

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**HAVA ÜSTÜNLÜĞÜ SAĞLAMAK İÇİN
İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ KONUŞLANDIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Rüveyda KARLANKUŞ

Savunma Teknolojileri Anabilim Dalı

Savunma Teknolojileri Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. İrem UÇAL SARI

MAYIS 2024

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**HAVA ÜSTÜNLÜĞÜ SAĞLAMAK İÇİN
İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ KONUŞLANDIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Rüveyda KARLANKUŞ
(514201030)**

Savunma Teknolojileri Anabilim Dalı

Savunma Teknolojileri Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. İrem UÇAL SARI

MAYIS 2024

ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY ★ GRADUATE SCHOOL

UNMANNED AERIAL VEHICLES POSITIONING FOR AIR SUPERIORITY

M.Sc. THESIS

**Rüveyda KARLANKUŞ
(514201030)**

Department of Defense Technologies

Defense Technologies Programme

Thesis Advisor: Doç. Dr. İrem UÇAL SARI

MAY 2024

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 514201030 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Rüveyda KARLANKUŞ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “HAVA ÜSTÜNLÜĞÜ SAĞLAMAK İÇİN İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ KONUŞLANDIRILMASI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. İrem UÇAL SARI**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Özgür KABAK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Selçuk ÇEBİ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 29 Nisan 2024
Savunma Tarihi : 6 Mayıs 2024





Aileme ve dostlarıma,



ÖNSÖZ

Tez araştırmalarımı ve çalışmalarımı gerçekleştirirken desteklerini hiç eksik etmeyen her daim yanımda olan aileme, hocalarıma ve dostlarıma teşekkür ederim.

Mayıs 2024

Rüveyda Karlankuş
(Endüstri Mühendisi)





İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
SEMBOLLER	xv
ÇİZELGE LİSTESİ	xvii
ŞEKİL LİSTESİ	xix
ÖZET	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
3. HAVA SAVUNMA SİSTEMLERİ	13
3.1 Hava Muhaberesi Tarihsel Gelişimi	13
3.2 Hava Savunma Teknolojileri Bileşenleri	14
3.2.1 Hava savunma teknolojileri bileşenleri - hava aracı	14
3.2.2 Hava savunma teknolojileri bileşenleri - silah sistemleri	27
3.3 Harekât Konsepti Kapsamı	28
3.4 Harekât Konsepti Aşamaları	30
3.5 Hava Savunma Stratejisi	32
4. MODEL KURMA	35
4.1 Problem Tanımı	35
4.2 Genel Parametreler	35
4.2.1 Sabit parametre	35
4.2.2 Değişken parametre	36
4.3 Problem-1 Çözüm Aşamaları	36
4.3.1 Çok Kriterli Karar Verme: AHP ve TOPSIS Yöntemleri	37
4.3.1.1 Alternatif Senaryo Belirleme	41
4.3.1.2 Karar Kriterleri	68
4.4 Problem-2 Çözüm Aşamaları	88
4.4.1 Havaalanlarının Belirlenmesi	88
4.5 Sonuçların Yorumlanması	93
5. SONUÇ	95
5.1 Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler	97
KAYNAKLAR	99
EKLER	105
EK A	107
ÖZGEÇMİŞ	111



KISALTMALAR

AHP	: Analitik Hiyerarşı Prosesi
TOPSIS	: İdeal Çözüme Benzerlik Bakımından Sıralama Performansı Tekniği
İHA	: İnsansız Hava Aracı
Maks	: Maksimum
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
MTOW	: Maksimum Kalkış Ağırlığı



SEMBOLLER

lat	: Enlem koordinatı
lon	: Boylam koordinatı
R	: Dünyanın yarıçapı
Δlat	: Enlem koordinatları arasındaki fark
Δlot	: Boylam koordinatları arasındaki fark





ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Aksungur özellikleri, (Url-13).	15
Çizelge 3.2 : S-70 Okhotnik-B özellikleri, (Url-14).	16
Çizelge 3.3 : Akıncı özellikleri, (Url-15).	17
Çizelge 3.4 : Kızılelma özellikleri, (Url-16).	17
Çizelge 3.5 : X-47B özellikleri, (Url-17).	18
Çizelge 3.6 : ANKA-3 özellikleri, (Url-18).	19
Çizelge 3.7 : Hava araçları görev tipleri örnekleri.	19
Çizelge 3.8 : Su-25 özellikleri, (Url-3).	20
Çizelge 3.9 : B-52 özellikleri, (Url-4).	21
Çizelge 3.10 : F-5 özellikleri, (Url-5).	22
Çizelge 3.11 : F-18 Hornet özellikleri, (Url-6).	24
Çizelge 3.12 : F-16 Fighting Falcon özellikleri, (Url-7).	25
Çizelge 3.13 : F-15E Strike Eagle özellikleri, (Url-8).	26
Çizelge 3.14 : F-22 Raptor özellikleri, (Url-9).	27
Çizelge 4.1 : İHA'ların özellikleri	36
Çizelge 4.2 : 800 km, 1300 km ve 2000 km görev yarıçapındaki ülkelerin listesi.	42
Çizelge 4.3 : Revize edilen 800 km, 1300 km ve 2000 km görev yarıçapındaki ülkelerin listesi.	43
Çizelge 4.4 : Hava saldırı uçağı envanter listesi.	44
Çizelge 4.4 (devam): Hava saldırı uçağı envanter listesi.	45
Çizelge 4.6 : Hava araçları görev tipleri tehdit derecelendirilmesi.	47
Çizelge 4.7 : Hava tehdit unsuru ülkelerin tehdit puanları.	47
Çizelge 4.8 : Alternatif İHA miktarı – 800 km savunma hattı menzili.	50
Çizelge 4.9 : Savunma yapılacak savaş araçları miktarı.	51
Çizelge 4.10 : Güncel savunma yapılacak savaş araçları miktarı.	51
Çizelge 4.11 : Hava ve yer mühimmatı konfigürasyon dağılımı.	52
Çizelge 4.12 : Hava mühimmatı konfigürasyon dağılımı.	54
Çizelge 4.13 : Yer mühimmatı konfigürasyon dağılımı.	54
Çizelge 4.14 : “Suriye” ve “Yunanistan” envanterindeki uçaklar için oluşturulan farklı mühimmat konfigürasyonları.	56
Çizelge 4.15 : İHA-A ve İHA-B miktarı.	57
Çizelge 4.16 : Tüm ülkelerin envanterindeki uçaklar için oluşturulan farklı mühimmat konfigürasyonları.	58
Çizelge 4.16 (devam): Tüm ülkelerin envanterindeki uçaklar için oluşturulan farklı mühimmat konfigürasyonları.	59
Çizelge 4.17 : İHA-A ve İHA-B miktarı.	60
Çizelge 4.18 : Alternatif İHA miktarı – 800 km savunma hattı menzili.	60
Çizelge 4.19: “İsrail” envanterindeki uçaklar için oluşturulan farklı mühimmat konfigürasyonları.	62

Çizelge 4.20 : İHA-A ve İHA-B miktarı.	63
Çizelge 4.21 : “İsrail” ve “Suriye” envanterindeki uçaklar için oluşturulan farklı mühimmat konfigürasyonları.	64
Çizelge 4.22 : İHA-A ve İHA-B miktarı.	65
Çizelge 4.23 : Tüm ülkelerin envanterindeki uçaklar için oluşturulan farklı mühimmat konfigürasyonları.	66
Çizelge 4.23 (devam) : Tüm ülkelerin envanterindeki uçaklar için oluşturulan farklı mühimmat konfigürasyonları.	67
Çizelge 4.24 : İHA-A ve İHA-B miktarı.	68
Çizelge 4.25 : Karar kriterleri – Toplam İHA maliyeti.	69
Çizelge 4.26 : Alternatif Senaryo - İHA-A ve İHA-B havalimanı miktarı.	70
Çizelge 4.27 : Karar kriterleri – Havalimanı maliyeti.	71
Çizelge 4.28 : Alternatif senaryoların tehdit derecesi.	72
Çizelge 4.29 : Toplam tüm ülkelerin tehdit derecesi.	73
Çizelge 4.30 : Topyekün savunma etkinlik oranı.	74
Çizelge 4.31 : İHA-A Toplam kapsanan ülke matrisi.	77
Çizelge 4.32 : İHA-B Toplam kapsanan ülke matrisi.	78
Çizelge 4.33 : Tekil saldırı etkinlik oranı.	79
Çizelge 4.34 : Alternatif Senaryolar ve Karar Kriterleri	80
Çizelge 4.35 : Değerlendirme Ölçeği (Saaty, 1990).	81
Çizelge 4.36 : İkili Karşılaştırma Matrisleri.	82
Çizelge 4.37 : Nihai ikili karşılaştırma matrisi.	82
Çizelge 4.38 : Kriter Önem Dereceleri.	83
Çizelge 4.39 : Rassal değer indeksi. Saaty, (1994)	83
Çizelge 4.40: Normalize karar matrisi.	85
Çizelge 4.41 : Ağırlıklı normalize karar matrisi.	86
Çizelge 4.42 : İdeal çözüm değerleri.	86
Çizelge 4.43 : İdeal çözüm uzaklık ve yakınlık katsayısı hesabı.	87
Çizelge 4.44 : En ideal alternatif senaryoların havalimanı miktarı	89
Çizelge 4.45: Askeri havalimanları.	90
Çizelge 4.46 : A1, 1, 1 için belirlenen askeri havalimanları ve konuşlandırılacak İHA lar.	91
Çizelge 4.47 : A2, 1, 3 için belirlenen askeri havalimanları.	92
Çizelge 4.48 : A2, 1, 1 için belirlenen askeri havalimanları.	92

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. : Yayınların yıllara göre incelenmesi (Url-1).	5
Şekil 2.2. : Yayınların menşelerine göre dağılımı (Url-1).....	6
Şekil 2.3. : Türkiye menşeli yayınların yıllara göre dağılımı (Url-1).	7
Şekil 3.1. : Aksungur görseli.	15
Şekil 3.2. : S-70 Okhotnik-B görseli.....	16
Şekil 3.3. : Akıncı görseli.	16
Şekil 3.4. : Kızılelma görseli.	17
Şekil 3.5. : X-47B görseli.....	18
Şekil 3.6. : ANKA-3 görseli.	18
Şekil 3.7. : Su-25 görseli.....	20
Şekil 3.8. : B-52 uçağı görseli.....	21
Şekil 3.9. : F-5 uçağı görseli.....	22
Şekil 3.10. : F-18 Hornet uçağı görseli.....	23
Şekil 3.11. : F-16 Fighting Falcon uçağı görseli.....	24
Şekil 3.12. : F-15E Strike Eagle uçağı görseli.	25
Şekil 3.13. : F-22 Raptor uçağı görseli.....	26
Şekil 3.14. : F-35 Lightning II uçağı görseli.....	27
Şekil 3.15 : Hava hareket konsepti.	29
Şekil 4.1. : Haversine mesafe formülü pyhton kodu.	41
Şekil 4.2. : Ülkelerin hava kuvvetleri envanter grafiğı.	46
Şekil 4.3. : 800 km savunma hattı tehdit karşıt unsurun hava gücü.	50
Şekil 4.4. : 1300 km savunma hattı tehdit karşıt unsurun hava gücü.	61



HAVA ÜSTÜNLÜĞÜNÜ SAĞLAMAK İÇİN İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ KONUŞLANDIRILMASI

ÖZET

Geçmişten günümüze devletler kendi çıkarını önceleme, üstünlük kurma, statükonun muhafazası, dini, millî, siyasi ve ekonomik gibi çok farklı sebeplerden dolayı kendi varlık bütünlüklerini korumak amacıyla savunma sistemlerini genişletmeye ve geliştirmeye çalışmışlardır. Ülkeler arasındaki çatışmalarda üstünlük kurmayı sağlayan en önemli etkenlerden biri savunma sanayinde yapmış oldukları teknolojik atılımlar ve sahip oldukları savunma sistemleridir. Savunma sanayinde; Kara Savunma Sistemleri, Deniz Savunma Sistemleri ve Hava Savunma Sistemleri olmak üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Hava savunma sistemleri operasyonel yarıçapının fazla olması sebebiyle ülkelerin birbiri üzerinde üstünlük kurma yarışında önemli bir rol oynamaktadırlar. Hava Savunması sisteminin bir parçası olan hava araçları ilk olarak 1. Dünya savaşında keşif ve gözetleme için amacıyla kullanılmıştır ve savaşta düşman unsura karşı ciddi bir avantaj elde edilmesine, savaşta düşman unsurların bir adım önüne geçilmesine olanak sağlamıştır. Savaşta taraflardan birini avantajlı konuma getirmesi üzerine havacılık sektöründeki gelişmeler hız kazanmıştır. Görev icra edilecek bölgeye daha kısa sürede ulaşabilecek, yer tarafından gelebilecek saldırılardan daha hızlı kaçabilecek hızlı hava araçları tasarlanmaya başlanmıştır. Tasarımlar sonucunda ortaya çıkan hızlı hava araçları ile daha kısa sürede gözetleme yapılarak daha fazla bilgi toplanmaya başlanmıştır. Sonrasında hava araçlarına mühimmatlar entegre edilerek hava araçlarının taarruz misyonu kazanması da sağlanmıştır. Mühimmat teknolojilerinin gelişmesiyle de hava araçlarının harekât yarıçapları ve yetkinlikleri artırılmıştır. Teknolojinin gelişmesiyle hava araçları insansız hale getirilmiştir. İnsansız savaş uçaklarında, pilotun bulunmaması pilotların can kaybı riskini ortadan kaldırmıştır. Hava araçlarının görev etkinlikleri artırılmıştır. İnsansız hava araçları olası bir tehlike durumunda savunma maksadıyla dost unsurları korumak, kıymetli unsurları korumak, stratejik altyapıları korumak vb. gibi birçok farklı görev tipinde kullanılabilir. Türkiye’de Havacılık Savunma Sanayi kapsamında üretimi yapılan birçok yerli İnsansız Hava Aracı bulunmaktadır. Bu hava araçları Türkiye’nin hava sahasını korumak, hava savunma etkinliğini artırmak amacıyla kullanılmaktadır. Türkiye’nin tehdit unsurlara karşı hava üstünlüğünü veya hava eşliği sağlamak maksadıyla, insansız hava araçlarının farklı bölgelere farklı miktarda konuşlandırılması gerekmektedir. Hangi bölgelerde kaç adet hangi tipte insansız hava aracı konuşlandırılması olası bir tehdit durumunda savunmanın sağlanabilmesi için önemlidir. Bu tezde insansız hava araçlarının konuşlandırılmasına yönelik çalışmalar değerlendirilmiş ve matematiksel modeller ile hava üstünlüğünü sağlamak için insansız hava araçları en uygun şekilde konuşlandırılmıştır.



UNMANNED AERIAL VEHICLES POSITIONING FOR AIR SUPERIORITY

SUMMARY

From the past to the present, states have endeavored to expand and enhance their defense systems in order to preserve their territorial integrity for various reasons such as prioritizing their interests, establishing superiority, maintaining the status quo, and religious, national, political, and economic concerns. Technological advancements and the defense systems they possess are among the most significant factors enabling states to establish superiority in conflicts between nations. Studies in defense industry focus on Land Defense Systems, Naval Defense Systems, and Air Defense Systems. Technological advancements and defense systems possessed have been crucial factors in gaining superiority in interstate conflicts, with air defense systems being among the most important. Geopolitical dynamics, along with international security and strategic balances, have increased the significance of the air defense industry. The rapid evolution of aviation technologies has become a fundamental necessity in ensuring the security of international airspace and strengthening defense strategies. Air defense systems not only protect a country's territorial integrity but also become a strategic factor influencing regional and global power balances. Due to their extensive operational range, air defense systems play a critical role in the race for superiority on the international stage. As part of the Air Defense System, aircraft were used for reconnaissance and surveillance purposes during World War I, providing a significant advantage against enemy elements and advancing in warfare. With the advent of warfare, the need for technologies that provide an advantage in conflicts led to the rapid development of warplanes. For instance, the use of warplanes with low operational altitude in the early days prompted developments to counter threats from the ground. Aviation sector advancements accelerated as the ability to position aircraft quickly to a designated area and swiftly fend off ground attacks became essential. The emergence of fast aircraft facilitated faster reconnaissance and data gathering. Subsequently, integrating armaments onto aircraft provided them with offensive capabilities. The development of munitions technologies further enhanced the operational range and capabilities of aircraft. With technological advancements, aircraft were unmanned. Warplanes in the latest technology are being unmanned and endowed with autonomous decision-making capabilities through artificial intelligence. The absence of pilots in unmanned combat aerial vehicles eliminates the risk of pilot losses, thereby increasing the mission effectiveness of aircraft. Unmanned aerial vehicles are more cost-effective than manned combat aircraft. Eliminating the presence of pilots eradicates the continuous training costs allocated for pilots and mitigates the risk of losing competent pilots. In situations where human life is at stake, such as high-risk scenarios, the possibility of losing human life and the possibility of pilots choosing not to engage are eliminated with the unmanned conversion of combat aircraft. Unmanned aerial vehicles can be used for defense purposes against potential threats in various mission types, including protecting friendly forces, safeguarding valuable assets, and securing strategic infrastructure. In Turkey, many indigenous

Unmanned Aerial Vehicles are produced within the scope of Aerospace Defense Industry. These aircraft are used to protect Turkey's airspace and enhance air defense effectiveness. The need to position various quantities and types of aircraft in different regions arises to maintain air superiority or balance against threat elements. To determine the ideal quantity of unmanned aerial vehicles, multi-criteria decision making, a methodology for evaluating multiple criteria or objectives for decision-making processes, has been utilized in this study. Multi-criteria decision making encompasses a range of methods and techniques used to address complex decision-making problems. Among the multi-criteria decision making methods, the analytic hierarchy process (AHP) method is commonly used, particularly in determining the importance levels of decision criteria. Since the AHP method is based on pairwise comparisons of decision criteria and also checks the consistency of decision-makers, and relatively has easy calculation steps, it is frequently preferred in quantifying subjective evaluations. For comparing alternatives, the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) method stands out, focusing on selecting the alternative closest to the positive ideal solution and farthest from the negative ideal solution. TOPSIS provides a comprehensive solution among alternatives evaluated under numerous criteria. It allows a decision-maker to determine the most suitable alternatives considering multiple criteria. TOPSIS provides a ranking among alternatives, enabling decision-makers to see how different alternatives perform relative to each other. TOPSIS includes preprocessing steps such as normalizing and weighting criteria, enabling the proper comparison of criteria with different scales and importance levels and results clearly indicate differences among alternatives, facilitating decision-makers in selecting the most suitable alternatives. For this reason, the TOPSIS technique has been preferred in this study.

