	0,199	0,314	0,199	0,304	0,135
KV 20 TO	0,310	0,190	0,214	0,179	0,190	0,310	0,000	0,262	0,050
KV 20 Eşik	0,325	0,282	0,246	0,252	0,246	0,314	0,153	0,303	0,135

Tablo 4.3. incelendiğinde katılımcılardan toplanan toplam 180 anket verisinin tamamının tutarlılık oranı her anket için ayrı hesaplanan maksimum tutarlılık eşik oranından düşük çıkmıştır. Bu kapsamda verilerin Rezaei [26] çalışmasına göre elde edilen sonuçlar tutarlılık göstermekte ve sonuçların güvenilirliği mevcuttur.

Hava sahası karmaşıklığı faktörlerinin ağırlıkları belirlenmesi aşamasında En İyi-En Kötü Yöntemi'ne göre her bir ana kriter için, her bir katılımcı öncelikle ilgili alt kriterler arasında en önemli ve en önemsiz gördüğü faktörü seçer. Katılımcıların bu aşamada en önemli olarak gördüğü faktörler Tablo 4.4.'te ve en önemli olarak görülen faktörlerin kaç tane katılımcı tarafından seçildiği Tablo 4.5.'te sunulmuştur. Katılımcıların en önemsiz olarak gördüğü faktörler Tablo 4.6'te ve en önemsiz olarak görülen faktörlerin kaç tane katılımcı tarafından seçildiği Tablo 4.7'de sunulmuştur.

Tablo 4.4. Çalışma Grubu II'ye göre en önemli faktörler

Katılımcılar	Ana Kriterler	Kriterler							
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
KV 1	K7	K14	K21	K31	K41	K53	K62	K71	K82
KV 2	K2	K14	K21	K31	K41	K51	K61	K72	K81
KV 3	K2	K12	K23	K34	K41	K55	K61	K72	K81
KV 4	K1	K14	K21	K34	K41	K52	K61	K72	K82
KV 5	K7	K12	K22	K31	K41	K53	K62	K71	K81
KV 6	K7	K14	K23	K31	K41	K52	K61	K73	K81
KV 7	K2	K12	K23	K33	K44	K52	K61	K75	K82
KV 8	K2	K14	K21	K34	K41	K51	K61	K71	K83
KV 9	K1	K12	K22	K31	K41	K51	K61	K75	K82
KV 10	K1	K13	K21	K34	K41	K52	K62	K72	K81
KV 11	K1	K12	K24	K31	K41	K54	K61	K71	K82
KV 12	K1	K12	K24	K34	K41	K52	K61	K76	K82
KV 13	K3	K14	K22	K34	K44	K56	K61	K74	K81
KV 14	K2	K14	K21	K31	K41	K53	K62	K71	K81
KV 15	K2	K14	K21	K34	K41	K56	K61	K72	K82
KV 16	K7	K12	K21	K31	K41	K52	K61	K72	K81
KV 17	K7	K12	K23	K33	K41	K52	K61	K72	K82
KV 18	K1	K12	K24	K31	K41	K53	K62	K71	K83
KV 19	K1	K14	K21	K32	K41	K52	K61	K71	K81
KV 20	K2	K11	K21	K31	K41	K57	K61	K72	K81

Tablo 4.5. Çalışma Grubu II'ye göre en önemli faktörler-2

Ana Kriterler		Alt Kriterler Önemli Sayısı						
Kriter	Sayısı	Önemli						
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
K1	7	1	9	1	9	0	-	-
K2	7	10	3	4	3	-	-	-
K3	1	10	1	2	7	-	-	-
K4	0	18	0	0	2	-	-	-
K5	0	3	8	4	1	1	2	1
K6	0	15	5	-	-	-	-	-
K7	5	7	8	1	1	2	1	-
K8	0	10	8	2	-	-	-	-

Tablo 4.4. ve Tablo 4.5. incelendiğinde katılımcıların Hava Sahası (K1), Çakışmalar (K2) ve Trafik Yoğunluğu (K7) ana kriterlerini en önemli kriterler arasında gördükleri görülmektedir. Yine katılımcılar tarafından; Hava Sahası (K1) ana kriteri altındaki faktörlerden Hava Sahasındaki Hava Alanı Sayısı (K12) ve Ayırmalar, Sıralamalar, Usuller vb. Kurallar Bütünü (K14) faktörlerinin en önemli olarak görüldüğü, Çakışmalar (K2) ana kriteri altındaki faktörlerden Kesişen Rotalarda Birleşme/Kesişme/Hotspot Sayısı (K21) faktörünün en önemli olarak görüldüğü saptanmıştır. Benzer şekilde Koordinasyon ve Radyo İletişim (K3) ana kriteri altındaki faktörlerden Frekans Yoğunluğu (K31) faktörünün en önemli, Gerekli Tüm Koordinasyonları (K34) faktörünün ikinci önemli olarak görüldüğü, Hava Sahasına Giren ve Hava Sahasından Çıkan Uçuşlar (K4) ana kriteri altındaki faktörlerden Birim Zamanda Sektöre Gelen Trafikler (K41) faktörünün açık ara en önemli faktör olarak görüldüğü bulunmuştur. Aynı zamanda Akış Organizasyonu (K5) ana kriteri altındaki faktörlerden Trafiklerin Sektör İçerisindeki Dağılımı (K52) faktörünün en önemli olarak görüldüğü, Ekip (K6) ana kriteri altındaki faktörlerden Kontrolör Tecrübesi (K61) faktörünün en önemli olarak görüldüğü gözlemlenmiştir. Ayrıca Trafik Yoğunluğu (K7) ana kriteri altındaki faktörlerden Birim Alan Başına Düşen Trafik Sayısı (K72) faktörünün en önemli, Sektörün En Yoğun Saatteki Trafik Sayısı (K71) faktörünün ikinci önemli olarak görüldüğü ve Trafik Farklılıkları (K8) ana kriteri altındaki faktörlerden Acil Durum-Lokal Uçuşlar vb. Sayıları (K81) faktörünün en önemli, Trafikler Arasındaki Performans Farklılıkları (K82) faktörünün ikinci önemli olarak görüldüğü saptanmıştır.

Tablo 4.6. Çalışma Grubu II'ye göre en önemsiz faktörler

Katılımcılar	Ana Kriterler	Kriterler							
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
KV 1	K8	K15	K23	K33	K43	K57	K61	K75	K83
KV 2	K8	K15	K24	K32	K44	K57	K62	K75	K83
KV 3	K6	K15	K24	K31	K43	K54	K62	K74	K83
KV 4	K8	K15	K23	K33	K44	K57	K62	K75	K83
KV 5	K1	K15	K24	K33	K43	K57	K61	K75	K83
KV 6	K8	K12	K24	K33	K44	K51	K62	K75	K83
KV 7	K8	K14	K24	K31	K43	K57	K62	K73	K83
KV 8	K3	K15	K23	K33	K43	K57	K62	K74	K81
KV 9	K8	K15	K24	K33	K43	K55	K62	K73	K81
KV 10	K6	K15	K24	K33	K43	K57	K61	K74	K83

Tablo 4.6. (Devam) Çalışma Grubu II'ye göre en önemsiz faktörler

Katılımcılar	Ana Kriter	Kriterler							
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
KV 11	K4	K15	K22	K34	K44	K57	K62	K76	K83
KV 12	K8	K11	K22	K32	K42	K53	K62	K74	K81
KV 13	K8	K11	K23	K33	K41	K57	K62	K72	K83
KV 14	K5	K12	K23	K34	K44	K52	K61	K76	K83
KV 15	K8	K12	K23	K33	K44	K57	K62	K76	K81
KV 16	K3	K15	K22	K33	K44	K51	K62	K75	K83
KV 17	K4	K15	K24	K32	K42	K53	K62	K76	K83
KV 18	K8	K11	K22	K33	K43	K55	K61	K73	K81
KV 19	K8	K15	K24	K33	K44	K55	K62	K75	K83
KV 20	K4	K15	K22	K34	K44	K55	K62	K76	K83

Tablo 4.7. Çalışma Grubu II'ye göre en önemsiz faktörler-2

Ana Kriterler		Alt Kriterlerler Önemsiz Sayısı							
Kriter	Sayısı	Önemsiz							
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	
K1	1	3	3	0	1	13	-	-	
K2	0	0	5	6	9	-	-	-	
K3	2	2	3	12	3	-	-	-	
K4	3	1	2	8	9	-	-	-	
K5	1	2	1	2	1	4	0	10	
K6	2	5	15	5	-	-	-	-	
K7	0	0	1	3	4	7	5	-	
K8	11	5	0	15	-	-	-	-	

Tablo 4.6. ve Tablo 4.7. incelendiğinde katılımcıların Trafik Farklılıkları (K8) ana kriterini en önemsiz kriter gördükleri görülmektedir. Yine katılımcılar tarafından; Hava Sahası (K1) ana kriteri altındaki faktörlerden Sektörü Şekli (K15) faktörünün en önemsiz olarak görüldüğü, Çakışmalar (K2) ana kriteri altındaki faktörlerden Yolların Ortalama Birleşim Açısı (K24) faktörünün en önemsiz olarak görüldüğü saptanmıştır. Benzer şekilde Koordinasyon ve Radyo İletişim (K3) ana kriteri altındaki faktörlerden Çağrı Adı Karışıklığı (K33) faktörünün en önemsiz olarak görüldüğü, Hava Sahasına Giren ve Hava Sahasından Çıkan Uçuşlar (K4) ana kriteri altındaki faktörlerden Alçalış Halinde Sektöre Gelen Trafikler (K44) faktörünü en önemsiz, Aynı Hava Trafik Kontrol Ünitesinden

(Komşu Sektörden) Sektöre Gelen Uçuş Sayısı (K43) faktörünün de ikinci önemsiz olarak görüldüğü gözlemlenmiştir. Akış Organizasyonu (K5) ana kriteri altındaki faktörlerden Sektörün İçerisindeki Yolların Sayısı (K57) faktörünün en önemsiz olarak görüldüğü, Ekip (K6) ana kriteri altındaki faktörlerden Ekip İçi İş Yükü Dağılımı (K62) faktörünün en önemsiz olarak görüldüğü hesaplanmıştır. Ayrıca Trafik Yoğunluğu (K7) ana kriteri altındaki faktörlerden İniş ve Kalkış Yapan Toplam Trafik Sayısı (K75) faktörünün en önemsiz olarak görüldüğü ve Trafik Farklılıkları (K8) ana kriteri altındaki faktörlerden VFR/IFR Oranı (K83) faktörünün en önemsiz olarak görüldüğü tespit edilmiştir.