Within the scope of the study, four different decision criteria for decision-making have been determined as total unmanned aerial vehicle cost, airport infrastructure installation cost, singular attack effectiveness rate, and overall defense effectiveness rate. The aim of this study is to determine the ideal quantity of unmanned aerial vehicles based on the decision criteria used and determine the best alternative scenario for their deployment to several military airports. Alternative scenarios were created by altering parameters such as defense line range, overall defense situation, and munitions configuration. Under the defense line range, two alternatives were identified: 800 km and 1300 km. Within the determined defense line range, countries targeted by the threat element were initially listed based on distance calculation. Subsequently, the threat levels of these countries were calculated based on the competence of the combat aircraft in their inventory. In the 800 km defense line range, scenarios such as engaging with one country, engaging with two countries, and engaging with all countries within the defense line range were evaluated, along with different munitions configuration situations. 9 different alternative scenarios were created. In the 1300 km defense line range, scenarios such as engaging with one country, engaging with two countries, and engaging with all countries within the defense line range were evaluated, along with different munitions configuration situations. 9 different alternative scenarios were created. In total, 18 different quantities of unmanned aerial vehicles were determined. The effects of unmanned aerial vehicle cost, airport infrastructure and installation costs, singular attack effectiveness rates, and overall defense effectiveness rates were observed on the 18 alternative scenarios established. When determining a nation's defense strategy, cost is a crucial decision criterion due to the substantial portion defense expenditures typically comprise in the state budget. Defense spending encompasses various areas,

including the procurement of military equipment, soldiers' salaries, training, maintenance, and operational expenses. Therefore, a nation's defense strategy should be cost-effective, meaning that the benefits provided should outweigh the costs. Additionally, the effectiveness of the defense strategy also influences the cost balance; a more expensive strategy may not necessarily be more effective. Hence, considering the cost factor is essential when determining a country's defense strategy. Unmanned aerial vehicles have become increasingly pivotal in modern defense strategies, necessitating the establishment of suitable infrastructure for their deployment. This infrastructure encompasses locations where unmanned aerial vehicles can take off and land, as well as facilities for maintenance and logistical support. The cost of airport infrastructure setup is a significant decision criterion for the effective utilization of unmanned aerial vehicles. This cost includes expenditures for constructing a suitable airport or airbase or upgrading existing facilities to meet the required standards. It encompasses the construction or enhancement of runways, hangars, maintenance facilities, fuel depots, logistical centers, and security systems. The cost of establishing adequate infrastructure for unmanned aerial vehicles deployment can constitute a substantial portion of the defense budget. Therefore, when determining a country's strategy for utilizing unmanned aerial vehicles, it is crucial to consider both these costs and the benefits that unmanned aerial vehicles can provide. Balancing cost and benefit forms the foundation of an effective deployment strategy. The air defense industry not only entails advanced technological capabilities but also fosters international collaborations and strategic partnerships. Developments in this field can have significant impacts not only on defense but also on trade, diplomatic relations, and industrial cooperation. Inter-country competition incentivizes innovation and progress in this domain, creating an important dynamic for the continuous improvement of aerospace defense systems. The air defense industry has become a decisive factor not only in a country's ability to protect its own territory but also in international relations. Today, the protection of a country's airspace holds strategic importance not only in wartime scenarios but also in a broad spectrum of contexts such as counterterrorism, cybersecurity, and crisis situations. Therefore, air defense systems and technologies are viewed as critical components for ensuring both the internal and external security of a nation. In the strategy of air defense, deterrence plays a paramount role. Demonstrating that a country's air defense system is robust and effective is crucial for deterring potential threat actors. A potent inventory of air defense assets sends a clear message that any hostile aerial incursion would result in significant consequences. This situation serves to dissuade potential aggressors from entertaining the notion of an attack and thereby contributes to the preservation of peace. The foundation of deterrence lies in inducing potential adversaries to contemplate the consequences of their aggressive actions and to opt for abstention from such actions. Consequently, a country's air defense system serves not only defensive purposes but also functions as a strategic deterrent. A strong air defense inventory operates as a coercive element against potential threat actors, thereby enhancing national security.

1. GİRİŞ

Dünya genelindeki jeopolitik dinamikler, uluslararası güvenlik ve stratejik dengeler, hava savunma sanayisinin önemini artırmıştır. Havacılık teknolojilerindeki hızlı evrim, uluslararası alanda hava sahasının güvenliğini sağlamak ve savunma stratejilerini güçlendirmek için birincil bir gereklilik haline gelmiştir. Hava savunma sistemleri, günümüzde sadece bir ülkenin toprak bütünlüğünü korumakla kalmayıp aynı zamanda bölgesel ve küresel güç dengelerini de etkileyen stratejik bir faktör haline gelmiştir.

Hava savunma sanayisi, gelişmiş teknolojik yeteneklerin yanı sıra uluslararası iş birliklerini ve stratejik ortaklıkları da beraberinde getirmektedir. Bu alandaki gelişmeler, sadece savunma değil, aynı zamanda ticaret, diplomatik ilişkiler ve endüstriyel iş birliklerinde de önemli etkilere sahip olabilmektedir. Ülkeler arası rekabet, bu alanda yenilik ve ilerlemeyi teşvik etmekte ve havacılık savunma sistemlerinin sürekli geliştirilmesi için önemli bir dinamizm oluşturmaktadır.

Hava savunma sanayisi, bir ülkenin kendi topraklarını koruma yeteneği kadar uluslararası ilişkilerde de belirleyici bir faktör haline gelmiştir. Günümüzde, bir ülkenin hava sahasının korunması, sadece savaş durumlarında değil, aynı zamanda terörle mücadele, siber güvenlik ve kriz durumları gibi geniş bir yelpazede stratejik bir öneme sahiptir. Bu nedenle, hava savunma sistemleri ve teknolojileri, bir ülkenin iç ve dış güvenliğini sağlamak için kritik bir bileşen olarak görülmektedir.

Hava savunma sanayisi, teknolojik gelişmelerin yanı sıra ekonomik ve politik faktörlerin de etkisiyle sürekli evrilen bir alandır. İlerleyen teknoloji, düşük radar izine sahip insansız hava araçları (İHA), seyir füzeleri, balistik füzeler ve akıllı mühimmatlar gibi yeni tehdit unsurlarını beraberinde getirmekte ve savunma sistemlerinin sürekli olarak adapte olmasını gerektirmektedir. Bu durum, havacılık savunma sanayisinin sürekli araştırma, geliştirme ve yenilikçilik gerektiren dinamik bir alana dönüşmesine neden olmaktadır. Sonuç olarak, hava savunma sanayisi günümüzde uluslararası güvenlik, ulusal savunma ve uluslararası ilişkiler bağlamında kritik bir role sahiptir. Havacılık savunma sistemlerindeki ilerlemeler, ülkelerin

stratejik güç dengelerini etkilerken, uluslararası iş birliklerini de şekillendirmektedir. Bu sebeple, hava savunma sanayisi ve teknolojileri, günümüzde küresel güvenliğin belirleyici unsurlarından biri olarak öne çıkmaktadır.

Türkiye, coğrafi konumu, jeopolitik dinamikleri ve bölgesel tehditlerle başa çıkma gerekliliği açısından havacılık savunma sistemlerine büyük önem veren bir ülke konumundadır. Ülke, hava savunma sistemleri alanında önemli adımlar atmış ve bu alanda stratejik bir kapasite oluşturma yönünde ciddi çabalar sarf etmiştir. Türkiye'nin hava savunma stratejileri, sadece ulusal güvenlik açısından değil, aynı zamanda bölgesel ve uluslararası güvenlik dinamikleri açısından da kritik bir rol oynamaktadır. Ülke, çevresindeki bölgesel tehditler, sınır ötesi güvenlik endişeleri ve değişen jeopolitik yapılar göz önünde bulundurularak, hava savunma sistemlerine yoğun yatırımlar yapmaktadır.

Türkiye'nin hava savunma sistemi stratejileri, genellikle farklı tehdit unsurlarına karşı etkili bir koruma sağlama amacıyla tasarlanmıştır. Bu kapsamda, İHA'lar, balistik füzeler, seyir füzeleri gibi gelişmiş tehditlerle başa çıkma kabiliyeti ve düşman hava unsurlarına karşı etkin savunma sistemleri üzerine odaklanılmaktadır. Ülke, bu savunma sistemlerini geliştirirken sadece kendi ihtiyaçlarını değil, aynı zamanda bölgesel istikrarı ve güvenliği sağlama vizyonunu da göz önünde bulundurmaktadır.

Türkiye'nin hava savunma sanayisi ve teknolojileri, uluslararası arenada da dikkat çeken bir konumdadır. Ülke, yerli savunma sanayisinin geliştirilmesi için büyük çabalar sarf etmekte ve ulusal olarak üretilen hava savunma sistemlerini kullanmaya önem vermektedir. Aynı zamanda, uluslararası iş birlikleri ve ortak projeler aracılığıyla da bu alandaki potansiyelini genişletme çabası içindedir.

Türkiye bulunduğu konum açısından, havacılığa önem vermesi gereken ülkelerden biridir (Korul ve Küçükönal, 2003). Savunma kelimesi temel manada tehdit ve saldırılara karşı kendini müdafa edebilmek, bunun için hazırlıklı olabilmek olarak tanımlanmaktadır. Savunma yapabilmek için tehditlerin ne olduğunun bilinmesi, tehdiye nasıl cevap verileceği ve kişi ya da nesnelerin nasıl korunacağını önceden planlanması gerekmektedir. Aksi halde sağlıklı bir savunma stratejisi kurabilmek mümkün olmamaktadır (Stratejik Vizyon Belgesi, 2014). Bir ülkenin egemenliğini sürdürebilmesi için her türlü hava saldırısına karşı koyma ve ülkesini müdafaada bulunabilmek için envanterindeki ekipmanları stratejik bir şekilde kullanarak savunma yapması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında, Türkiye'nin dışarıdan gelebilecek olan olası hava tehditlerine karşı hava üstünlüğü veya hava eşliği sağlayarak ülkenin

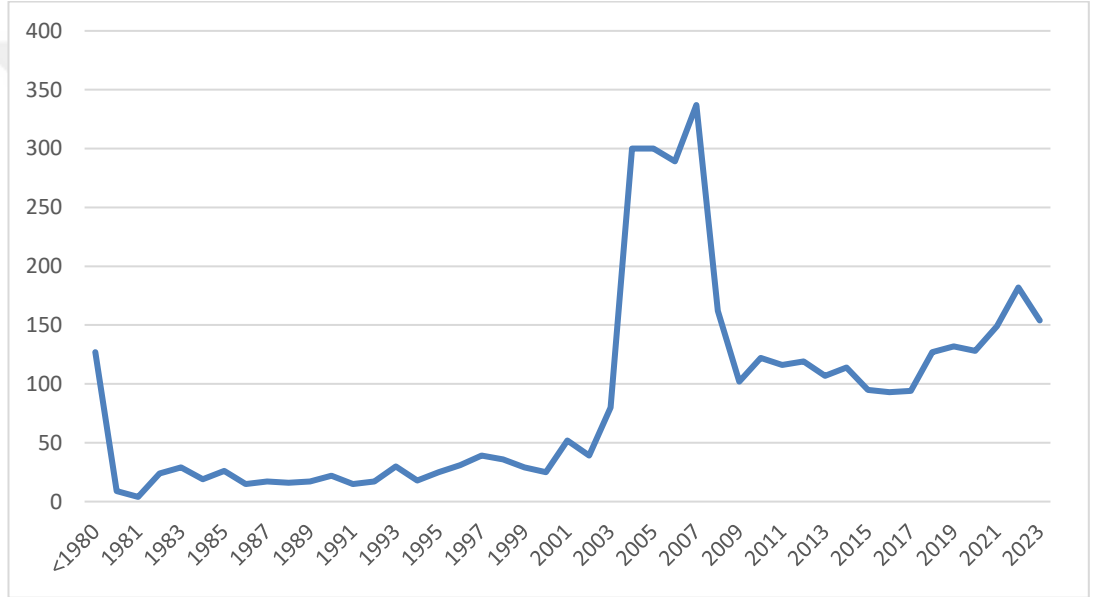
güvenliğini koruyabilmesi için farklı tipteki İHA'ların kaç adet ve nereye konuşlanması gerektiğine yönelik bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

Bu amaçla, tezin devamında ilk olarak hava savunma stratejileri konusunda detaylı literatür araştırması yapılmış ve bu alanda yapılan önemli çalışmalar özetlenmiştir. Ardından hava savunma sistemleri ile ilgili temel bilgiler; tarihsel gelişim, hava savunma teknolojileri bileşenleri, hareket konsepti kapsamı ve aşamaları ve hava savunma stratejileri başlıkları altında verilmiştir. Devamında farklı tipteki İHA'ların kaç adet ve nereye konuşlanması gerektiğine yönelik model, problemin tanımı, parametrelerin belirlenmesi ve alternatif senaryoların belirlenmesi adımları ile oluşturulmuş ve çok kriterli karar verme yöntemleri ve lineer programlama ile çözümlere sonuçlar elde edilmiştir.



2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

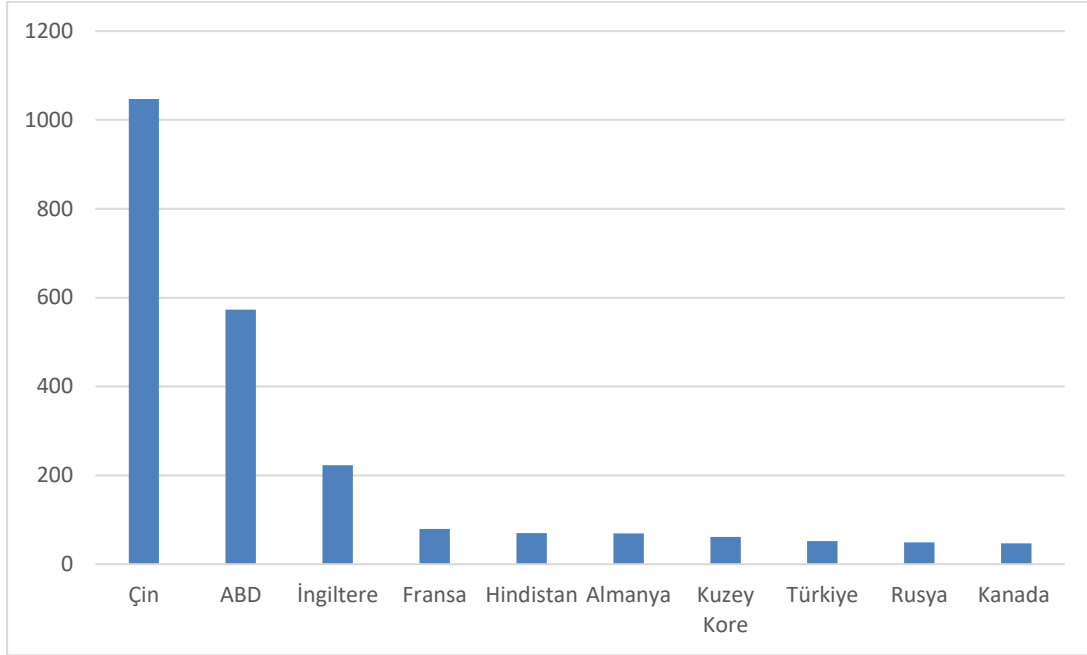
Hava muharebesi savunma stratejileri üzerine yapılan çalışmalarda birçok farklı stratejinin tercih edildiği görülmektedir. Scopus veritabanında “hava savunma” konusundaki yayınlar tarandığında 1900’den fazlası makale olmak üzere 4000’e yakın yayın yapılmış olduğu görülmüştür (Url-1). Bu çalışmaların yayınlanma yıllarına göre dağılımı Şekil 2.1’de gösterilmektedir.



Şekil 2.1. : Yayınların yıllara göre incelenmesi (Url-1).