En önemli ve en önemsiz kriterler belirlendikten sonra katılımcılardan geriye kalan diğer kriterleri seçilen bu iki kriterlere göre ikili kıyaslama yapılması istenir ve bunun sonucunda karar matrisi ortaya çıkar. Elde edilen matristen sonra her bir katılımcı için elde edilen ağırlıkların aritmetik ortalaması alınarak nihai ağırlıklar elde edilir. Tablo 4.8.'de hava sahası karmaşıklığına etki eden ana kriterlerin ve alt faktörlerin lokal ve global ağırlıkları gösterilmiştir.

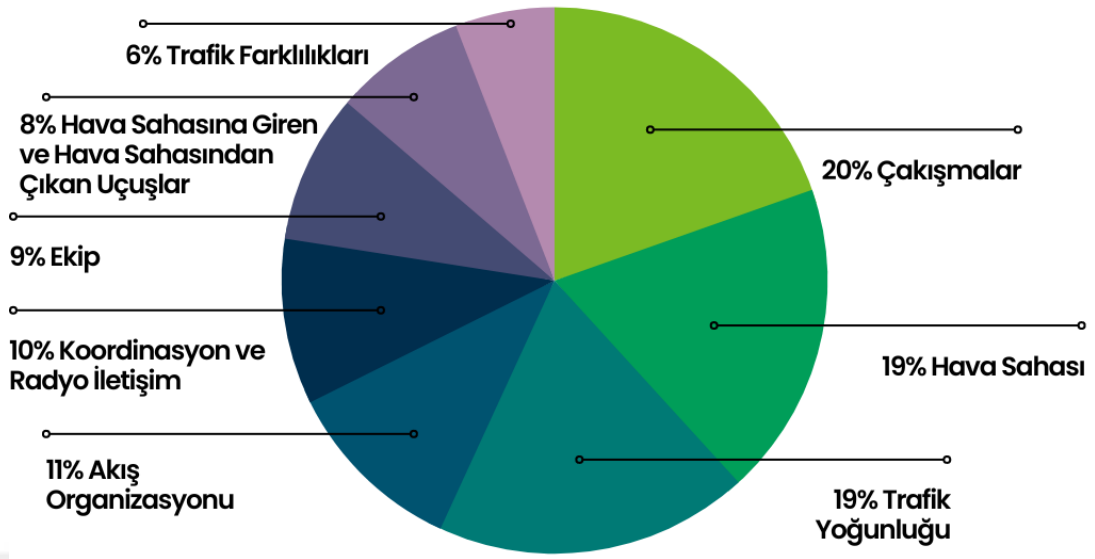
Tablo 4.8. Hava Sahası Karmaşıklığını Etkileyen Faktörlerin Ağırlıkları

Ana Kriterler	Ana Kriterlerin Ağırlıkları	Alt Kriterler	Alt Kriterlerin Ağırlıkları	Alt Kriterlerin Global Ağırlıkları
Hava Sahası (K1)	0,192	K11	0,167	0,032
		K12	0,255	0,049
		K13	0,152	0,029
		K14	0,327	0,063
		K15	0,099	0,019
Çakışmalar (K2)	0,196	K21	0,383	0,075
		K22	0,209	0,041
		K23	0,221	0,043
		K24	0,188	0,037
Koordinasyon ve Radyo İletişim (K3)	0,097	K31	0,387	0,038
		K32	0,192	0,019
		K33	0,117	0,011
		K34	0,303	0,29
Hava Sahasına Giren ve Hava Sahasından Çıkan Uçuşlar (K4)	0,076	K41	0,526	0,040
		K42	0,160	0,012
		K43	0,146	0,011
		K44	0,168	0,013

Tablo 4.8. (Devam) Hava Sahası Karmaşıklığını Etkileyen Faktörlerin Ağırlıkları

Ana Kriterler	Ana Kriterlerin Ağırlıkları	Alt Kriterler	Alt Kriterlerin Ağırlıkları	Alt Kriterlerin Global Ağırlıkları
Akış Organizasyonu (K5)	0,105	K51	0,155	0,016
		K52	0,206	0,022
		K53	0,159	0,017
		K54	0,150	0,016
		K55	0,113	0,012
		K56	0,131	0,014
		K57	0,087	0,009
Ekip (K6)	0,085	K61	0,628	0,053
		K62	0,372	0,032
Trafik Yoğunluğu (K7)	0,188	K71	0,224	0,042
		K72	0,262	0,049
		K73	0,124	0,023
		K74	0,135	0,025
		K75	0,125	0,023
		K76	0,130	0,024
Trafik Farklılıkları (K8)	0,061	K81	0,401	0,024
		K82	0,403	0,024
		K83	0,196	0,012

Tablo 4.8. incelendiğinde katılımcılar tarafından hava sahası karmaşıklığını etkileyen en önemli ana kriterin Çakışmalar (ağırlık: 0,196) olduğu görünmektedir. Bu ana kriteri sırasıyla; Hava Sahası (ağırlık: 0,192), Trafik Yoğunluğu (ağırlık: 0,188), Akış Organizasyonu (ağırlık: 0,105), Koordinasyon ve Radyo İletişim (ağırlık: 0,097), Ekip (ağırlık: 0,085), Hava Sahasına Giren ve Hava Sahasından Çıkan Uçuşlar (ağırlık: 0,076) ve Trafik Farklılıkları (ağırlık: 0,061) takip etmiştir. Hava sahası karmaşıklığına etki eden ana kriterlerin yarısından fazlasını Çakışmalar, Hava Sahası ve Trafik Yoğunluğu kriterleri oluştururken geriye kalan ana kriterlerin birbirlerine yakın sonuçlar elde ettiği görülmüştür (Şekil 4.1.).



Şekil 4.1. Hava sahası karmaşıklığını etkileyen ana kriterler

Ana kriterleri oluşturan alt kriterler olan hava sahası karmaşıklığına etki eden faktörlerin daha doğru karşılaştırılabilmesi amacıyla ilk etapta ana kriterler içerisindeki faktörlerin kendi aralarındaki karşılaştırmalarına odaklanılmıştır. Bu bağlamda en önemli ana kriter olan Çakışmalar (K2) kriteri (ağırlık: 0,196) içerisindeki en önemli alt kriter olan faktörün Kesişen Rotalarda Birleşme/Kesişme/Hotspot Sayısı (K21) faktörü (lokal ağırlık: 0,383) olduğu görülmektedir. Bu faktörü sırasıyla; Karşılıklı Rotada Birleşme/Kesişme/Hotspot Sayısı (K23) faktörü (lokal ağırlık: 0,221) ve Aynı Rotada Birleşme/Kesişme/Hotspot Sayısı (K22) faktörü (lokal ağırlık: 0,209) takip etmektedir. Çakışmalar kriteri altındaki en düşük önem derecesine sahip faktörün ise Yolların Ortalama Birleşim Açısı (K24) faktörü (lokal ağırlık: 0,188) olduğu görülmektedir.

İkinci sırada önemli ana kriter olarak görünen Hava Sahası (K1) kriteri (ağırlık: 0,192) içerisindeki en önemli alt kriter olan faktörün Ayırmalar, Sıralamalar, Usuller vb. Kurallar Bütünü (K14) faktörü (lokal ağırlık: 0,327) olduğu görülmektedir. Bu faktörü sırasıyla; Hava Sahasındaki Hava Alanı Sayısı (K12) faktörü (lokal ağırlık: 0,255), Tahditli/Yasaklı/ Tehlikeli Saha Varlığı veya Yakınlığı (K11) faktörü (lokal ağırlık 0 0,167) ve Sektöre Giriş/Çıkış Noktası Sayısı (K13) faktörü (lokal ağırlık: 0,152) takip etmektedir. Hava Sahası kriteri altındaki en düşük önem derecesine sahip faktörün ise Sektör Şekli (K15) faktörü (lokal ağırlık: 0,099) olduğu görülmektedir.

Üçüncü sırada önemli ana kriter olarak görünen Trafik Yoğunluğu (K7) kriteri (ağırlık: 0,188) içerisindeki en önemli alt kriter olan faktörün Birim Alan Başına Düşen Trafik Sayısı (K72) faktörü (lokal ağırlık: 0,262) olduğu görülmektedir. Bu faktörü sırasıyla; Sektörün En Yoğun Saatteki Trafik Sayısı (K71) faktörü (lokal ağırlık: 0,224), Sektör İçinde Sıralama Yapılmasını Gerektiren Trafik Sayısı (K74) (lokal ağırlık: 0,135), Sektörün Ortalama Saatlik Trafik Sayısı (K76) faktörü (lokal ağırlık: 0,130), İniş ve Kalkış Yapan Toplam Trafik Sayısı (K75) faktörü (lokal ağırlık: 0,125) takip etmektedir. Trafik Yoğunluğu kriteri altındaki en düşük önem derecesine sahip faktörün ise Sektörde Anlık Maksimum Trafik Sayısı (K73) faktörü (lokal ağırlık: 0,124) olduğu görülmektedir.

Dördüncü sırada önemli ana kriter olarak görünen Akış Organizasyonu (K5) kriteri (ağırlık: 0,105) içerisindeki en önemli alt kriter olan faktörün Trafiklerin Sektör İçindeki Dağılımı (K52) faktörü (lokal ağırlık: 0,206) olduğu görülmektedir. Bu faktörü sırasıyla; Trafiklerin Dikeyde Belirli Seviyelerde Yoğunlaşması (K53) faktörü (lokal ağırlık: 0,159), Akışın Dağılımı/Yönü (K51) faktörü (lokal ağırlık: 0,155), Rotada Toplam Verilen Değişiklik Talimatı (Uçuş Başı, Direkt Rota) Sayısı (K54) faktörü (lokal ağırlık: 0,150), Seviye Değişimi Sayısı (K56) faktörü (lokal ağırlık: 0,131) ve Kullanabilecek Uçuş Seviyesi Sayısı (K55) faktörü (lokal ağırlık: 0,113) takip etmektedir. Akış Organizasyonu kriteri altındaki en düşük önem derecesine sahip faktörün ise Sektörün İçindeki Yolların Sayısı (K57) faktörü (lokal ağırlık: 0,087) olduğu görülmektedir.

Beşinci sırada önemli ana kriter olarak görünen Koordinasyon ve Radyo İletişim (K3) kriteri (ağırlık: 0,097) içerisindeki en önemli alt kriter olan faktörün Frekans Yoğunluğu (K31) faktörü (lokal ağırlık: 0,387) olduğu görülmektedir. Bu faktörü sırasıyla; Gerekli Tüm Koordinasyonlar (K34) faktörü (lokal ağırlık: 0,303) ve Aynı Ünite İçerisindeki Kontrolörler ile Yapılan Koordinasyonlar (K32) faktörü (lokal ağırlık: 0,192) takip etmektedir. Koordinasyon ve Radyo İletişim kriteri altındaki en düşük önem derecesine sahip faktörün ise Çağrı Adı Karışıklığı (K33) faktörü (lokal ağırlık: 0,117) olduğu görülmektedir.