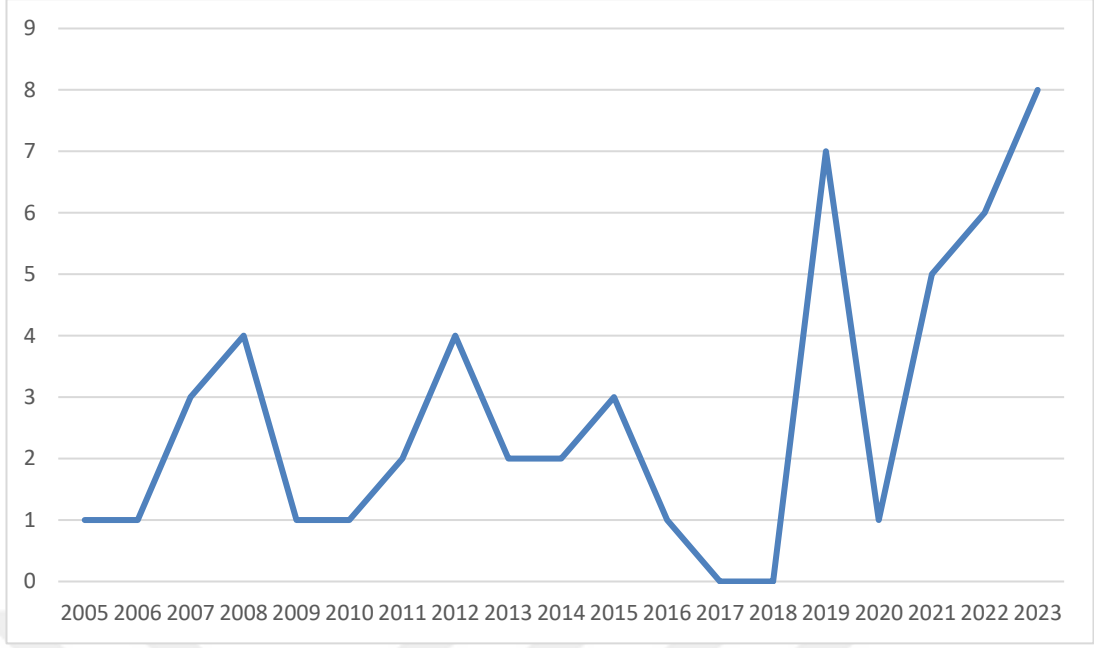
Şekil 2.1 incelendiğinde hava savunma konusunda yapılan araştırmaların 2000li yılların başında küresel savunma stratejilerinin önem kazanmasıyla doğru orantılı olarak arttığı gözlemlenmektedir. Bu dönemi takip eden yıllarda konu üzerine yapılan çalışmaların sayısında, dünyada genel olarak barışın sağlandığı ve güvenlik kaygılarının azaldığı dönem ile paralellik göstererek azalma olmuştur. Ancak bu azalmaya rağmen, bu alandaki yayınların belli bir seviyenin altına düşmediği, ülkelerin güvenliğini sağlamak üzerine stratejiler geliştirilmeye devam edildiği gözlemlenmektedir. Özellikle son yıllarda dünyadaki barış ortamının bozulması, ülkelerin savaş halinde olması nedeniyle hava savunma konusunda yapılacak çalışmaların artması beklenebilir.

Şekil 2.1’de menşelerine göre en çok yayın yapılan 10 ülkeye ait grafik verilmektedir. Türkiye jeopolitik konumu ve önemi nedeniyle hava savunma konusunda en çok yayın yapılan ülkeler arasında 8. sırada yer almaktadır.



Şekil 2.2. : Yayınların menşelerine göre dağılımı (Url-1).

Türkiye menşeli yayınların yıllara göre dağılımı Şekil 2.3’te verilmiştir. Özellikle son yıllarda bu alanda yapılan yayınlarda bir artış olduğu grafikte görülmektedir. Yakın zamanda Türkiye’nin içinde bulunduğu coğrafyada başlayan Ukrayna-Rusya ve İsrail-Filistin savaşları ülkenin hava savunmasına hazır bulunuşluğunun önemini arttırmıştır. Bundan dolayı, önümüzdeki senelerde bu alanda yapılan çalışmaların artması beklenmektedir.



Şekil 2.3. : Türkiye menşeli yayınların yıllara göre dağılımı (Url-1).

Hava muharebesi aktif birçok değişken içermektedir. Bu değişkenler arasındaki etkileşimler hava muharebesi ortamında karmaşık hale gelmektedir. Yapılan çalışmaların bir kısmında oyun teorisi yaklaşımının kullanıldığı gözlemlenmiştir. Oyun teorisinde taraflar genellikle kendi hava araçlarını en iyi şekilde kullanarak düşman hava araçlarına karşı üstünlük sağlamaya çalışmaktadırlar. Oyun teorisi, bu tür durumları modelleme ve analiz etme yeteneğiyle, stratejik kararları optimize etmek ve avantaj elde etmek için kullanılmaktadır. Shou-yi ve diğ. (2020)'nin makalesinde, karmaşık bir hava muharebe ortamında birden çok insansız hava savaş aracı için akıllı karar verme oluşturmak için bir kısıtlama strateji oyunu yaklaşımı geliştirilmiştir. İlk olarak, karmaşık bir hava muharebe ortamında saldırı ve savunma karar verme sorununu modellemek için bir kısıtlama strateji oyunu kullanılmıştır. Daha sonra, kısıtlama strateji oyununu çözmek için lineer programlama ve lineer eşitsizliklere dayalı bir algoritma önerilmiştir. Önerilen yaklaşımın etkinliğini göstermek için de bir örnek verilmiştir. Diğer bir makalede, iki benzer uçak arasındaki hava muharebelerini analiz etmek için bir oyun teorisi modeli sunulmaktadır. Önerilen yaklaşım, taraflardan birinin hava üstünlüğünü sağlamak için yapmış olduğu manevrayı oyun teorisi yaklaşımıyla karşılaştırmaktadır (Ramteke ve diğ., 2022).

Oyun teorisi stratejisi genellikle yakın taktiksel angajman ve benzer tipteki unsurlar üzerinde kullanılırken, diğer bir hava savunma stratejisi olan, satürasyon stratejisi,

unsurların etkinlik derecelerinin farklı olması durumunda, tarafların unsurları arasında eşitlik olmadığı durumlarda tercih edilmektedir. Satürasyon saldırı stratejisi, hava üstünlüğü sağlamayı amaçlaması ve dost unsurların hayatta kalmasını sağlaması sebebiyle birçok araştırmacının odak noktasını oluşturmuştur. Yapılan bir çalışmada, satürasyonun dinamikleri, tespiti ve engelleme alanları gibi unsurların dahil olduğu genişletilmiş bir durum uzayıyla bir Markov Karar Süreci olarak formüle edilmiştir. Sorunu çözmek ve toplam maliyet değerinin hesaplanmasında bir güçlendirme öğrenme yöntemi Double Deep Q-learning geliştirilmiştir. (Li ve diğ., 2021)

Satürasyon stratejisinin kullanıldığı diğer bir çalışmada, hava savunma silahlarının doymun olduğu hayali bir hava savunma senaryosu için simülasyonlar gerçekleştirilmektedir. Bu simülasyonlarda iki farklı tipte çok hedefli zeki arı kolonisi (multi objective artificial bee colony)) algoritması ve baskın olmayan genetik algoritma sıralaması III (non-dominated sorting genetic algorithm III) tarafından elde edilen çözüm kümeleri, operasyonel talepleri karşılamak için kullanılmıştır. Silah sayısının hedef sayısından fazla olduğu durumlarda daha çeşitli atama şemaları seçilebilmektedir. Kullanılan algoritmaların çözümlerinin yakınsaklığı ve çeşitliliği karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Sonuçlar, çok hedefli zeki arı kolonisi algoritmasının daha iyi bir yakınsaklığa sahip olduğunu ve çözümlerin çözüm uzayı içinde daha dengeli dağıldığını kanıtlamaktadır (Xing ve Xing, 2022).

Diğer bir yapılan çalışmada, çoklu İHA'ların bir hedefi takip etmek üzere geliştirdiği bir işbirliği stratejisini sunulmaktadır. Bu strateji, tehdit unsurdan gelen maruziyetinin minimize edilmesini amaçlamaktadır. Engellerden ve sınırlı bölgelerden kaçınılması gereken bir karşıt ortamda hareket eden bir hedefi takip etmektedir. Karşıt ortamı modellemek için olasılıksal bir yaklaşım kullanılmıştır. Bir maliyet fonksiyonu tanımlanmıştır. Bu fonksiyon, İHA'ların hedefin etrafında tehdit unsurdan gelen maruziyetin düzeyi ve hedefe olan uzaklık açısından formasyon içinde yerleşimini nicelendirmekte ve bir İHA ekibinin hedefi takip etmek için bir işbirliği stratejisi geliştirmek için kullanılmaktadır. Bu strateji, ekibin toplam tehdit unsurlarından gelen maruziyetinin ve takip boyunca ortalama uzaklığı belirten ağırlık katsayılarına göre minimize edilmektedir. Simülasyon sonuçları, engellerden ve sınırlı bölgelerden kaçınırken hedefi kaybetme riskinin azalttığını göstermiştir. Ek olarak işbirliği stratejisi tarafından yönlendirilen İHA'lar, diğer durumlara kıyasla toplam tehdit unsurlardan gelen maruziyet seviyesini artırmadan hedefi daha yakından takip edebildiği gösterilmektedir (Zengin ve Doğan, 2021).

Stratejinin nasıl oluşturulması gerektiğine yönelik yapılan araştırmalarda incelenen bir makalede stratejinin oluşturulması için freemind yazılım programı aracılığıyla bilgi haritası oluşturulmuştur. Bu bilgi haritası yardımıyla bir karar destek aracının oluşması amaçlanmıştır. Yapılan çalışmada bilginin kritiklik seviyesinin önemi, bilginin etkinliğinin önemi vurgulanmıştır. Bir stratejinin oluşturulmasının temelinde bilgi vardır. Bilginin doğruluğu etkinliği stratejinin doğruluğunu ve etkinliğine etki etmektedir (İbrişimoğlu, 2007).

Türk savunma sanayinde strateji hakkında incelenen diğer bir makalede ise ülkenin refahı, bağımsızlığı ve en önemlisi egemenliğin ve hakimiyetin sürdürülebilmesi için dışa bağımlılığın azaltılması ve yerli ve milli üretimin altı çizilmektedir. Dışa bağımlılığın ortadan kaldırılması alınan ve belirlenen stratejilerin uygulanmasında birçok engeli ortadan kaldırmakta ve diğer ülkelere karşı ciddi bir caydırma rolü oynamaktadır (Akıncı, 2007). Ülkelerin gruplandırılmasıyla ilgili yapılan araştırmalar arasında, bir araştırma seçilen 52 adet ülke arasında değişkenlere bağlı olarak kümeleme analizi yöntemiyle sınıflandırma tekniği uygulanmıştır. Ülkeler için demografik, askeri ve ekonomik değişkenleri belirlemiş ve sınıflandırmıştır. Askeri personel sayısı, nüfus ve nüfus artış hızı, gayri safi milli hasıla ve kişi başı gayri safi milli hasıla vb. 14 değişken kullanılmıştır. Ward metodu yardımıyla değişkenler kullanılarak ülkeler kümelerine ayrılmıştır. Bu kümeler araştırmacının bakış açısıyla süper güç, asya kaplanları, gelişmişler isimleri verilmiştir. Kümelere ayrılan ülkeler sözel olarak analiz edilip değerlendirilmiştir (Akat, 2007).

Literatür taraması kapsamında Türkiye menşeli son yıllarda yapılan çalışmalar da incelenmiştir. Coşkun ve Taşdemir (2023) çalışmalarında bulanık mantık temelli bir tehdit değerlendirme uygulaması sunmuştur. Uygulamayı en doğru şekilde oluşturabilmek için hava savunma uzmanlarının yardımı alınmıştır. İlk olarak, hız, mesafe, irtifa, radar kesit alanı, karıştırma sinyali seviyesi ve hedefin en yakın yaklaşma noktasına olan mesafe parametreleri giriş parametreleri olarak alınmış ve hava hedeflerinin tehdit derecesi çıkış parametresi olarak alınarak tehdit dereceleri elde edilmiştir. Daha sonra, her türlü hava hedefine doğru tehdit derecelerinin atanabilmesine izin veren 133 kural içeren bir çıkarım mekanizması oluşturulmuştur.

Tuncer ve Cirpan (2023) hedef önceliği ve hedef manevrasını kullanarak adaptif olarak hedef takip oranlarını ayarlayan işbirlikçi ateş kontrol radarlarından oluşan ağ tabanlı bir hava savunma sistemi için bir radar kaynak yönetimi yaklaşımı önermektedir.

Çalışmada, iki işbirlikçi ateş kontrol radarı örnek senaryoları için simülasyon sonuçları sunulmuştur. Karşılaştırmalı sayısal sonuçlar, izleme kaynaklarının azalması, izleme başlatma süresinin iyileştirilmesi ve hava savunma ağının arama kapasitesinin artmasıyla birlikte yüksek öncelikli manevra yapan hedeflerin izleme kalitesinde genel bir artış göstermektedir.

Bettemir (2023) küçük boyutlu ve düşük maliyetli İHA'ların uygunluğu ve işlevselliğini, İHA'nın konumlandırma sensörleri ve uzaktan kontrol sisteminin sinyal kesiciler veya karıştırıcılar tarafından devre dışı bırakıldığı durumu göz önünde bulundurarak incelemiştir.

Ozdemir ve Ic (2023) katmanlı hava savunma sistemi kullanarak bir bölgeyi olası tehditlere karşı korumak için füze sistemlerinin optimal konuşlandırılmasına ve yerleştirilmesine odaklanmaktadır. Olasılığı maksimize etmek ve toplam maliyeti minimize etmek için farklı türdeki füzeleri dikkate alarak çok amaçlı bir optimizasyon modeli önermişlerdir.

Tuncer ve Cirpan (2022) ateş kontrol radarının izleme kapasitesi kısıtlaması altında tehdit edici hedefler için adaptif bir izleme stratejisi uygulamak amacıyla ağ tabanlı hava savunma sistemi ateş kontrol radarları için bir radar kaynak optimizasyon algoritması önermiştir. Hedeflerin oluşturduğu tehdit ve korunan varlıkları ilgilendiren değişkenleri hesaba katan bir bulanık mantık sistemi kullanılarak hesaplanmıştır.

Hocaoğlu (2022) çalışmasında, hedef değerlendirmesi ve angajman kararı verme sorumluluğunu taşıyan bir ajan tabanlı komuta ve kontrol birimi tasarlamıştır. Çalışma, askeri karar verme alanında bir ajan tasarımı önermeyi amaçlamaktadır.

Bayoğlu ve Akalın (2022) farklı uçuş koşulları ve farklı uçuş süreleri için ulaşılabilir kümelerin minimum ve maksimum menzil açısından sınırlarını elde etmek amacıyla bir önleyici için hızdaki değişkenlikler ve sınırlı ivme limitlerini göz ardı etmeyen bir doğrusal olmayan model kullanarak ve kısıtlı model öngörülü kontrol kavramını uygulayarak ulaşılabilir küme hesaplama sorunu üzerine yoğunlaşmıştır.

Bıyıklı ve diğ. (2022) aerodinamik kuyruk kontrolü ve itki vektörü kontrolü bileşenlerine sahip son derece çevik bir hava savunma füzesi için roll açısı, yan ve uzunlamasına ivme otomatik pilotlarını sunmaktadır.

Karasakal ve diğ. (2021) karar vericinin önceden ifade edilmiş tercihlerini yapılandırmak için adaptif öğrenme algoritması içeren bir yapay sinir ağı kullanarak,

deniz görev grubunun dinamik füze tahsisi sorununa yönelik yeni bir çözüm yaklaşımı geliştirmiştir.

Hocaoğlu (2021) oyun analizi senaryolarını otomatikleştirmek ve çalışma zamanında analiz etmek için paralel ve paralel olmayan iz bırakma analiz senaryolarını otomatik olarak oluşturan ve çalıştıran bir ajan tabanlı çözüm geliştirmiştir.

Yar ve Acar (2021) kompozit fırlatma tüpünün optimum konfigürasyonunu bulmak amacıyla fırlatma tüpünün sargı kalınlıkları ve sargı açılarını tasarım değişkenleri olarak seçmiş ve üç farklı kompozit malzeme alternatifini taşınabilir hava savunma sistemi için bir kompozit fırlatma tüpünün yapısal optimizasyonu yapmıştır. Bulgular, karbon fiber takviyeli epoksi matris malzemesinin fırlatma tüpü için optimum maliyet-etkin tasarımı sağladığını göstermiştir.

Coşkun ve diğ. (2020) hava trafik kontrolü, erken uyarı ve hava savunması gibi çeşitli kritik radar hizmetlerine ev sahipliği yapan ve beşinci nesil (5G) iletişim sistemlerine ayrılmak istenen 3400 MHz - 3800 MHz frekans spektrumunda bulunan radar hizmetlerini karışıklıktan korumak için literatürde önerilen dış-band yayın sınırlarının daha gerçekçi bir şekilde yorumlanmasına yönelik yaklaşımlar sunulmaktadır.