Altıncı sırada önemli ana kriter olarak görünen Ekip (K3) kriteri (ağırlık: 0,085) içerisindeki en önemli alt kriter olan faktörün Kontrolör Tecrübesi (K61) faktörü (lokal ağırlık: 0,628) olduğu görülmektedir. Ekip kriteri altındaki en düşük önem derecesine sahip faktörün ise Ekip İçi İş Yükü Dağılımı (K62) faktörü (lokal ağırlık: 0,372) olduğu görülmektedir.

Yedinci sırada önemli ana kriter olarak görünen Hava Sahasına Giren ve Hava Sahasından Çıkan Uçuşlar (K4) kriteri (ağırlık: 0,076) içerisindeki en önemli alt kriter olan faktörün Birim Zamanda Sektöre Gelen Trafikler (K41) faktörü (lokal ağırlık: 0,526) olduğu görülmektedir. Bu faktörü sırasıyla; Alçalış Halinde Sektöre Gelen Trafikler (K44) faktörü (lokal ağırlık: 0,168) ve Farklı Bir Hava Trafik Kontrol Ünitesinden Sektöre Gelen Trafik Sayısı (K42) faktörü (lokal ağırlık: 0,160) takip etmektedir. Hava Sahasına Giren ve Hava Sahasından Çıkan Uçuşlar kriteri altındaki en düşük önem derecesine sahip faktörün ise Aynı Hava Trafik Kontrol Ünitesinden (Komşu Sektörden) Sektöre Gelen Uçuş Sayısı (K43) faktörü (lokal ağırlık: 0,146) olduğu görülmektedir.

En düşük önem derecesine sahip ana kriter olarak görünen Trafik Farklılıkları (K8) kriteri (ağırlık: 0,061) içerisindeki en önemli alt kriter olan faktörün Trafikler Arasındaki Performans Farklılıkları (K82) faktörü (lokal ağırlık: 0,403) olduğu görülmektedir. Bu faktörü Acil Durum-Lokal Uçuşlar vb. Sayıları (K81) faktörü (lokal ağırlık: 0,401) takip etmektedir. Trafik Farklılıkları kriteri altındaki en düşük önem derecesine sahip faktörün ise VFR/IFR Oranı (K83) faktörü (lokal ağırlık: 0,196) olduğu görülmektedir.

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Yapılan araştırmada hava sahası karmaşıklığını etkileyen faktörler araştırmacılar tarafından araştırılmış ve literatürden elde edilen karmaşıklık faktörleri ATCo perspektifinden incelenmiştir. Hava sahası karmaşıklığına etki etmeyen faktörler elimine edilmiş ve geriye kalan faktörler ağırlıklandırılmıştır.

Çalışma sonucunda global ağırlıkları elde edilen, hava sahası karmaşıklığını etkileyen en önemli 10 faktör Tablo 5.1.'de gösterilmiştir. Tablo 5.1. incelendiğinde ATCo'lara göre hava sahasında karmaşıklığa yol açan en önemli faktör Kesişen Rotalarda Birleşme/Kesişme/Hotspot Sayısı olmuştur (global ağırlık: 0,075). Hem dinamik yoğunluk hem de diğer iş yükü ve karmaşıklık çalışmalarında, muhtemel çakışmalar incelenmiş olup hali hazırda literatürde önemli görünen faktörler arasında yer almaktadır. Bu açıdan bulunan bu sonuç literatür ile örtüşmektedir. İkinci önemli faktör olarak görünen Ayırmalar, Sıralamalar, Usuller vb. Kurallar Bütünü ATCo'ların karar vermeleri için uygulamakta zorunlu oldukları kurallar dikkate alındığında, ATCo bakış açısıyla kuralların ve prosedürlerin katı ve sayısının fazla olduğu durumlarda karar esnekliğinin azaldığı ve hava sahası karmaşıklığının arttığı vurgulanabilir. Diğer alt kriterlerin, içinde bulunduğu ana kriterin en önemlisi veya en önemli ikinci kriter olduğu görülmüştür. Akış Organizasyonu kriterinin en önemli 4 faktör arasında yer almasına rağmen en önemli faktörünün global ağırlıkta 23. sırada yer alması, akışın komple bir organizasyon olarak ele alınması gerektiği sonucunu vermiştir. Üçüncü önemli alt kriter olarak görünen Kontrolör Tecrübesi, ana kriteri olan Ekip çatısı altında iki adet alt kriter olduğu için global ağırlığının fazla olduğu ve aslında ilk 10 kriter içinde yer alamayacağı ATCo'lar tarafından değerlendirilmiş ve global ağırlıklandırmadan ziyade ana kriter ve lokal ağırlıklandırmanın tutarlı olduğu anket sonrası yapılan görüşmelerde tespit edilmiştir.

Tablo 5.1. *En önemli 10 faktör*

Faktörler	Faktörlerin Global Ağırlıkları
Kesişen Rotalarda Birleşme/Kesişme/Hotspot Sayısı	0,075
Ayırmalar, Sıralamalar, Usuller vb. Kurallar Bütünü	0,063
Kontrolör Tecrübesi	0,053
Birim Alan Başına Düşen Trafik Sayısı	0,049
Hava Sahasındaki Hava Alanı Sayısı	0,049
Karşılıklı Rotada Birleşme/Kesişme/Hotspot Sayısı	0,043
Sektörün En Yoğun Saatteki Trafik Sayısı	0,042
Aynı Rotada Birleşme/Kesişme/Hotspot Sayısı	0,041

Tablo 5.1. (Devam) En önemli 10 faktör

Faktörler	Faktörlerin Global Ağırlıkları
Birim Zamanda Sektöre Gelen Trafikler	0,040
Frekans Yoğunluğu	0,038

Elde edilen sonuçlara göre; hava trafik kontrolörlüğü mesleğinin ortaya çıkmasındaki en önemli sebeplerden birisi olan çakışma önlemenin, işin doğası gereği en önemli faktörler arasında olduğu bulunmuştur. Hava aracı sayısının ve hava sahasındaki uygulamaların ve hava sahası tasarımının da hava sahası karmaşıklığına büyük derecede etki ettiği görülmüştür. Trafik yoğunluğunun arttığı ve akış organizasyonunun iyi yönetilemediği durumlarda hava sahası karmaşıklığının artacağı, koordinasyon ve radyo iletişim, ekip içi planlama, uçuşların girişleri ve çıkışları ile trafik farklılıklarının her birinin alt kriterleri ile hava sahası karmaşıklığına etki ettiği ATCo'lar tarafından belirlenmiştir. Ayrıca hem Çalışma Grubu I hem de Çalışma Grubu II'de yer alan katılımcıların mesleki tecrübeleri ile çalışma sonucunda elde edilen ağırlıklandırma arasında herhangi bir ilişki tespit edilememiştir.

Küçük ağırlıklara sahip birçok faktörün bir araya gelerek hava sahasını karmaşık bir hale getirmesi ve hava sahasının yönetilmesini zorlaştırmasını önlemek adına gelecekte, ana kriterleri ve lokal ağırlıkları bu çalışmada bulunan kriterlerin matematiksel hesaplaması yapılarak; çakışmalar, akışın organizasyonu, trafik farklılıkları, uçuşların girişleri ve çıkışları için alternatif çözümlerin bulunacağı bir hava sahası tasarımı yoluna gidilebilir. Sektörizasyonun iş yükü dağılımına eşit veya eşite yakın bir şekilde yapıldığı ve hem trafik yoğunluğunun azaltıldığı hem de daha emniyetli bir hava trafik yönetimi adına kriter toplam ağırlığının eşit bir şekilde sektörlerle bölünerek dinamik bir şekilde yapılması için çalışmalar yapılabilir. Hem ATCo'lar tarafında daha eşit çalışma şartları hem de hava sahasının daha kolay yönetilebilirliği hava trafik akış ve kapasite yönetimi açısından verimli olacaktır. Ayrıca artan trafik taleplerini karşılayabilmek için hava sahası sektör tasarımlarını yenilemeli ve eşit iş yükü dağıtımını sağlayarak kapasitenin artırılmasını sağlamak için çalışmalar yapılmalıdır.

Gelecek çalışmalar, tespit edilen kriter ağırlıklandırmaları sayesinde eşit iş yükü dağılımını amaçlayarak kapasiteyi arttırmayı hedefleyen, dinamik bir sektörizasyon modeli üzerine olacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] International Civil Aviation Organization. (2001). *Air Traffic Services*.
- [2] Letondal, C., Hurter, C., Lesbordes, R., Vinot, J.-L., & Conversy, S. (2013). Flights in my hands : coherence concerns in designing Strip'TIC, a tangible space for air traffic controllers. *SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, (s. 2175-2184). Paris, Fransa.
- [3] Devlet Hava Meydanları İşletmesi. (tarih yok). *Meydan Kontrol Teori Ders Notları*.
- [4] Resmî Gazete. (2007). HAVA TRAFİK KONTROL HİZMETLERİ PERSONELİ LİSANS VE DERECELENDİRME YÖNETMELİĞİ (SHY 65-01).
- [5] Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü. (2016). TÜRK HAVA SAHASINDA HAVA TRAFİK HİZMETLERİNİN UYGULANMASINA İLİŞKİN USUL VE ESASLAR TALİMATI (SHT-HTH) Taslağı.
- [6] Antulov-Fantulin, B., Juričić, B., Radišić, T., & Çetek, C. (2020). Determining Air Traffic Complexity – Challenges and Future Development. *Promet-Traffic&Transportation* 32(4), 475-485.
- [7] EUROCONTROL. (tarih yok). AIRAC. (2209).
- [8] Delahaye, D., Puchmorel, S., Hansman, J., & Histon, J. (2003). Air traffic complexity based on non linear dynamical systems. *ATM 2003, 5th USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar*. Budapeşte.
- [9] Laudeman, I. V., Shelden, S. G., Branstrom, R., & Brasil, C. L. (1998). *Dynamic density: An air traffic management metric*.
- [10] Christien, R., Benkouar, A., Chaboud, T., & Loubieres, P. (2002). Air traffic complexity indicators & ATC sectors classification. *Proceedings. The 21st Digital Avionics Systems Conference* (s. 2D3-2D3). IEEE.
- [11] EUROCONTROL. (2023). *En-route IFR flights and ATFM delays (AUA)*.
- [12] Pawlak, W. S., Brinton, C. R., Crouch, K., & Lancaster, K. M. (1996). A framework for the evaluation of air traffic control complexity. *In Guidance, Navigation, and Control Conference*.
- [13] Schaefer, D., Meckiff, C., Magill, A., Pirard, B., & Aligne, F. (2001). Air traffic complexity as a key concept for multi-sector planning. *20th DASC. 20th Digital Avionics Systems Conference*. 2, s. 7E5-1. IEEE.
- [14] Histon, J. M., Hansman, R. J., Gottlieb, B., Kleinwaks, H., Yenson, S., Delahaye, D., & Puechmorel, S. (2002). Structural considerations and cognitive complexity in air traffic control. *Proceedings. The 21st Digital Avionics Systems Conference*. 1, s. 1C2-1C2. IEEE.
- [15] Delahaye, D., Paimblanc, P., Puechmorel, S., Histon, J. M., & Hansman, R. J. (2002). A new air traffic complexity metric based on dynamical system modelization. *Proceedings. The 21st Digital Avionics Systems Conference*. 1, s. 4A2-4A2. IEEE.