3. HAVA SAVUNMA SİSTEMLERİ

3.1 Hava Muhaberesi Tarihsel Gelişimi

İlk savaş uçağı 1911 Trablusgarp savaşında İtalyanlar tarafından Osmanlı ordusuna karşı kullanılmıştır. Ancak uçakların hava muharebesinde gerçek anlamda kullanıldığı ilk savaş 1914 - 1918 Dünya Savaşı olarak ifade edilebilir. Birinci Dünya Savaşı sonrasında hava araçlarına hız kabiliyeti kazandırılmıştır. İlk jet motorlu uçak 1944'te Alman hava kuvvetleri tarafından kullanılmıştır. Böylelikle jet uçak çağı başlamış olmuştur. İkinci Dünya Savaşı sonrasında hava gücünün önemi her ülke için kesinlik kazanmıştır. Bunun sonucunda dünya düzeninde en yetenekli savaş jetine sahip olmak için kıyasıya bir mücadele başlamıştır. Hava gücü sahneye çıkmadan önce kara ve deniz gücü kullanılmaktayken hava gücünün sahneye çıkmasıyla savaşlar üçüncü bir boyut kazanmışlardır. Hava gücünü kara ve deniz gücünden ayıran önemli niteliği, yer yüzeyinin üzerindeki üçüncü boyutun kullanması sayesinde sürat, uzun menzil, esneklik, sakınma ve sürpriz gibi avantajların elde edilebilmesidir (Gray, 2016). Keşif ve gözetleme amacıyla sahalara çıkan hava aracı, harekât yarıçapını genişletmiş ve havadan düşman unsuru gözetleyerek düşman unsur hakkında bilgi toplamıştır. Savaşta düşman unsur hakkında bilgi edinmek, yapacağı hamleyi önden bilmek ciddi bir avantaj ve üstünlük sağlamıştır. Hava araçlarının savaşa dahil olması, alışagelmış klasik savaş yöntemlerinin, savaş yönetim şekillerinin değişmesini sağlamıştır. Hava gücünün savaşta avantaj sağlaması üzerine uçakların önemi ortaya çıkmıştır. Geçmişten günümüze zaman içerisinde hava araçları geliştirilerek farklı özellikler ve farklı misyonda hava araçları tasarlanmış ve üretilmiştir. Keşif gözetleme amacıyla kullanılan hava araçlarına taarruz misyonu yüklenmiştir. Daha süratli, daha fazla mühimmat taşıma kapasitesine sahip, daha fazla havada kalabilen, radar görünürlüğü düşük hava araçları geliştirilmiştir. Havacılık teknolojisinde mühimmat sistemleri de geliştirilerek, mühimmatlara çeşitli yetkinlikler kazandırılmıştır. Bu mühimmatların hava aracına entegre edilmesi ile hava aracının yetkinliklerinin daha fazla artırılması sağlanmıştır. Her bir gelişme ile hava araçlarının saldırı kabiliyeti geliştirilmiştir. Saldırı kabiliyetinin gelişmesine yönelik diğer ülkelerdeki bu kabiliyetlerin önüne

geçmek maksadıyla savunma teknolojileri de geliştirmiştir. Günümüzde teknolojinin geldiği noktada hava araçları insansız hale getirilmekte ve yapay zeka ile entegreli çalıştırılabilmelerine yönelik faaliyetler gerçekleştirilmektedir.

3.2 Hava Savunma Teknolojileri Bileşenleri

NATO, hava savunmayı, “Düşmanın hava faaliyetlerini etkisiz kılmak veya azaltmak amacıyla alınan her türlü önlem” olarak tanımlamaktadır (NATO, 2019). Hava savunma sistemleri içerisinde birçok bileşen yer almaktadır. Bu bileşenler, hava savunma araçları, hava araçları ve mühimmat sistemleridir. Hava savunma sistemlerinin temel amaçlarından biri düşman unsurları tespit etmektedir. Bunun yanı sıra tehdidi ortadan kaldırmak ve bölgenin bekasını, güvenliği sağlamak hava savunma sistemlerinin önemli amaçları olarak tanımlanabilir. Her bir bileşende yapılan bir gelişme diğer bileşenlerin de etkinliğinin artırılmasında önemli rol oynamaktadır. Örneğin hava savunma ekipmanlarının radar çözünürlüğünün gelişmesi ile hava araçlarında radar görünürlüğünün azaltılmasına yönelik çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Her bir yeni saldırı tekniğinin gelişmesi beraberinde savunma tekniğinin de gelişmesini tetiklemektedir.

3.2.1 Hava savunma teknolojileri bileşenleri - hava aracı

Hava muharebesinde gerçek anlamda ilk kez I. Dünya savaşında kullanılan hava araçları teknolojinin gelişmesiyle yeni yetkinlikler ve özellikler kazanmıştır. Farklı tipte ve sayıda motorların entegrasyonu ile daha hızlı uçabilen, daha yüksek irtifalara tırmanabilen, daha uzun süre havada kalabilen, daha yüksek manevra kabiliyetlerine sahip ve radar görünürlüğü daha düşük hava araçları tasarlanmıştır. Teknolojinin geldiği en son noktada insanlı savaş uçaklarının yerini insansız hava araçları almakta ve insansız hava araçlarının, yapay zeka ile ilişkilendirilmesi üzerine önemli çalışmalar yapılmaktadır. Teknolojik gelişmeler ortaya konulurken geliştirilen ürünlerin maliyet performans etkinliği de sağlanmaya çalışılmaktadır. Savaş esnasında envanterdeki ekipmanların kullanım stratejilerinde maliyet performans etkisi de önemli karar kriterlerinden biridir. İnsansız hava araçları, insanlı savaş uçaklarına kıyasla daha maliyeti bir etkin çözümdür. Günümüzde teknolojinin insansız hava araçlarına doğru evrilmesinde maliyet etkin olması yolunda atılan adımlar, geliştirilen teknolojiler önemlidir. Bir diğer en önemli sebeplerden biri tehlike oranı yüksek olan

bölgelere insanlı savaş uçağının gönderilmesinde insan kaybı yüksek risk oranı kabul edilirken, insansız hava araçları ile yüksek tehdit içeren bölgeye insanlı uçaklara kıyasla daha rahat bir şekilde karar alınıp müdahale edilebilmektedir. Operasyonel açıdan riskli bölgelere, insan kaybı faktörü olmadığı için insansız hava araçları rahatlıkla gönderilmektedir. İnsan faktörünün olmaması ve savaş pilotu eğitim ihtiyacının ortadan kalkması maliyet açısından ortaya çıkan pozitif avantajlardır. Günümüzde geliştirilmeye çalışan diğer kritik konulardan biri yapay zekanın İHA'lar ile ilişkilendirilmesidir. Hava aracından sensörler yardımı ile alınan bilgiler doğrultusunda bazı durumlara karar verme ve komuta etme görevi üstlenen operatörler yerine yapay zeka kullanımı geliştirilmektedir. Bunun sonucunda operatörler yerine yapay zeka kullanımı ile insansız hava aracının önemli ölçüde daha isabetli ve daha hızlı tepki vermesi sağlanmaya çalışılmaktadır.

Türkiye ve diğer ülkeler tarafından geliştirilen tasarlanan bazı insansız hava araçları ve özellikleri aşağıdaki gibidir.

Aksungur

Aksungur insansız hava aracı, Türkiye'de Türk Havacılık ve Uzay Sanayi (TUSAŞ) tarafından tasarlanmış ve geliştirilmiştir.



Şekil 3.1. : Aksungur görseli.

Çizelge 3.1 : Aksungur özellikleri, (Url-13).

Genel Özellikleri	
Azami İrtifa	25,000 ft
MTOW	3,300 kg
İtki	2xPD-170 Çift Turbo Dizel
Havada Kalış Süresi	50 saat
Uzunluk	11.6 m
Hizmete Girdiği Yıl	2021

S-70 Okhotnik-B

S-70 Okhotnik-B insansız hava aracı, Rusya’da Russian Aircraft Corporation MiG tarafından tasarlanmış ve geliştirilmiştir.



Şekil 3.2. : S-70 Okhotnik-B görseli.

Çizelge 3.2 : S-70 Okhotnik-B özellikleri, (Url-14).

Genel Özellikleri	
Azami İrtifa	25,000 ft
Azami Hız	1000 km/sa
MTOW	25,000 kg
İtki	1 × Saturn AL-41F
Menzil	4,000 km
Kanat açıklığı	20 m
Hizmete Girdiği Yıl	Geliştirme aşamasında

Akıncı

Akıncı insansız hava aracı, Türkiye’de Baykar Teknoloji firması tarafından tasarlanmış ve geliştirilmiştir.



Şekil 3.3. : Akıncı görseli.

Çizelge 3.3 : Akıncı özellikleri, (Url-15).

Genel Özellikleri	
Azami İrtifa	40,000 ft
Azami Hız	361 km/sa
MTOW	6,000 kg
İtke	2 x 850 / 2 x 750 HP / 2 x 450 HP Turboprop Motor
Kanat açıklığı	20 m
Hizmete Girdiği Yıl	2021

Kızılelma

Kızılelma insansız hava aracı, Türkiye’de Baykar Teknoloji firması tarafından tasarlanmış ve geliştirilmiştir.



Şekil 3.4. : Kızılelma görseli.

Çizelge 3.4 : Kızılelma özellikleri, (Url-16).

Genel Özellikleri	
Operasyonel İrtifa	30,000 ft
Azami Hız	0,9 mach
MTOW	8,500 kg
Menzil	800 km
Hizmete Girdiği Yıl	Geliştirme aşamasında

X-47B

Northrop Grumman X-47B, Amerikan savunma teknolojisi şirketi Northrop Grumman tarafından geliştirilen bir insansız muharebe hava aracıdır.



Şekil 3.5. : X-47B görseli.

Çizelge 3.5 : X-47B özellikleri, (Url-17).

Genel Özellikleri	
Azami İrtifa	42,000 ft
Azami Hız	1073 km/sa
MTOW	20,215 kg
Menzil	3,889 km
Kanat Açıklığı	18.92 m

ANKA-3

ANKA-3 insansız hava aracı, Türkiye’de Türk Havacılık ve Uzay Sanayi (TUSAŞ) tarafından tasarlanmış ve geliştirilmiştir.



Şekil 3.6. : ANKA-3 görseli.

Çizelge 3.6 : ANKA-3 özellikleri, (Url-18).

Genel Özellikleri	
Azami İrtifa	40,000 ft
Azami Hız	0,7 mach
Hizmete Girdiği Yıl	Geliştirme aşamasında

Bu araştırmalar doğrultusunda bu tez kapsamında belirlenen 2 adet İHA'nın özellikleri yukarıdaki İHA'lar referans alınarak belirlenmiştir. İHA'ların özellikleri belirlenirken hava hava konseptinde olan İHA'lar tercih edilmiştir.

Hava Araçları Görev Tipleri

Hava araçları sahip oldukları yetkinliklere göre farklı görev tiplerine ayrılır. Teknolojinin gelişmesiyle görev tiplerinin önem dereceleri, yetkinlikleri, kabiliyetleri, hedef kapsamaları da gelişmiştir. Birçok ülkenin envanterinde farklı görev tiplerinde çeşitli kabiliyetlerde uçaklar bulunmaktadır.

Hava araçlarının görev tipleri ve özellikleri aşağıda belirtilmektedir:

Çizelge 3.7 : Hava araçları görev tipleri örnekleri.

Görev Tipi	Amaç	Savaş Uçağı Tipi
Hafif Saldırı	Yer Hedefi	Su-25
Stratejik Bombardıman	Uzun Menzilli Saldırı Görevleri	B-52
Hafif Avcı Uçağı	Hava Hakimiyeti Hava Üstünlüğü	F-5
Taşıyıcı Tabanlı Avcı	Deniz Üzerinde Hava Hakimiyeti	F-18 Hornet
Çok Rollü Avcı	Hava Hakimiyeti ve Hava Üstünlüğü	F-16 Fighting Falcon
Çok Rollü Avcı- Bombardıman	Hava ve Yer Hedeflerine Saldırı	F-15E Strike Eagle
5. Nesil Savaş Uçağı	Hava ve Yer Hedeflerine Saldırı	F-22, F-35C Lightning II

Hafif saldırı uçağı

Hafif saldırı uçağı, yer hedeflerine karşı saldırı maksatlı kullanılmaktadır. Bu tip hava araçları, düşük irtifa operasyonlarına uygun ve yüksek manevra kabiliyetine sahiptir. Bu özellikler düşman hava savunma sistemlerinden kaçınmak ve hedeflere daha hassas saldırılar sağlayabilmek adına önemlidir. Düşük irtifadaki operasyonlar sırasında düşman ateşine karşı maruz kalma durumu olduğundan dayanımı daha yüksek malzeme ile koruma önlemleri alınmıştır. Yüksek dayanıklılık özelliğine sahiptir. Hafif saldırı uçakları uzun menzile sahiptir. Operasyonları geniş bir coğrafi alanda gerçekleştirebilirler. Bu, stratejik esneklik ve çeşitli görevlerin başarıyla yerine getirilmesini sağlamaktadır. Örnek olarak Su-25 uçağı bu görev tipine sahip uçaklardan biridir.



Şekil 3.7. : Su-25 görseli.

Çizelge 3.8 : Su-25 özellikleri, (Url-3).

Genel Özellikleri	
Maks. Hız	Mach 0.79
Maks. İrtifa	23,000 ft
Tırmanma Hızı	58 m/s (11,400 ft/min)
MTOW	19,300 kg
İtki	2×Soyuz/Tumansky R-195 turbojet motor, 44.18 kN (9,700lb)
Mürettebat	1
Uzunluk	15.53 m
Yükseklik	4.8 m
Hizmete Girdiği Yıl	1981

Stratejik bombardıman uçağı

Stratejik bombardıman uçağı, düşmanın stratejik yer hedeflerine karşı saldırı maksatlı kullanılmaktadır. Bu tip hava araçları, yüksek irtifaya çıkabilme ve yüksek hızla gidebilme kabiliyetini sahiptir. Bu özellikler düşmanın stratejik hedefine daha hızlı ve güvenli bir şekilde ulaşmasını sağlamaktadır. Uzun menzile sahiptirler. Stratejik hedeflere uzak mesafelerden ulaşırlar. Böylelikle düşman savunma sistemlerinin tehditlerinden uzak kalarak hava aracının güvenliği sağlanır. Bu uçaklar büyük bir bomba taşıma kapasitesine sahiptirler. Nükleer silahlar vb. gibi ağır ve büyük bombalar taşıyabilirler. Stratejik bombardıman uçakları strateji olarak barış zamanında caydırıcılık rolünü üstlenirken, kriz durumlarında ve savaş zamanında düşman stratejik hedeflere karşı kullanılabilir. Örnek olarak B-52 uçağı bu görev tipine sahip uçaklardır.



Şekil 3.8. : B-52 uçağı görseli.

Çizelge 3.9 : B-52 özellikleri, (Url-4).

Genel Özellikleri	
Maks. Hız	Mach 0.84
Maks. İrtifa	50,000 ft
MTOW	219,600 kg
İtki	8xPratt & Whitney engines TF33-P-3/103 turbofan
Mürettebat	5
Uzunluk	48.5 m
Yükseklik	12.4 m
Hizmete Girdiği Yıl	1952

Hafif avcı uçağı

Hafif avcı uçakları, hava üstünlüğü sağlama, hava-saldırı, keşif ve yakın hava desteği gibi görevleri yerine getirmek üzere tasarlanmıştır. Bu uçaklar, yüksek manevra kabiliyetine sahiptir. Hafif avcı uçakları, kara birliklerine yakın hava desteği sağlamaktadır. Düşman kara birliklerine karşı saldırı yapma ve dost kara birliklerine destek sağlama kabiliyetlerine sahiptir. Örnek olarak, F-5 bu görev tipine sahip uçaklardan biridir.



Şekil 3.9. : F-5 uçağı görseli.

Çizelge 3.10 : F-5 özellikleri, (Url-5).

Genel Özellikleri	
Maks. Hız	Mach 1.63
Maks. İrtifa	51,800 ft
Tırmanma Hızı	34,500 ft/min (175 m/s)
MTOW	11,192 kg
İtki	2 × General Electric J85-GE-21 afterburning turbojet engines, 3,500 lbf (16 kN) thrust each dry, 5,000 lbf (22 kN) with afterburner
Mürettebat	1
Uzunluk	14.7 m
Yükseklik	4 m
Hizmete Girdiği Yıl	1964

Taşıyıcı tabanlı avcı uçağı

Taşıyıcı tabanlı avcı uçağı, uçak gemilerinden kalkış ve iniş gerçekleştiren gemi üzerine konuşlu uçaklardır. Gemiye konuşlu olmalı sebebiyle geminin güvertesinden hızlı bir şekilde kalkış yapabilme ve kısıtlı bir alanda güvenli bir şekilde iniş sağlayabilme kabiliyetine sahiptirler. Bu uçaklarda kısa pist kalkış ve iniş yeteneği vardır. Hava üstünlüğü mücadeleleri ve hava savunma görevlerinde kullanılmaktadır. Yüksek hız ve yüksek manevra kabiliyetine sahiptirler. Uçak gemisinin iletişim, ikaz ve radar sistemleri ile iletişim kurabilmekte ve koordineli çalışabilmektedirler. McDonnell Douglas tarafından üretilen F-18 Hornet bu görev tipine sahip uçaklardan biridir.



Şekil 3.10. : F-18 Hornet uçağı görseli.

Çizelge 3.11 : F-18 Hornet özellikleri, (Url-6).

Genel Özellikleri	
Maks. Hız	Mach 1.8
Maks. İrtifa	50,000 ft
Tırmanma Hızı	50,000 ft/min (250 m/s)
MTOW	23,541 kg
İtki	2× General Electric F404-GE-402 afterburning turbofan engines, 11,000 lbf (49 kN) thrust each dry, 17,750 lbf (79.0 kN) with afterburner
Mürettebat	2
Uzunluk	17.1 m
Yükseklik	4.7 m
Hizmete Girdiği Yıl	1983

Çok rollü avcı uçağı

Çok rollü avcı uçağı, çeşitli görevleri yerine getirebilmektedir. Çok yönlü ve çok rollü savaş uçağıdır. Hava-Hava tehdit unsurlarına karşı hakimiyeti ve hava üstünlüğünü sağlamak görevlerinden biridir. Hava-Hava görevine sahip olduğu gibi, Hava-Yer, Hava-Deniz tehdit unsuru hedefleri için de görev yapabilmektedir. Çok yönlü görev yapma kabiliyeti, çeşitli görevlere hızlı bir şekilde adapte olabilmelerini sağlamaktadır. Yüksek hız ve yüksek manevra kabiliyetine sahiptir. Örnek olarak, F-16 Fighting Falcon bu görev tipine sahip uçaklardan biridir.