- [16] Yousefi, A., & Donohue, G. (2004). Temporal and Spatial Distribution of Airspace Complexity for Air Traffic Controller Workload-Based Sectorization. *AIAA 4th aviation technology, integration and operations (ATIO) forum*, (s. 6455).
- [17] Gianazza, D., & Guittet, K. (2006). Evaluation of air traffic complexity metrics using neural networks and sector status. *2nd International Conference on Research in Air Transportation*. Belgrad.
- [18] Flener, P., Pearson, J., Agren, M., Garcia-Avello, C., Çeliktin, M., & Dissing, S. (2007). Air-traffic complexity resolution in multi-sector planning. *Journal of Air Transport Management*, 323-328.
- [19] Kopardekar, P., Rhodes, J., Schwartz, A., Magyarits, S., & Willems, B. (2008). Relationship of maximum manageable air traffic control complexity and sector capacity. *26th International Congress of the Aeronautical Sciences (ICAS 2008), and AIAA-ATIO-2008-8885*, (s. 15-19). Alaska.
- [20] Brázdilová, S., Cásek, P., & Kubalčík, J. (2011). Air traffic complexity for a distributed air traffic management system. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering*(225(6)), 665-674.
- [21] Prandini, M., Putta, V., & Hu, J. (2012). Air traffic complexity in future Air Traffic Management systems. *Journal of Aerospace Operations*(1(3)), 281-299.
- [22] Xiao, M., Zhang, J., Kaiquan, C., & Xianbin, C. (2015). ATCEM: a synthetic model for evaluating air traffic complexity. *Journal of Advanced Transportation*, 50(3), 315-325.
- [23] Wang, H., Song, Z., & Wen, R. (2018). Modeling Air Traffic Situation Complexity with a Dynamic Weighted Network Approach. *Journal of Advanced Transportation*, 1-15.
- [24] Aruldoss, M., Lakshmi, T. M., & Venkatesan, V. P. (2013). A survey on multi criteria decision making methods and its applications. *American Journal of Information Systems*, 1(1), 31-43.
- [25] Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel psychology*(28(4)), 563-575.
- [26] Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*(53), 49-57.
- [27] Rezaei, J. (2016). Best-worst multi-criteria decision-making method: Some properties and a linear model. *Omega*(64), 126-130.
- [28] Salimi, N., & Razaee, J. (2018). Evaluating firms' R&D performance using best worst method. *Evaluation and program planning*(66), 147-155.
- [29] Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*(48(1)), 9-26.
- [30] Devlet Hava Meydanları İşletmesi. (2022). *DHMI TÜRKİYE GENELİ HAVALİMANLARI UÇAK, YOLCU VE YÜK TRAFİĞİ İSTATİSTİKLERİ*.

- [31] Devlet Hava Meydanları İşletmesi. (2021). *Annual Report*.
- [32] Devlet Hava Meydanları İşletmesi. (2022). *Faaliyet Raporu*.
- [33] Devlet Hava Meydanları İşletmesi. (2023). *Aeronautical Information Publication*.
- [34] Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European journal of operational research* 48(1), 9-26.



EKLER

EK 1

Hava Sahası Karmaşıklığını Etkileyen Faktörler Değerlendirme Anketi		
(İlgili faktörün hava sahası karmaşıklığını etkilediğini düşünüyorsanız EVET, etkilemediğini düşünüyorsanız ise HAYIR işaretleyiniz)	EVET	HAYIR
Akışın Dağılımı/Yönü		
Alçalış Halinde Sektörden Giden Trafikler		
Alçalış Halinde Sektöre Gelen Trafikler		
Ayrımlar, Sıralamalar, Usuller vb. Kurallar Bütünü		
Aynı Hava Trafik Kontrol Ünitesinden (Komşu Sektörden) Sektöre Gelen Uçuş Sayısı		
Aynı Hava Trafik Kontrol Ünitesinin Bir Diğer Sektörüne Giden Uçuş Sayısı		
Aynı Rotada Birleşme/Kesişme/Hotspot Sayısı		
Aynı Ünite İçerisindeki Kontrolörler ile Yapılan Koordinasyonlar		
Birim Alan Başına Düşen Trafik Sayısı		
Birim Zamanda Sektöre Gelen Trafikler		
Çağrı Adı Karmaşıklığı		
Düz Uçuş Halinde Sektörden Giden Trafikler		
Düz Uçuşta Sektöre Gelen Trafikler		
Ekip İçi İş Yüğü Dağılımı		
Ekipman Durumu/Kullanımı		
Emergency-Lokal Uçuşlar vb. Sayıları		
Farklı Bir Hava Trafik Kontrol Ünitesinden Sektöre Gelen Trafik Sayısı		
Frekans Yoğunluğu		
Gerekli Tüm Koordinasyonlar		
Görüş Düşüklüğü		
Hava Sahasındaki Hava Alanı Sayısı		
İniş ve Kalkış Yapan Toplam Trafik Sayısı		
Karşılıklı Rotada Birleşme/Kesişme/Hotspot Sayısı		
Kesişen Rotalarda Birleşme/Kesişme/Hotspot Sayısı		
Kontrolör Tecrübesi		
Kullanabilecek Uçuş Seviyesi Sayısı		
Ortalama Rüzgâr Hızı		
Rotada Toplam Verilen Değişiklik Talimatı (Uçuş Başı, Direkt Rota) Sayısı		
Sektör Boyutları		
Sektör İçinde Sıralama Yapılmasını Gerektiren Trafik Sayısı		
Sektör Şekli		
Sektörde Anlık Maksimum Trafik Sayısı		
Sektöre Giriş/Çıkış Noktası Sayısı		
Sektörün En Yoğun Saatteki Trafik Sayısı		
Sektörün İçindeki Yolların Sayısı		
Sektörün Ortalama Saatlik Trafik Sayısı		
Seviye Değişimi Sayısı		
Tahditli/Yasaklı/ Tehlikeli Saha Varlığı veya Yakınlığı		
Tırmanan ve Alçalan Uçak Kuyruk Türbülansı Kategori Farklılıkları		
Tırmanış Halinde Sektörden Giden Trafikler		
Tırmanış Halinde Sektöre Gelen Trafikler		
Trafiğin Sektör İçerisinde Düz Uçuşta Geçirdiği Süre		
Trafiğin Sektör İçerisinde Geçirdiği Ortalama Uçuş Süresi		
Trafiğin Sektör İçerisinde Tırmanışta Geçirdiği Süre		
Trafikler Arasındaki Performans Farklılıkları		
Trafiklerin Devrinden Sonra Kesişme Noktasına Kadar Geçen Toplam Süre		
Trafiklerin Dikeyde Belirli Seviyelerde Yoğunlaşması		
Trafiklerin Sektör İçindeki Dağılımı		
VFR/IFR Oranı		

Ek 1. Hava sahası karmaşıklığını etkileyen faktörler değerlendirme anketi

EK-2

Hava Sahası Karmaşıklığını Etkileyen Faktörlerin Ağırlıklandırılması Anketi

Toplam Faktör Sayısı	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Faktör 4	Faktör 5	Faktör 6	Faktör 7	Faktör 8
Faktörler								

En önemli faktör	
En önemsiz faktör	

En önemli faktörün diğer faktörlere göre üstünlüğü	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Faktör 4	Faktör 5	Faktör 6	Faktör 7	Faktör 8
En Önemli Faktör								

Diğer faktörlerin en önemsiz faktöre göre üstünlüğü	En Önemsiz Faktör
Faktör 1	
Faktör 2	
Faktör 3	
Faktör 4	
Faktör 5	
Faktör 6	
Faktör 7	
Faktör 8	

Ek 2. Hava sahası karmaşıklığını etkileyen faktörlerin ağırlıklandırılması anketi

EK-3



T.C.
ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Etik Kurulları Sekreteryası

Sayı : E-87914409-050.03.04-2300006613
Konu : 27/01/2023 Tarihli 1/1 Sayılı Etik
Kurul Kararı

30.01.2023

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

İlgi : 16.01.2023 tarihli ve E-60850919-300-2300003372 sayılı yazınız.

İlgi yazınıza istinaden Rektörlüğümüze gönderilen Dr. Öğr. Üyesi Fulya AYBEK ÇETEK' in yürütücülüğünü yaptığı "Terminal Hava Sahası Karmaşıklığı Faktörlerinin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Kullanılarak İncelenmesi" başlıklı Lisansüstü Tez çalışmasına ilişkin başvurusu Fen ve Mühendislik Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu tarafından incelenmiş olup etik açıdan uygun bulunmuştur.

Bilgilerinizi ve uygulama dosyasının hazırlanmasında, ilgili kurumun bulunması halinde Etik Kurulu Yönergesinin dikkate alınması hususunda gereğini rica ederim

Prof. Dr. Onur KAYA
Rektör Yardımcısı

Belge Doğrulama Kodu: EMF9AMU

Bu belge, güvenli elektronik imza ile onaylanmıştır.

Belge Takip Adresi:
<https://ubys.eskisehir.edu.tr/ERMS/Record/ConfirmationPage/Index>

Adres: Eskişehir Teknik Üniversitesi İki Eylül Kampüsü 26555 Tepebaşı/ESKİŞEHİR

Telefon No: (0 222) 2137777 - 7453

e-Posta:

Kep Adresi: eskisehirt teknikuniversitesi@h01.kon.tr

Faks No: (0 222) 2137070

İnternet Adresi:

Bilgi için :

Çiğdem Armağan
Büro Görevlisi

Telefon No:

(0 222) 2137008 - 7008



Ek 3. Etik kurul onayı

ÖZGEÇMİŞ

ORCID NO: 0009-0003-3762-6031

Ad Soyad : Eray KAÇAR

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2021, Araştırma Görevlisi, İstanbul Nişantaşı Üniversitesi, Hava Trafik Kontrolü
- 2020, Nişantaşı Üniversitesi, Sivil Havacılık Yüksekokulu, Hava Trafik Kontrol