Şekil 3.11. : F-16 Fighting Falcon uçağı görseli.

Çizelge 3.12 : F-16 Fighting Falcon özellikleri, (Url-7).

Genel Özellikleri	
Maks. Hız	Mach 2+
Maks. İrtifa	50,000 feet
MTOW	16,875 kg
İtki	F-16C/D: one Pratt and Whitney F100-PW-200/220/229 or General Electric F110-GE-100/129
Mürettebat	1ya da 2
Uzunluk	14.8 m
Yükseklik	4.8 m
Hizmete Girdiği Yıl	1979

Çok rollü avcı-bombardıman uçağı

Çok rollü avcı-bombardıman uçağı, hem avcı uçaklarının görevini hem de bombardıman uçaklarının görevlerini yerine getirebilmektedir. Bu uçaklar, hava hakimiyeti ve hava üstünlüğü görevlerini ve hava-yer saldırı görevlerini gerçekleştirebilen çok yönlü savaş uçaklarıdır. Bu uçaklar genellikle hava-hava ve hava-yer görevlerini etkili bir şekilde birleştiren özelliklere sahiptir. Yüksek hız ve manevra kabiliyetine sahiptirler. Bu özellikleri sayesinde hem hava muharebesinde hem de hava-yer saldırılarında avantajlı konumda olmaktadır. Örnek olarak, F-15E Strike Eagle bu görev tipine sahip uçaklardan biridir.



Şekil 3.12. : F-15E Strike Eagle uçağı görseli.

Çizelge 3.13 : F-15E Strike Eagle özellikleri, (Url-8).

Genel Özellikleri	
Maks. Hız	Mach 2.5+
Maks. İrtifa	60,000 ft
MTOW	36,450 kg
İtki	2 Pratt & Whitney F100-PW-220 or 229 turbofan engines with afterburners
Mürettebat	2
Uzunluk	19.44 m
Yükseklik	5.6 m
Hizmete Girdiği Yıl	1989

5. Nesil savaş uçağı

5. Nesil savaş uçağı, hava hakimiyeti ve hava üstünlüğü görevlerini ve hava-yer saldırı görevlerini gerçekleştirebilmektedir. Düşük Gözlemlilik (Low Observability) özelliğine sahiptir. Düşük görünürlük özelliği ile radar izini ve görünürlüğü minimize etmektedir. Böylelikle düşman radarlarından kaçınma ve düşman tarafından tespit edilmeme olasılıkları artmaktadır. Yüksek hız, uzun menzil ve yüksek manevra kabiliyetine sahiptir. Yüksek bilişim kapasitesine sahip aviyonik sistemlere sahiptir. Bu sistemler ile savaş uçaklarının çeşitli verileri anında işleyebilmesi, paylaşabilmesi ve etkileşimde bulunabilmesi kabiliyeti sağlanır. Bu uçaklar ağ üzerinden diğer hava ve kara platformlarıyla iletişim kurabilme yeteneklerine sahiptir. Bu, gerçek zamanlı veri paylaşımını ve daha iyi koordinasyonu sağlamaktadır. Örnek olarak, F-22 Raptor ve F-35 Lightning II gibi savaş uçakları bu görev tipine sahip uçaklardan bazılarıdır.



Şekil 3.13. : F-22 Raptor uçağı görseli.



Şekil 3.14. : F-35 Lightning II uçağı görseli.

Çizelge 3.14 : F-22 Raptor özellikleri, (Url-9).

Genel Özellikleri		
Maks. Hız		Mach 2
Maks. İrtifa		50,000 ft
MTOW		38,000 kg
İtki	2x Pratt & Whitney F119-PW-100 turbofan engines with afterburners	
Mürettebat		1
Uzunluk		18.9 m
Yükseklik		5.1 m
Hizmete Girdiği Yıl		2005

3.2.2 Hava savunma teknolojileri bileşenleri - silah sistemleri

Hava savunma sanayinin önemli bileşenlerden bir diğeri de silah sistemleridir. Silah sistemleri de kendi içerisinde çeşitli kategorilere ayrılmaktadır. Bu çalışma kapsamında hava-hava ve hava-kara mühimmatları üzerinde incelemeler yapılmıştır. Mühimmat sistemi hava aracının en önemli faydalı yüklerinden biridir. Taarruz görevini içeren her hava aracında mühimmat sistemi bulunmaktadır. Mühimmat sisteminde yapılan teknolojik gelişmeler hava aracının avantajını direkt olarak etkilemekte ve artırmaktadır. Mühimmat sistemlerinin gelişimine kabaca baktığımızda ilk zamanlarda kısa menzilli füzeler kullanılmaktaydı. Bu füzeler dar görüş açısı kabiliyetine sahipti. Hedefi vurmaları için hedefin tam arkasında olması gerekmektedir. Düşman savaş uçağı, füzeden kaçınmak amacıyla yaptığı küçük bir manevra ile füzenin görüş açısından kaçabilmekteydi. Bu durum, füzenin isabetlilik oranını düşürmekteydi. Bunun sonucunda füzelerin görüş açılarının genişletilmesine

yönelik çalışmalar yapılmıştır. Yüksek görüş açısı kabiliyetine sahip, uzun menzilli ve çevik hareket edebilen füzeler tasarlanmış ve kullanılmaya başlanmıştır. Füzelerin güdümleme yöntemleri de geliştirilmiştir. Teknolojinin geldiği en son noktada yeni sinyal işleme ve sensör teknolojileriyle hedefteki düşman unsuru uçağı bütün olarak algılanıp tespit edilebilmektedir. Düşman unsuru uçak tarafından füzeyi yanıltmak için yayılan kızıl ötesi ışınlarla karşı karıştırmayı önleyici sistem kabiliyetleri geliştirilmiştir. Böylelikle füzelerin yanıltılması çok zor hale gelmiştir. Bu özelliklere ek olarak alçak irtifada görev icra edebilen radarlara yakalanmayan seyir füzeleri geliştirilmiştir. Bu yetkinlikler ve özellikler hava aracının hava hakimiyet ve hava üstünlüğü hedeflerinde yardımcı olmaktadır.

3.3 Harekât Konsepti Kapsamı

Harekât konsepti, muhabere esnasında dost unsurların hangi amaç doğrultusunda koordine edilmesi gerektiğini ortaya koyan hedeftir. Harekat konseptinin belirlenmesi üzerine dost unsurların harekat konsepti çerçevesinde ilişkilendirilerek, tüm dost unsurlarının müşterek amaç ışığında stratejik olarak planlaması yapılmaktadır. Planlaması yapılan dost unsurları, belirlenen amaç doğrultusunda görevlerini icra etmektedirler. Dost unsurlar kapsamında askeri her türlü donanım, teçhizatlar, personel sayısı, istihbarat, iletişim alt yapısı, lojistik, eğitim vb. gibi unsurlar bu kapsam içinde yer almaktadır. Stratejik planın kapsamı muhaberenin büyüklüğüne ve hedefin kapsamına bağlı olarak değişmektedir. Diğer bir ifade ile, harekât konsepti, harekâtın neden gerçekleştirildiğini, hangi sonuçlara ulaşılacak istendiğini belirtmektir. Şekil 3.15'te hava harekât konsepti betimlenmiştir (U.S. Air Force, 2023).

Düşman Hava Gücünün Tam Hava Hakimiyeti (Air Dominance)	
Düşman Hava Gücünün Hava Üstünlüğü (Air superiority)	Hava Esirgeme (Air Denial)
Hava Eşliği Yerel Hava Üstünlüğü (Air parity)	Hava Eşliği Yerel Hava Üstünlüğü (Air parity)
Hava Esirgeme (Air Denial)	Dost Hava Gücünün Hava Üstünlüğü (Air superiority)
Dost Hava Gücünün Tam Hava Hakimiyeti (Air Dominance)	

Şekil 3.15 : Hava hareket konsepti.

Dost Hava Gücünün Tam Hava Hakimiyeti (Air Dominance):

Dost hava kuvvetleri tarafından düşman hava kuvvetlerine karşı tam hakimiyet ve hava üstünlüğünü sağlanmaktadır. Düşman hava sahasının, dost hava kuvvetleri tarafından kontrol ve koordine edilmesi sağlanmaktadır. Dost hava kuvvetleri tarafından düşman unsurları etkisiz hale getirilmiştir.

Dost Hava Gücünün Hava Üstünlüğü (Air Superiority):

Dost hava kuvvetleri tarafından düşman hava kuvvetlerine karşı hava üstünlüğünü sağlanmaktadır. Düşman hava sahası, dost hava kuvvetleri tarafından kontrol ve koordine edilmemektedir. Dost hava kuvvetleri tarafından düşman hava kuvvetleri etkisiz hale getirilmiştir.

Hava Eşliği Yere Hava Üstünlüğü (Air Parity):

Dost hava kuvvetleri ve düşman hava kuvvetlerine karşı havada eşitlik söz konusudur. Eşitlik durumu sebebiyle dost hava kuvvetleri veya düşman hava kuvvetleri arasında etkisiz hale getirilme durumu söz konusu değildir. Kuvvetler arasında eşitlik vardır. Kuvvetler kendilerini dengelemektedir. Bir tarafın diğer taraf üzerinde üstünlük kurma durumu zor bir durumdur.

Hava Esirgeme (Air Denial):

Dost hava kuvvetlerinin belirli bir bölgede hava erişimini engelleme veya sınırlama hedefini ifade eder. Düşman hava kuvvetlerini belirli bir bölgede serbestçe hareket etmesini engelleyerek, bu bölgeyi dost hava kuvvetlerinin kontrolü altında tutabilmesidir.

Düşman Hava Gücünün Tam Hava Hakimiyeti (Air Dominance):

Düşman hava kuvvetleri tarafından dost hava kuvvetlerine karşı tam hakimiyet ve hava üstünlüğünü sağlanmaktadır. Dost hava sahasının, düşman hava kuvvetleri tarafından kontrol ve koordine edilmesi sağlanmaktadır. Düşman hava kuvvetleri tarafından dost unsurları etkisiz hale getirilmiştir.

3.4 Harekât Konsepti Aşamaları

Harekât konsepti, stratejik zorluk, operasyonel zorluk ve taktiksel zorluk olmak üzere aşamalara ayrılmaktadır (Joint Chiefs of Staff, 2017).

Stratejik Zorluk:

Hava harekâtı konsepti kapsamında stratejik zorluk aşaması hava hareketinin yapıldığı belirli bölgeye hava unsurlularının ulaşmasındaki stratejik zorlukları ifade etmektedir. Bu stratejik zorluklar, düşman unsurun stratejik hedeflerine ulaşma, düşman hava savunma sistemlerini aşma ve ulusal çıkarları koruma gibi amaçlarını belirtmektedir. Gelişmiş düşman hava unsurları sahip oldukları radar ve füze sistemleri aracılığıyla hava saldırılarına karşı koyma kapasitesine sahip olabilirler. Bu durum dost hava unsurları için stratejik zorluk oluşturmaktadır. Dost hava kuvvetleri, bu savunma sistemlerini aşmak ve hedeflere ulaşmak için stratejik çözümler bulmak zorundadır. Savaş alanına ulaşmak için kullanılan unsurların menzillerinin ve görev sürelerinin de yeterli kabiliyete sahip olması bu aşamanın başarılı bir şekilde gerçekleşmesini etkilemektedir.

Operasyonel Zorluk:

Hava harekâtı konsepti kapsamında operasyonel zorluk aşaması hava hareketinin yapıldığı belirli bölgeye hava unsurlularının girmesindeki operasyonel zorlukları ifade etmektedir. Bu operasyonel zorluklar, düşman unsurun hava sahasına girmek, düşman hava savunma sistemleri ile mücadele ederek hava sahasında güvenli bir şekilde kalmak gibi zorlukları belirtmektedir. Düşman hava kuvvetleri ile çatışma, hava koşullarının durumu, düşman hava sahasındaki unsurların değişkenliği gibi durumlar operasyonel zorlukları oluşturmaktadır. Düşmanın hava kuvvetleri ile çatışma bu zorlukların en temelidir. Düşman hava kuvvetleriyle mücadele etmek, hava üstünlüğünü kazanmak veya korumak, hava hareketinin başarısını belirleyen kritik bir operasyonel hedeftir. Bu hedefin sağlanması durumunda harekât konseptinin operasyonel zorluk aşaması tamamlanmış olmaktadır.

Taktiksel Zorluk

Hava harekâtı konsepti kapsamında taktiksel zorluk aşaması, düşman hava sahası içerisinde saldırıyı gerçekleştirmesindeki taktiksel zorlukları ifade etmektedir. Bu taktiksel zorluklar, düşman hava savunma sistemleri ile mücadele etmek, belirlenen hedeflerin doğru bir şekilde tanımlanması ve işaretlenmesi, hedeflerin anlık değişen dinamik bir yapıya sahip olması ve dinamik değişen hedeflerin koşullarına uyum sağlamak olarak ifade edilebilir. Bu aşamada başarılı olabilmek için hava savunma sistemlerini aşmak veya etkisiz hale getirmek için taktiksel stratejiler geliştirmek gerekmektedir. Hava üstünlüğü sağlamak veya korumak, taktiksel başarı için kritik öneme sahiptir.

Stratejik, operasyonel ve taktiksel hareket aşamasında operatörün veya pilotun yerine getirmesi gereken 3 ana önemli görevi vardır. Bunlar; uçuş güvenliğini sağlamak, mücadeleyi gerçekleştirmek ve görevi tamamlamak olarak ifade edilebilir.

Uçuş güvenliği, tüm hareket süreci boyunca uçuşun güvenliğinin sağlanması gereksinimidir. Uçuş güvenliği hava aracının fonksiyonlarının sağlıklı ve kontrollü bir şekilde yerine getiriliyor olması anlamına gelmektedir. Hava aracının itki sistemleri, yakıt sistemleri, güç sistemleri ve haberleşme sistemleri gibi uçuş kritik fonksiyonlarının korunması ve güvenliğinin sağlanmasıdır.

Mücadeleyi gerçekleştirmek, hava üstünlüğü ve hava hakimiyeti için düşman hava savunma sistemleri ile mücadele ederek hava sahasında güvenli bir şekilde kalınmasını, belirlenen hedefin algılanması, tanımlanması, belirlenmesi ve saldırının gerçekleşmesini sağlamaktır.

Görevin tamamlanması, mücadeleyi, saldırıyı gerçekleştirdikten sonra dost unsur sahasına, güvenli bölgeye ulaşmak ve güvenli ve sağlıklı bir şekilde inişi sağlamak olarak ifade edilebilir.

Bu çalışma kapsamında savunma maksatlı strateji oluşturulduğundan dolayı, stratejik zorluk aşaması; düşman hava unsurlarının dost hava unsurlarının sahasına ulaşmasını engellemek, operasyonel zorluk aşaması; düşman hava unsurlarının dost hava unsurlarının sahasına girmesini engellemek ve taktiksel zorluk aşaması; düşman hava unsurlarının dost hava unsurlarına saldırılarını engellemek olarak belirlenmektedir.

3.5 Hava Savunma Stratejisi

Hava savunma stratejisi, bir ülkenin hür ve tam bağımsızlığını koruyabilmesi adına hava üstünlüğü ve hava hakimiyeti sağlamak amacıyla oluşturulan stratejik yaklaşımı ifade eder. Oluşturulan bu strateji ile, düşman hava tehdit unsurlarına karşı etkili bir şekilde hava savunmasının sağlanmasını, kıymetli unsurların, kritik altyapıların, askeri üslerin, stratejik varlıkların ve diğer önemli varlıkların korunması amaçlanmaktadır. Savunma stratejisi diğer bir ifade ile; “bir görevin başarılması için, belirli şartlar ve performans standartları dâhilinde, hedeflenen sonucu yaratacak faaliyetlerin etkin bir şekilde icra edilmesini mümkün kılan varlıkların toplamıdır” (Korkmazyürek, 2011). Stratejiler oluşturulurken askeri yetenekler göz önüne alınmaktadır. Askeri yetenekler hareketin içerisinde planlanan veya planlanması gereken sistemler ve donanımlar, sahip olunan kabiliyetler ve yetkinlikler ile ilgilidir. İnsanız hava aracı bu kabiliyet ve yeteneklerden biridir. İHA'nın düşman hava tehdit unsuruna karşı kaç adet olması gerektiği, nereye konuşlanması gerektiği, sistemin ne tür teknik özelliklere, kabiliyetlere ve teknolojilere sahip olacağı harekât alanında hangi taktik ve tekniklere göre kullanılacağı, bu yeteneklerin detaylı bir şekilde tanımlanmasına bir örnektir. Harekat konsepti kapsamında yeteneklerin her birinin en etkin şekilde değerlendirilerek doğru zamanda doğru yerde doğru şekilde kullanılmasının planlanması yapılmaktadır. Diğer bir ifade ile askeri yetenek, bir amacı gerçekleştirmek için ihtiyaç duyulan kabiliyetler olarak da tanımlanabilmektedir. Envanterde bulunmayan fakat envanterde olması durumunda avantaj sağlayacak, amaca ulaştıracak, sistemler, donanımlar yetkinlikler ve kabiliyetler olarak da ifade edilmektedir. Bu kapsamında oluşturulan stratejilere göre yetenek tanımlaması ve ihtiyaçların belirlenmesi savunma sanayi sektörü için önem arz etmektedir. Savunma

sanayi belirlenen ihtiyaç talebi doğrultusunda çalışmaları doğru alanlara kanallere edebilmektedir. İhtiyaçların karşılanması için yeni teknolojiler ve yenilikçi ürünler yeni yaklaşımlar geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Böylelikle yapılan çalışma, hava üstünlüğü ve hava hakimiyeti amacına hizmet etmiş olmaktadır.

Satürasyon stratejisi, düşmanın savunma sistemlerini aşmak ve etkisiz hale getirmek, hava üstünlüğü ve hava hakimiyetini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Düşman hava tehdit unsurunu aşmak için bir dizi dost unsurun farklı yönere veya farklı hedeflere, eş zamanlı olarak, kısa aralıklarla, düşman unsura nefes aldirmayacak şekilde saldırma taktiğidir. Diğer bir ifade ile yoğun saldırı olarak da ifade edilebilir. Bu strateji, düşmanın hava savunma sistemlerini zorlayarak, onları doygunluğa ulaştırarak ve bu durumda etkisiz hale getirerek hava saldırılarını daha etkili hale getirmeyi amaçlamaktadır. Dost hava unsurlularının yoğun saldırısı ile düşmanın hava unsurlarının yetenekleri birçok yönden test edilmektedir. Bu durum düşman hava unsurları hakkında bilgi toplanmasını sağlamaktadır. Düşman hava unsurları hakkında bilgi sahibi olmak muharebe esnasında dost unsurlarını avantajlı konuma getirmektedir. Ancak, bu stratejinin etkili olabilmesi için iyi bir koordinasyon, istihbarat ve elektronik harp yeteneklerine sahip olmak önemlidir.

Satürasyon stratejisinin birçok avantajı bulunmaktadır. Bunlardan bazıları şu şekildedir. Rakipleri sıkıştırmayı sağlamaktadır. Hava sahasının kontrol altında tutulmasını sağlamaktadır. Karşıt tehdit unsurun hava sahasına uyumunu zorlaştırmaktadır. Yoğun saldırı tekniğı ile karşıt unsura nefes aldirmadan, karşıt unsurun düşman hava sahası üzerindeki hakimiyetine engel olmayı sağlamayı amaçlamaktadır. Bu çalışma kapsamında satürasyon (yoğun saldırı) stratejisinin kullanımı tercih edilmiştir.



4. MODEL KURMA

4.1 Problem Tanımı

Türkiye'nin olası bir hava muharebesi durumunda hava savunma konsepti olarak “Dost Hava Gücünün Tam Hava Hakimiyeti (Air Dominance)”, “Dost Hava Gücünün Hava Üstünlüğü (Air Superiority)” ve “Hava Eşliği Yere Hava Üstünlüğü (Air Parity)” (U.S. Air Force, 2023) hedeflerini sağlaması için stratejik bir planlamaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu stratejik planlama, düşman hava tehdit unsurlarının konsept aşamaları kapsamında dost hava sahasına ulaşmalarını engellemek, hava sahasında kalmalarını engellemek ve son olarak saldırılarına engellemek için ortaya koyulan askeri yeteneklerin tümünü kapsamaktadır. Bu stratejik planlamanın askeri yeteneklerinden biri insansız hava araçlarıdır. Bu çalışma kapsamında düşman hava tehdit unsurlarına karşı belirlenen hedef doğrultusunda hava üstünlüğü ve hava hakimiyeti sağlayabilmek için Türkiye'den belirlenen 2 farklı tipteki İHA'dan kaç adet hangi bölgelerde konuşlanması gerektiğinin stratejik planlaması yapılmıştır.

Problem Tanımı-1: Kaç adet İHA'nın konuşlandırılması gerekmektedir?

Problem Tanımı-2: İHA'lar nereye konuşlandırılmalıdır?

4.2 Genel Parametreler

4.2.1 Sabit parametre

Bu çalışma kapsamında sabit parametre olarak 2 farklı tipte İHA belirlenmiştir. Bu belirlenen tipteki İHA'ların adetleri ve konuşlandırılması gereken bölgeler belirlenmeye çalışılmıştır. Bu iki farklı tipte İHA belirlenirken hava-hava konseptine sahip olan İHA'ların özellikleri göz önünde bulundurulmuştur. Hava-hava konseptli İHA'ların hedef tipleri hava tehdit unsurlarıdır. Hava-hava konseptli İHA'lar hava-yer konseptli İHA'lara kıyasla daha hızlı, daha yüksek manevra kabiliyetine sahip ve daha yüksek irtifaya tırmanma kabiliyetine sahip İHA'lardır. Bu sebepten olası düşman hava tehdit unsurlarının saldırısına karşı savunma maksatlı hava-hava konseptli İHA'ların özellikleri tercih edilmiştir. Hava-hava konseptli İHA'lar hava-yer görevini de icra edebilmektedir.

2 farklı tipteki İHA'nın özellikleri aşağıdaki tabloda belirtilmiştir. Bu İHA'lar İHA-A ve İHA-B olarak adlandırılmaktadır.

Çizelge 4.1 : İHA'ların özellikleri

Özellikler	İHA-A	İHA-B
İrtifa	40.000 ft	30.000 ft
Azami Hız	1.5 mach	0.9 mach
Uçuş Süresi	8 saat	5 saat
Görev Yarıçapı	1300 km	800 km
Faydalı Yük Kapasitesi	1200 kg	1500 kg
Mühimmat Yükleme Noktası	7	9

4.2.2 Değişken parametre

Bu çalışma kapsamında hesaplanmaya çalışılan konuşlanılması planlanan İHA'ların sayısı, konuşlanması planlanan bölgeler ve bölgelerin sayısı değişken parametrelerimizdir. Bu çalışma kapsamında 2 farklı tipte İHA belirlenmiştir. İHA-A ve İHA-B. 158 adet ülkenin koordinatlarından yararlanılarak savunma hattı menzili belirlenmiştir. Türkiye içerisinde 27 adet askeri havalimanı arasında hava araçlarının konuşlanması için uygun havalimanı tayini yapılmıştır.

4.3 Problem-1 Çözüm Aşamaları

“Kaç adet İHA'nın konuşlandırılması gerekmektedir?” sorusunun cevabı için bu çalışma kapsamında ÇKKV metodolojisi kullanılmıştır. ÇKKV, bir karar verici veya bir karar alma süreci için birden fazla kriter veya amacı değerlendirerek, çeşitli seçenekler arasında en iyi seçeneği belirlemeyi sağlamaktadır. ÇKKV, karmaşık karar verme problemlerini ele almak için kullanılan bir dizi yöntem ve teknik içermektedir. Bu yöntemlerden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi, özellikle karar kriterlerinin önem derecelerinin belirlenmesinde en sık kullanılan yöntemlerdendir. Karar kriterlerinin ikili karşılaştırmalarına dayanan AHP yöntemi karar vericilerin tutarlılığını da kontrol ettiğinden ve nispeten kolay hesaplama aşamalarına sahip olduğundan öznel değerlendirmelerin sayısallaştırılmasında sıklıkla tercih edilmektedir.

Alternatiflerin karşılaştırılmasında ise, pozitif ideal çözümden en kısa mesafeye ve negatif ideal çözümden en uzak mesafeye sahip olan alternatifi seçmeye odaklanan İdeal Çözüme Benzerlik Bakımından Sıralama Performansı Tekniği (TOPSIS) yöntemi öne çıkmaktadır. TOPSIS çok sayıda kriter altında değerlendirilen

alternatifler arasında kapsamlı bir çözüm sunmaktadır. Bu, bir karar vericiye birden fazla kriteri dikkate alarak en uygun alternatifleri belirlenmesini sağlamaktadır. TOPSIS, alternatifler arasında bir sıralama sağlar, böylece karar vericiler farklı alternatiflerin birbirine göre nasıl performans gösterdiğini görebilirler. TOPSIS, kriterlerin normalleştirilmesi ve ağırlıklandırılması gibi ön işlemleri içerir. Bu, farklı ölçeklerdeki ve önem derecelerindeki kriterlerin doğru bir şekilde karşılaştırılmasına olanak tanımaktadır. TOPSIS sonuçları, alternatifler arasındaki farkları net bir şekilde göstermektedir ve bu durumda karar vericilerin en uygun alternatifleri seçmelerini kolaylaştırmaktadır. Bu sebepten bu çalışma kapsamında TOPSIS tekniği tercih edilmiştir. TOPSIS, çok kriterli karar verme süreçlerinde karmaşık problemleri çözmelerine yardımcı olmaktadır.

4.3.1 Çok Kriterli Karar Verme: AHP ve TOPSIS Yöntemleri

Analitik Hiyerarşi Prosesi, 1980’de Saaty tarafından geliştirilen ve karar verme problemlerini çözmek için kullanılan bir yöntemdir. AHP, nicel ve nitel kriterleri değerlendiren çok kriterli bir karar verme yöntemidir ve tercih, deneyim ve görüş gibi öznel kriterleri de karar sürecine dahil eder. AHP'nin hiyerarşik düzeni en az iki seviyeden oluşur. En üst seviye amaçtır. İkinci seviyede, ana kriterler bulunur ve ana kriterlerin altında alt kriterler bulunur. İkili karşılaştırmaların tutarlılığı için kriterlerin sayısını doğru belirlemek ve her bir kriteri doğru tanımlamak çok önemlidir. Kriterleri sınıflandırırken ortak özellikler dikkate alınmalıdır. AHP, birden fazla kriterle uygulanabilir. Sonucun esnekliğini ölçmek için duyarlılık analizi yapılır (Saaty, 1980). TOPSIS çoklu karar verme tekniği kapsamında, İHA miktarını belirleme için birçok alternatif senaryo oluşturulmuştur. Bu senaryolarda karar kriteri olarak; hava araçlarının konumlanması gereken toplam hava aracı maliyeti, toplam havalimanı altyapı kurulum maliyeti, tekil saldırı etkinlik oranı ve topyekün savunma etkinlik oranı karar kriterleri olarak belirlenmiştir. Karar verme kriterleri aşağıda gösterilmektedir.

$$C = \{C_k | k = 1, 2, 3, 4\} \quad (4.1)$$

$$C_1 = \text{Toplam Hava Aracı Maliyeti} \quad (4.2)$$

$$C_2 = \text{Toplam Havalimanı Altyapı Kurulum Maliyeti} \quad (4.3)$$

$$C_3 = \text{Topyekün Saldırı Etkinlik Oranı} \quad (4.4)$$

$$C_4 = \text{Topyekün Savunma Etkinlik Oranı} \quad (4.5)$$

En ideal İHA-A ve İHA-B hava aracı miktarının belirlenmesi için birçok farklı alternatif senaryo oluşturulmuştur. Alternatif senaryolarda değişken olarak 3 ana parametre kullanılmıştır. Bu 3 ana parametre şu şekildedir: Savunma hattı menzili, topyekün savunma durumu ve mühimmat konfigürasyon durumlarıdır. Savunma hattı menzili ana parametresi için 5 farklı değişken birim tanımlanmıştır. 5 farklı savunma hattı menzili kapsamında senaryolar değerlendirilmiştir. Topyekün savunma durumu ana parametresi için 3 farklı değişken birim tanımlanmıştır ve son olarak mühimmat konfigürasyon durumu için de 3 farklı değişken birim tanımlanmıştır. Bu 3 ana parametre birimleri değiştirilerek farklı alternatif hava aracı miktarı belirlenmiştir. Farklı hava aracı miktarlarının karar kriterlerine etkisi gözlemlenmiştir. TOPSIS metodu ile alternatifler arasında en pozitif ideale yakın İHA miktarının belirlenmesi hedeflenmiştir.

$$A_{x,y,z} = \left[\sum_{i=1}^2 x \sum_{j=1}^3 y \sum_{k=1}^3 z \right] \quad (4.6)$$

$$x_i = i \text{ savunma hattı menzili} \quad (4.7)$$

$$y_i = i \text{ topyekün savunma durumu} \quad (4.8)$$

$$z_i = i \text{ mühimmat konfigürasyonu} \quad (4.9)$$

Savunma hattı menzili

Savunma hattı menzili, alternatif oluşturulan senaryoların ana parametrelerinden biridir. İHA-A ve İHA-B için savunma yapılması planlanan kapsam alanını ifade etmektedir. Belirlenen kapsam alanındaki tehdit unsurlarına göre oluşturulan aksiyon planlarını içermektedir.

İHA-A'nın savunma hattı menzili 800 km'dir. İHA-B'nin savunma hattı menzili 1300 km'dir. İHA'lar 800 ve 1300 km kapsam alanında performans göstermektedir. Bu sebepten savunma hattı menzili parametresi kapsamında, 800 km, 1300 km savunma hattı menzili alternatif senaryoları oluşturulmuştur.

$$A_x = \left[\sum_1^4 x \right] \quad (4.10)$$

$$A_x = \text{Savunma Hattı Menzili} \quad (4.11)$$

$$A_1 = 800 \text{ km savunma hattı menzili} \quad (4.12)$$

$$A_2 = 1300 \text{ km savunma hattı menzili} \quad (4.13)$$

Topyekün savunma durumu

Topyekün savunma durumu, muhabere esnasında aynı zaman dilimi içerisinde birkaç farklı ülke ile savaş yapabilme kabiliyetini ifade etmektedir. Savaş yapabilme kabiliyeti, muhaberede hava üstünlüğünü, hava hakimiyetini ve hava eşliğini sağlama sağlamak ile ölçeklendirilmektedir. Topyekün savunma durumu 3 farklı değişken için incelenmiştir. 3 farklı değişken şu şekildedir. Topyekün 1 ülke ile muhabere etme durumu, topyekün 2 ülke ile muhabere etme durumu ve tüm ülkeler ile aynı zaman diliminde muhabere etme durumudur. Topyekün 1 ülke ile muhabere etme durumu, savunma hattı menzili kapsamında topyekün muhabere ortamında yalnızca 1 ülke ile muhaberede olma durumu ve bu durum için savunma amaçlı en yüksek tehdit oranına sahip 1 ülkenin envanterindeki savaş uçaklarının durumuna göre HA miktarı belirlemesidir. Topyekün 2 ülke ile muhabere etme durumu, savunma hattı menzili kapsamında topyekün muhabere ortamında yalnızca 2 ülke ile muhaberede olma durumu ve bu durum için savunma amaçlı en yüksek tehdit oranına sahip ilk iki ülkenin envanterindeki savaş uçaklarının durumuna göre HA miktarı belirlemesidir. Topyekün tüm ülkeler ile muhabere etme durumu, savunma hattı menzili kapsamında topyekün muhabere ortamında tüm ülkeler ile muhaberede olma durumu ve bu durum için savunma amaçlı menzil kapsamındaki tüm ülkeleri envanterindeki savaş uçaklarının durumuna göre HA miktarı belirlemesidir. 3 farklı durum için İHA'ların miktarındaki değişimler gözlemlenmiştir.

$$A_y = \left[\sum_1^3 y \right] \quad (4.14)$$

$$A_y = \text{Topyekün Savunma Durumu} \quad (4.15)$$

$$A_1 = \text{Tehdit oranı en yüksek ülke} \quad (4.16)$$

$$A_2 = \text{Tehdit oranı en yüksek ilk 2 ülke} \quad (4.17)$$

$$A_3 = \text{Kapsama alanındaki tüm ülke} \quad (4.18)$$

Mühimmat Konfigürasyon Durumu

Mühimmat konfigürasyon durumu, İHA miktarı belirlerken karşıt tehdit unsuru olan savaş uçaklarının mühimmat konfigürasyonları referans alınmaktadır. Savaş uçakları göre tiplerine göre değişkenlik göstermektedir. Hava ve yer görev kapsamına sahip savaş uçakları hava- hava mühimmatları ve hava-yer mühimmatlarını farklı konfigürasyonda taşıyarak görev yapabilmektedir. Savaş uçaklarının tercih etmiş olduğu farklı mühimmat çeşitleri İHA'ların miktarını etkilemektedir. (İlgili bölümünde detaylıca açıklanmıştır.) 3 farklı mühimmat durumu konfigürasyonu belirlenmiştir. 3 farklı mühimmat konfigürasyonu şu şekildedir. Hava-yer saldırı görevine sahip savaş uçaklarının mühimmat konfigürasyonlarının yalnızca hava-hava mühimmatı entegre edilmesi, yalnızca hava-yer mühimmatı entegre edilmesi veya hava-hava ve hava-yer mühimmatlarının entegre edilmesidir. 3 farklı mühimmat konfigürasyon durumu ile farklı senaryolar oluşturularak İHA miktarındaki değişimler gözlemlenmiştir.

$$A_z = \left[\sum_1^3 z \right] \quad (4.19)$$

$$A_z = \text{Mühimmat Konfigürasyon Durumu} \quad (4.20)$$

$$A_1 = \text{Hava ve yer mühimmatlarının kullanımı} \quad (4.21)$$

$$A_2 = \text{Yalnızca hava mühimmatlarının kullanımı} \quad (4.22)$$

$$A_3 = \text{Yalnızca yer mühimmatlarının kullanımı} \quad (4.23)$$

4.3.1.1 Alternatif Senaryo Belirleme

Alternatif senaryoların insansız hava aracı miktarının belirlenmesi, karar kriterleri olan, tekil saldırı etkinlik oranı ve topyekün savunma etkinlik oranının belirlenmesi için öncelikli olarak karşı tehdit unsuru olan ülkelerin tehdit derecelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Alternatif senaryo kapsamında 800 km ve 1300 km savunma hattı menziline karşı tehdit unsurlarına karşı farklı konfigürasyonlarda insansız hava aracı miktarını belirlenecektir. Karar kriterleri kapsamında 2000 km’lik savunma hattı menziline tekil saldırı etkinlik oranı ve topyekün savunma etkinlik oranı belirlenecektir. Bu sebepten 800 km, 1300 km ve 2000 km’lik savunma hattı menziline karşı tehdit unsuru belirlenmesi gerekmektedir.

Harekat yarıçapı olarak 800 km, 1300 km ve 2000 km alınmıştır. Karşıt hava tehdit sahalarının belirlenmesi için python programı kullanılmıştır. Dünyadaki ülkelerin koordinatları parametre olarak eklenmiştir. İki ülke arasındaki mesafeyi bulmak için iki koordinat arasındaki mesafeyi hesaplama formülü kullanılmıştır. Böylelikle Türkiye’nin 800km, 1300 km ve 2000 km yarıçapındaki ülkelerin listesi çıkarılmıştır. Python programında iki koordinat arası mesafe bulma için Haversine formülü (Url-2) kullanılmıştır, formül aşağıda yer almaktadır.

$$a = \sin^2(\Delta\text{lat}/2) + \cos(\text{lat1}) \times \cos(\text{lat2}) \times \sin^2(\Delta\text{lon}/2) \quad (4.24)$$

$$c = 2 \times \text{atan2}(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}) \quad (4.25)$$

$$d = R \times c \quad (4.26)$$

```
import math

def haversine_distance(lat1, lon1, lat2, lon2):
    R = 6371.0
    lat1 = math.radians(lat1)
    lon1 = math.radians(lon1)
    lat2 = math.radians(lat2)
    lon2 = math.radians(lon2)
    dlon = lon2 - lon1
    dlat = lat2 - lat1
    a = math.sin(dlat/2)**2 + math.cos(lat1) * math.cos(lat2) * math.sin(dlon/2)**2
    c = 2 * math.atan2(math.sqrt(a), math.sqrt(1-a))
    distance = R * c
    return distance
```

Şekil 4.1. : Haversine mesafe formülü python kodu.

Haversine formülü ile hesaplanan 800 km, 1300 km, 1500 km, 1800 km ve 2000 km görev yarıçapı içerisinde yer alan ülkelerin listesi aşağıda yer almaktadır.

Çizelge 4.2 : 800 km, 1300 km ve 2000 km görev yarıçapındaki ülkelerin listesi.

Ülke	800 km	1300 km	2000 km
Arnavutluk		x	x
Avusturya			x
Azerbaycan	x	x	x
Belarus			x
Bosna-Hersek			x
Bulgaristan	x	x	x
Çekya			x
Ermenistan	x	x	x
Gürcistan	x	x	x
Hırvatistan			x
Irak	x	x	x
İran	x	x	x
İsrail		x	x
İtalya			x
Karadağ		x	x
Kıbrıs	x	x	x
Kosova		x	x
Kuveyt			x
Letonya			x
Libya			x
Litvanya			x
Lübnan	x	x	x
Macaristan			x
Makedonya		x	x
Malta			x
Mısır			x
Moldova		x	x
Polonya			x
Romanya	x	x	x
Rusya			x
San Marino			x
Sırbistan		x	x
Slovakya			x
Slovenya			x
Suriye	x	x	x
Ukrayna		x	x
Ürdün		x	x
Yunanistan	x	x	x

Bu çalışma kapsamında hava saldırı araçlarına yönelik savunma strateji planlandığı için yukarıdaki listedeki ülkelerin hava kuvvetleri envanterleri araştırılmıştır. Hava savunma kuvvetine sahip olmayan ülkeler, hava saldırganı uçağına sahip olmayan

lkeler ve Türkiye tarafından askeri yardım alan ülkeler kapsam dışı bırakılmıştır. Buna göre, Kıbrıs, Makedonya, Moldova, Malta, San Marino, Slovenya, Letonya ve Litvanya'nın hava saldırı uçağı olmadığı için, bu ülkeler kapsam dışında bırakılmıştır (World Air Forces, 2023) ve listeden çıkarılmıştır. Arnavutluk, Azerbaycan, Gürcistan, Karadağ, Kosova, Ukrayna, Ürdün, Bosna-Hersek, Hırvatistan, Polonya ve Libya, Kosova lkeleri Türkiye'den askeri yardım aldığı için tehdit unsuru ülkeler listesinden çıkarılmıştır. Kapsam dışı bırakılan konular sonrasında karşıt hava tehdit sahalarının belirlenmiştir. Güncel karşıt hava tehdit sahaları aşağıda yer almaktadır.

Çizelge 4.3 : Revize edilen 800 km, 1300 km ve 2000 km görev yarıçapındaki ülkelerin listesi.

lke	800 km	1300 km	2000 km
Avusturya			x
Belarus			x
Bulgaristan	x	x	x
Çekya			x
Ermenistan	x	x	x
Irak	x	x	x
İran	x	x	x
İsrail		x	x
Lübnan	x	x	x
İtalya			x
Macaristan			x
Mısır			x
Romanya	x	x	x
Rusya			x
Sırbistan		x	x
Slovakya			x
Suriye	x	x	x
Yunanistan	x	x	x

Karşıt hava tehdit unsuru ülkelerin tehdit derecelerinin belirlenmesi

Hava tehdit unsuru ülkelerin tehdit dereceleri birbirinden farklılık göstermektedir. Bazı hava tehdit unsurlarında az miktarda saldırı uçağı bulunurken diğer bir hava tehdit unsuru ülkede fazla miktarda saldırı uçağı bulunabilmektedir. Saldırı uçaklarının miktarı, tehdit derecelerinin belirlenmesi için bir parametre olmaktadır. Diğer bir hava tehdit unsuru ülkenin tehdit derecesini belirleyecek parametre ise saldırı uçaklarının görev tipleridir. Her bir görev tipinin kabiliyeti farklıdır. Bir hava tehdit unsuru ülkenin uçaklarının kabiliyetleri düşükken diğer hava tehdit unsuru ülkenin saldırı uçaklarının kabiliyetleri yüksek olabilir. Bu nedenle saldırı uçaklarını görev tipleri de tehdit derecelerinin belirlenmesi için bir parametre olmaktadır. Tehdit unsuru ülkelerin

envanterindeki uçak miktarları ve bu uçakların görev tipleri göz önüne alınarak, hava tehdit unsuru kapsamında değerlendirilen ülkeler arasından, yüksek tehdit unsur içeren ülkeler belirlenmiştir.

Ülkelerin envanterdeki hava saldırı uçaklarının listesinin oluşturulması

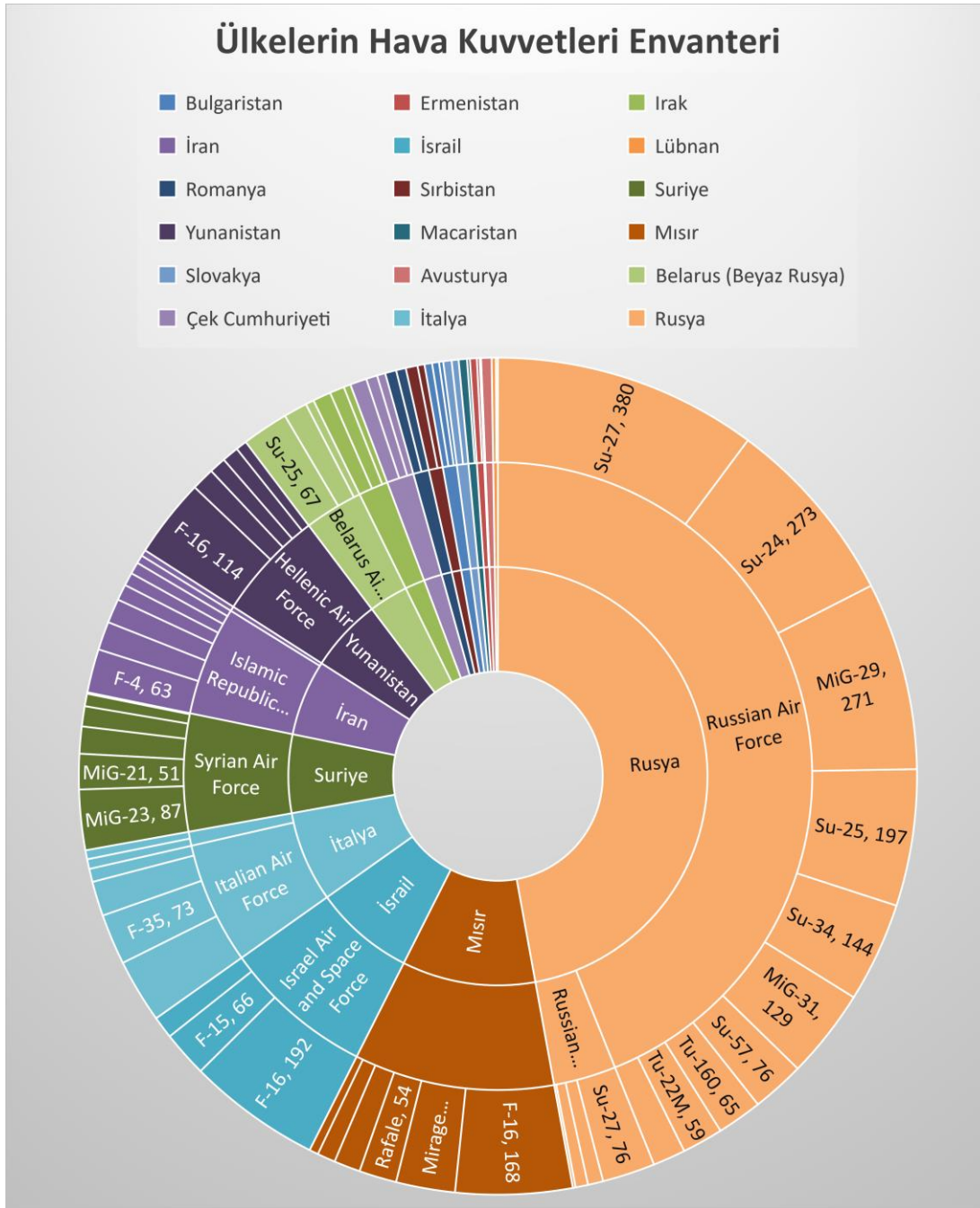
Hava tehdit unsuru ülkelerin envanterlerinde bulunan ve herhangi bir muharebe durumunda kullanılması muhtemel olan hava saldırı uçaklarının listesi aşağıda listelenmiştir (World Air Forces, 2023).

Çizelge 4.4 : Hava saldırı uçağı envanter listesi.

Ülke	Hava Kuvveti (AF: Air Force)	Uçak Adı	Görev Tipi	Miktar
Bulgaristan	Bulgarian AF	MiG-29	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	11
Bulgaristan	Bulgarian AF	Su-25	Hafif saldırı	6
Bulgaristan	Bulgarian Air Force	F-16	Çok Rollü Avcı	10
Ermenistan	Armenian AF	Su-25	Hafif saldırı	10
Ermenistan	Armenian AF	Su-30	Çok Rollü Avcı	4
Ermenistan	Karabakh Defence Army AF	Su-25	Hafif saldırı	2
Irak	Iraqi AF	F-16	Çok Rollü Avcı	26
Irak	Iraqi AF	L-159A	Hafif saldırı	10
Irak	Iraqi AF	Su-25	Hafif saldırı	21
İran	Islamic Republic of Iran AF	F-4	Çok Rollü Avcı	63
İran	Islamic Republic of Iran AF	F-5	Hafif avcı	35
İran	Islamic Republic of Iran AF	J-7	Çok Rollü Avcı	17
İran	Islamic Republic of Iran AF	F-14	Taşıyıcı Tabanlı	41
İran	Islamic Republic of Iran AF	MiG-29	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	19
İran	Islamic Republic of Iran AF	Mirage 2000	Çok Rollü Avcı	12
İran	Islamic Republic of Iran AF	Su-24	Hafif saldırı	23
İran	Iranian Revolutionary Guard	Su-22	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	9
İsrail	Israel Air and Space Force	F-15	Taşıyıcı Tabanlı	66
İsrail	Israel Air and Space Force	F-16	Çok Rollü Avcı	192
İsrail	Israel Air and Space Force	F-35	5. Nesil Savaş	32
Lübnan	Lebanese AF	AC-208	Hafif saldırı	3
Lübnan	Lebanese AF	EMB-314	Hafif saldırı	6
Romanya	Romanian AF	F-16	Çok Rollü Avcı	14
Romanya	Romanian AF	MiG-21	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	16
Sırbistan	Serbian AF	J-22	Hafif saldırı	17
Sırbistan	Serbian AF	MiG-29	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	10
Suriye	Syrian AF	MiG-21	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	51
Suriye	Syrian AF	MiG-23	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	87
Suriye	Syrian AF	MiG-25	Stratejik bombardıman	2
Suriye	Syrian AF	MiG-29	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	29
Suriye	Syrian AF	Su-22	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	39
Suriye	Syrian AF	Su-24	Hafif saldırı	18
Yunanistan	Hellenic AF	F-4	Çok Rollü Avcı	33
Yunanistan	Hellenic AF	F-16	Çok Rollü Avcı	114

Çizelge 4.4 (devam): Hava saldırı uçağı envanter listesi.

Ülke	Hava Kuvveti (AF: Air Force)	Uçak Adı	Görev Tipi	Miktar
Yunanistan	Hellenic AF	Mirage 2000	Çok Rollü Avcı	16
Yunanistan	Hellenic AF	Mirage 2000	Çok Rollü Avcı	24
Yunanistan	Hellenic AF	Rafale	Çok Rollü Avcı	24
Macaristan	Hungarian AF	Gripen C	Çok Rollü Avcı	12
Macaristan	Hungarian AF	L-39NG	Hafif avcı	4
Mısır	Egyptian AF	Alpha Jet	Hafif avcı	13
Mısır	Egyptian AF	F-16	Çok Rollü Avcı	168
Mısır	Egyptian AF	MiG-29	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	38
Mısır	Egyptian AF	Mirage 2000	Çok Rollü Avcı	85
Mısır	Egyptian AF	Rafale	Çok Rollü Avcı	54
Mısır	Egyptian AF	Su-35	Çok Rollü Avcı	26
Slovakya	Slovak AF	F-16	Çok Rollü Avcı	12
Slovakya	Slovak AF	MiG-29	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	10
Avusturya	Austrian AF	Eurofig hter	Çok Rollü Avcı	15
Belarus	Belarus AF	MiG-29	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	34
Belarus	Belarus AF	Su-25	Hafif saldırı	67
Belarus	Belarus AF	Su-30	Çok Rollü Avcı	12
Çekya	Czech AF	F-35	5. Nesil Savaş	24
Çekya	Czech AF	Gripen C	Çok Rollü Avcı	12
Çekya	Czech AF	L-159A	Hafif saldırı	16
İtalya	Italian AF	AMX	Hafif saldırı	19
İtalya	Italian AF	Eurofig hter	Çok Rollü Avcı	92
İtalya	Italian AF	F-35	5. Nesil Savaş	73
İtalya	Italian AF	Tornado IDS	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	50
İtalya	Italian Navy	AV-8B	Hafif saldırı	14
İtalya	Italian Navy	F-35		13
Rusya	Russian AF	MiG-29	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	271
Rusya	Russian AF	MiG-31	Taşıyıcı Tabanlı Avcı	129
Rusya	Russian AF	Su-24	Hafif saldırı	273
Rusya	Russian AF	Su-25	Hafif saldırı	197
Rusya	Russian AF	Su-27	Çok Rollü Avcı	380
Rusya	Russian AF	Su-34	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	144
Rusya	Russian AF	Su-57	5. Nesil Avcı	76
Rusya	Russian AF	Tu-22M	Stratejik bombardıman	59
Rusya	Russian AF	Tu-95	Stratejik bombardıman	47
Rusya	Russian AF	Tu-160	Stratejik bombardıman	65
Rusya	Russian Naval Aviation	MiG-29	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	18
Rusya	Russian Naval Aviation	Su-24	Hafif saldırı	22
Rusya	Russian Naval Aviation	Su-25	Hafif saldırı	4
Rusya	Russian Naval Aviation	Su-27	Çok Rollü Avcı	76



Şekil 4.2. : Ülkelerin hava kuvvetleri envanter grafiği.

Tehdit derecelerinin belirlenmesi

Ülkelerin envanterlerindeki hava araçları farklı görev tiplerine sahiptirler ve sahip oldukları görev tiplerine göre hedef unsurları kabiliyetleri yetkinlikleri değişmektedir. Çizelge 4.4'te düşman tehdit unsurlarının hava saldırı uçaklarının görev tipleri belirtilmiştir. Her bir görev tipinin tehdit derecesi farklılık göstermektedir.

Görev tiplerinin sahip oldukları kabiliyetlere göre tehdit dereceleri belirlenmiştir. Tehdit derecesi en yüksek olan görev tipine “7”, tehdit derecesi en düşük olan görev tipine “1” olacak şekilde derecelendirme yapılmıştır. Görev tiplerine göre derecelendirme aşağıdaki listede yer almaktadır.

Çizelge 4.6 : Hava araçları görev tipleri tehdit derecelendirilmesi.

Görev Tipi	Tehdit Derecesi	Savaş Uçağı Tipi
Hafif Saldırı	1	Su-25, J-22, EMD-314, L159A
Stratejik Bombardıman	2	MIG-25
Hafif Avcı Uçağı	3	F-5
Taşıyıcı Tabanlı Avcı	4	F-14
Çok Rollü Avcı	5	F-16, F-4, J-7, Su-30, Mirage 2000, Rafale
Çok Rollü Avcı-Bombardıman	6	F-15, MIG-21, MIG-23, MIG-29, Su-22
5. Nesil Savaş Uçağı	7	F-35

Ülkelerin tehdit derecelerinin belirlenmesinde envanterindeki saldırı uçağının görev tipi ve saldırı uçağının miktarı göz önüne alınmaktadır. Envanterinde bulunan savaş uçakları görev tiplerinin derecelerine göre ve envanterdeki sayılarına göre puanlandırılmıştır. 800 km-1300 km ve 2000 km savunma hattı menzilleri olarak gruplandırılan hava tehdit unsuru ülkelerin puanları Çizelge 4.7’de yer almaktadır.

Çizelge 4.7 : Hava tehdit unsuru ülkelerin tehdit puanları.

Ülke	800 km Menzil	1300 km Menzil	2000 km Menzil	Tehdit Derecesi
Lübnan	x	x	x	9
Ermenistan	x	x	x	32
Bulgaristan	x	x	x	122
Irak	x	x	x	161
Romanya	x	x	x	166
İran	x	x	x	920
Yunanistan	x	x	x	1055
Suriye	x	x	x	1258
Sırbistan		x	x	77
İsrail		x	x	1448
Macaristan			x	72
Avusturya			x	75
Slovakya			x	120
Çekya			x	244
Belarus			x	331
İtalya			x	1395
Mısır			x	1932
Rusya			x	6764

800 km savunma hattı kapsamında tehdit derecesi en yüksek olan ilk ülke Suriye'dir. İkinci en yüksek tehdit derecesine sahip ülke Yunanistan'dır.

İHA miktarının belirlenmesi

İHA-A ve İHA-B insansız hava araçlarının miktarları belirlerken, belirli savunma hattı menzil yarıçapı kapsamında belirlenen ülkenin ve ülkelerin envanterindeki savaş uçaklarının miktarına, envanterdeki uçakların görev tiplerine, hazır olma oranına, mühimmat yükleme noktasının miktarına ve mühimmat yükleme noktalarından atılan hava veya yer mühimmatlarının miktarına bağlı olarak belirlenmektedir.

Hazır olma oranı, bir hava kuvvetinin uçak filosunun, belirli bir zaman diliminde görevlere çıkma veya uçuşa geçme yeteneğini ifade etmektedir. Bu oran, uçakların bakım, onarım, eğitim, yakıt temini gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir ve bu oran genellikle yüzde olarak ifade edilmektedir. Yüksek hazır olma oranı, uçak filosunun güvenilir ve etkin bir şekilde kullanıldığı anlamına gelmektedir. U. S.'in kendi uçakları için yayınladığı hazır olma oranları %60'lardan zamanla düşme eğilimi göstererek daha da azalmaktadır (Keating ,2022). U.S.'in yayınladığı uçakların hazır olma oranının en yüksek değerini referans alarak, belirlenen ülke için savaş uçaklarının hazır olma oranı %60 olarak kabul edilmiştir. Başka bir deyiş ile uçakların sadece %60'ı savaş muharebesine eş zamanlı olarak katılım gösterebilmektedir. İnsansız hava araçlarının hazır olma oranları savaş uçaklarına kıyasla daha yüksektir. Bu çalışma kapsamında, İHA-A ve İHA-B için hazır olma oranını %70 olarak kabul edilmektedir.

$$gsu = \text{hazır olma oranı} \times \text{envanterdeki hava aracı sayısı} \quad (4.27)$$

$$gsu = \text{Güncel Saldırı Uçağı Miktarı} \quad (4.28)$$

İHA-A için hava aracı sayısını belirlenmesi için kullanılan formül aşağıda yer almaktadır.

$$İHA - A \text{ miktarı} = \left(\left(\sum_{i=1}^n gsu_i \times hmtm_i \times 2 \right) \div İHA - A \text{ myn} \right) \times gim \quad (4.29)$$

$$gsu = \text{Güncel Saldırı Uçağı Miktarı (Hazır olma oranı dahil)} \quad (4.30)$$

$$gim = \text{Güncel İHA Miktarı(Hazır olma oranı dahil)} \quad (4.31)$$

$$hmtm = \text{Hava – Hava Mühimmat Taşıma Miktarı} \quad (4.32)$$

$$\dot{I}HA - A myn = \dot{I}HA - A \text{ mühimmat yükleme noktası sayısı} \quad (4.33)$$

İHA-B için hava aracı sayısını belirlenmesi için kullanılan formül aşağıda yer almaktadır.

$$\dot{I}HA - B \text{ miktarı} = \left(\left(\sum_{i=1}^n gsu_i \times hmtm_i \times 2 \right) \div \dot{I}HA - B myn \right) \times gim \quad (4.34)$$

$$gsu = \text{Güncel Saldırı Uçağı Miktarı(Hazır olma oranı dahil)} \quad (4.35)$$

$$gim = \text{Güncel İHA Miktarı(Hazır olma oranı dahil)} \quad (4.36)$$

$$hmtm = \text{Hava – Yava Mühimmat Taşıma Miktarı} \quad (4.37)$$

$$\dot{I}HA - B myn = \dot{I}HA - B \text{ mühimmat yükleme noktası sayısı} \quad (4.38)$$

Alternatif Senaryolar- 800 km savunma hattı menzili

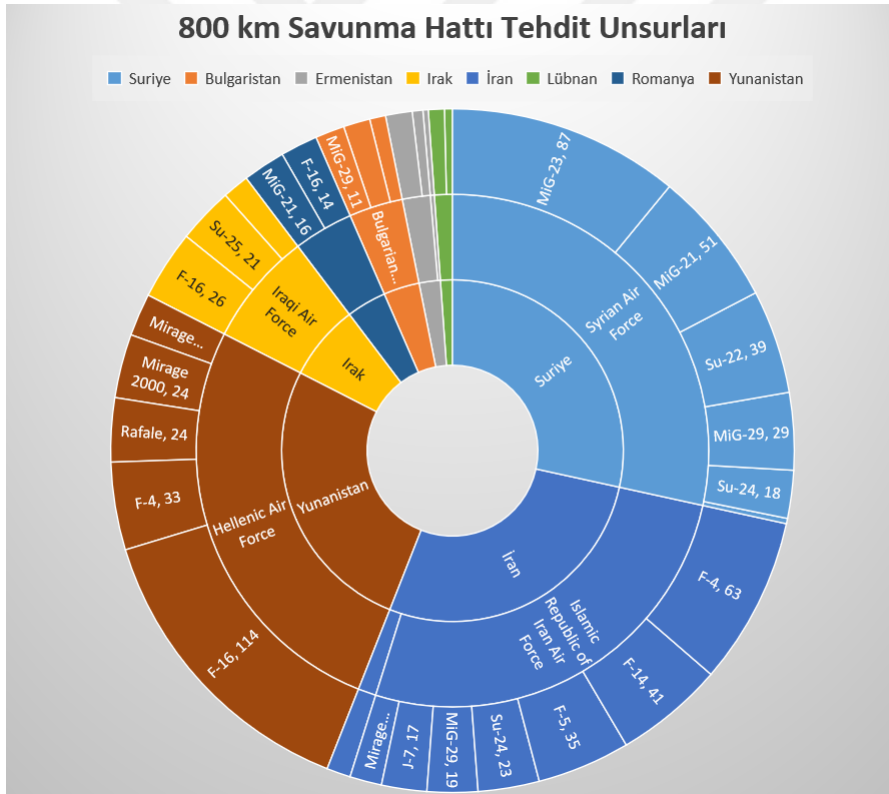
800 km savunma hattı menzil kapsamında 8 ülke bulunmaktadır. Bu 8 ülke arasından topyekün bir muhabere durumunda en yüksek tehdit derecesine sahip ülkeye karşı ülke ile muhabere yapılacağı varsayımıyla karşıt tehdit unsur derecesi en yüksek ülkenin envanter bilgilerine karşı İHA miktarı belirlenmiştir. Bu duruma alternatif olarak, topyekün bir muhabere durumunda 2 ülke ile muhabere yapılacağı varsayımıyla karşıt tehdit unsur derecesi en yüksek ilk iki ülkenin envanter bilgilerine karşı ve tüm savunma hattı içerisinde kalan ülkelerin İHA miktarı belirlenmiştir. Ülkelerin sahip olduğu envanterdeki savaş uçaklarının görev tiplerine ve mühimmat kabiliyetlerine göre farklı mühimmat konfigürasyon alternatifleri oluşturulmuştur. İHA miktarı belirlemek için oluşturulan senaryolar aşağıda belirtilmektedir.

$$A_{1,y,z} = \left[1, \sum_1^3 y, \sum_1^3 z \right] \quad (4.39)$$

$$A_{1,y,z} = 800 \text{ km savunma hattı menzili, TSD, MKD} \quad (4.40)$$

Çizelge 4.8 : Alternatif İHA miktarı – 800 km savunma hattı menzili.

Alternatifler	Savunma Hattı Menzil	Topyekün Savunma Durumu	Mühimmat Konfigürasyon Durumu
$A_{1,1,1}$	800 km	1	Hava- Yer ortak
$A_{1,2,1}$	800 km	2	Hava- Yer ortak
$A_{1,3,1}$	800 km	Tüm	Hava- Yer ortak
$A_{1,1,2}$	800 km	1	Hava
$A_{1,1,3}$	800 km	1	Yer
$A_{1,2,2}$	800 km	2	Hava
$A_{1,2,3}$	800 km	2	Yer
$A_{1,3,2}$	800 km	Tüm	Hava
$A_{1,3,3}$	800 km	Tüm	Yer



Şekil 4.3. : 800 km savunma hattı tehdit karşıt unsurun hava gücü.

$A_{1,1,1}$, $A_{1,1,2}$ $A_{1,1,3}$ Senaryoları

Çalışmada Türkiye'nin aynı anda sadece 1 ülke ile topyekün savunma yaptığı kabul edilmiştir. 800 km menzilde yer alan 8 ülke arasından yüksek tehdit grubu içerisinde yüksek derecede olan “Suriye” topyekün savunma senaryosu için belirlenmiştir.

Suriye'nin envanterindeki hava saldırı araçları ve miktarları aşağıda yer almaktadır.

Çizelge 4.9 : Savunma yapılacak savaş araçları miktarı.

Hava Saldırı Araçları	Miktar
MiG-21	51
MiG-23	87
MiG-25	2
MiG-29	29
Su-22	39
Su-24	18

İHA-A ve İHA-B insansız hava araçlarının miktarları belirlerken ülkenin envanterindeki savaş uçaklarının miktarına, hazır olma oranına, mühimmat yükleme noktasının miktarına ve mühimmat yükleme noktalarından atılan hava veya yer mühimmatlarının miktarına bağlı olarak belirlenecektir.

Düşman tehdit unsuru ülkeye ait uçak sayılarının hazır olma oranı %60 alınarak aşağıdaki formül ile aynı anda savaş muhaberesinde kullanabilecek savaş uçak miktarı belirlenmiştir.

$$gsu = \text{hazır olma oranı} \times \text{envanterdeki hava aracı sayısı} \quad (4.41)$$

$$gsu = \text{Güncel Saldırı Uçağı Miktarı} \quad (4.42)$$

Bu durumda düşman tehdit unsuru ülkeye ait uçak sayılarının hazır olma oranı dikkate alınarak güncellenmiş hali aşağıda yer almaktadır. Bu sayılar aynı anda savaş muhaberesinde kullanabilecek savaş uçağını ifade etmektedir.

Çizelge 4.10 : Güncel savunma yapılacak savaş araçları miktarı.

Hava Saldırı Araçları	Miktar
MiG-21	31
MiG-23	52
MiG-25	1
MiG-29	17
Su-22	23
Su-24	11

İHA-A ve İHA-B'nin konuşlanması gereken miktarın hesaplanmasında, savunma yapılacak savaş uçaklarının görev tipleri ve mühimmat kabiliyetleri de önemli rol oynamaktadır. Birbirinden farkı birçok mühimmat çeşidi vardır. Her bir mühimmat farkı yetkinlikte ve özelliktedir. Hava araçları sahip oldukları mühimmat taşıma

noktalarından farklı mühimmat çeşitlerini farklı kombinasyonlar ile takabilmektedir. Bu durum hareket senaryolarının çeşitlenmesini sağlamaktadır. Bu çalışma kapsamında 3 farklı mühimmat konfigürasyonu oluşturulmuştur. Mühimmat konfigürasyonlarındaki İHA miktarı değişimleri değerlendirilmiştir. Taşıma noktalarından atılan mühimmatların hava-hava mühimmatı ve hava-yer mühimmatı kabiliyetine göre ayırım yapılmıştır. Uçaklardaki mühimmat taşıma noktası sayısı ve mühimmat kombinasyonları aşağıdaki tablolarda yer almaktadır.

A_{1,1,1}

800 km savunma hattı menziline, en yüksek tehdit oranına sahip ülkenin hava- yer görevi yetkinliğine sahip savaş uçaklarına hava ve yer mühimmatlarının kullanıldığı senaryonun dağılım konfigürasyonu aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Çizelge 4.11 : Hava ve yer mühimmatı konfigürasyon dağılımı.

Hava Saldırı Araçları	Görev Tipi	Hava-Hava Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Yer Mühimmatı Taşıma Miktarı
MiG-21	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	4	2
MiG-23	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	4	2
MiG-25	Stratejik bombardıman	-	4
MiG-29	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	6	2
Su-22	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	6	2
Su-24	Hafif saldırı uçağı	-	12

İHA-A'nın 7 adet mühimmat taşıma noktası bulunmaktadır. İHA-B'nin 9 adet mühimmat taşıma noktası bulunmaktadır. İHA-A ve İHA-B uçaklarının tüm taşıma noktalarında hava-hava mühimmatı taşıdığı kabul edilmiştir.

Bu çalışma kapsamında satürasyon stratejisinin uygulanması hedeflenmiştir. Satürasyon stratejisi kapsamında 1 mühimmata karşı 2 mühimmat ile savunma stratejisinin uygulanması belirlenmiştir.

İHA-A için hava aracı sayısını belirlenmesi için kullanılan formül aşağıda yer almaktadır.

$$\text{İHA} - A \text{ miktarı} = \left(\sum_{i=1}^n gsu_i \times hhmtm_i \times 2 \right) \div \text{İHA} - A \text{ myn} \quad (4.43)$$

$$gsu = \text{Güncel Saldırı Uçağı Miktarı}(\text{Hazır olma oranı dahil}) \quad (4.44)$$

$$hhmtm = \text{Hava – Hava Mühimmat Taşıma Miktarı} \quad (4.45)$$

$$\dot{I}HA - A myn = \dot{I}HA - A \text{ mühimmat yükleme noktası sayısı} \quad (4.46)$$

$$\dot{I}HA - A miktarı = 165 \quad (4.47)$$

$\dot{I}HA-B$ için hava aracı sayısını belirlenmesi için kullanılan formül aşağıda yer almaktadır.

$$\dot{I}HA - B miktarı = \left(\sum_{i=1}^n gsu_i \times hytm_i \times 2 \right) \div \dot{I}HA - b myn \quad (4.48)$$

$$gsu = \text{Güncel Saldırı Uçağı Miktarı}(\text{Hazır olma oranı dahil}) \quad (4.49)$$

$$hytm = \text{Hava – Yava Mühimmat Taşıma Miktarı} \quad (4.50)$$

$$\dot{I}HA - B myn = \dot{I}HA - B \text{ mühimmat yükleme noktası sayısı} \quad (4.51)$$

$$\dot{I}HA - B miktarı = 85 \quad (4.52)$$

$\dot{I}HA-A$ ve $\dot{I}HA-B$ için savunma amaçlı aynı anda eş zamanlı hazır bulundurulması gereken miktar $\dot{I}HA-A$ için 165, $\dot{I}HA-B$ için 85 olarak belirlenmiştir.

$\dot{I}HA-A$ ve $\dot{I}HA-B$ için için hazır olma oranını %70 olarak kabul edildiğinde güncel hava aracı listesi $\dot{I}HA-A$ için 235, $\dot{I}HA-B$ için 121 olarak hesaplanır.

$A_{1,1,2}$

800 km savunma hattı menziline, en yüksek tehdit oranına sahip ülkenin hava- yer görevi yetkinliğine sahip savaş uçaklarına sadece hava mühimmatlarının kullanıldığı senaryonun dağılım konfigürasyonu aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Çizelge 4.12 : Hava mühimmatı konfigürasyon dağılımı.

Hava Saldırı Araçları	Görev Tipi	Hava-Hava Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Yer Mühimmatı Taşıma Miktarı
MiG-21	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	6	0
MiG-23	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	6	0
MiG-25	Stratejik bombardıman	-	4
MiG-29	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	8	0
Su-22	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	8	0
Su-24	Hafif saldırı uçağı	-	12

Yukarıdaki tablodaki veriler ve İHA miktarı hesaplama formülleri kullanılarak $A_{1,1,2}$ senaryosunu için 336 adet İHA-A ve 43 adet İHA-B hesaplanmıştır.

$A_{1,1,3}$

800 km savunma hattı menzilinde, en yüksek tehdit oranına sahip ülkenin hava- yer görevi yetkinliğine sahip savaş uçaklarına sadece yer mühimmatlarının kullanıldığı senaryonun dağılım konfigürasyonu aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Çizelge 4.13 : Yer mühimmatı konfigürasyon dağılımı.

Hava Saldırı Araçları	Görev Tipi	Hava-Hava Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Yer Mühimmatı Taşıma Miktarı
MiG-21	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	0	6
MiG-23	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	0	6
MiG-25	Stratejik bombardıman	-	4
MiG-29	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	0	8
Su-22	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	0	8
Su-24	Hafif saldırı uçağı	-	12

Yukarıdaki tablodaki veriler ve İHA miktarı hesaplama formülleri kullanılarak $A_{1,1,3}$ senaryosu için 0 adet İHA-A, 304 adet İHA-B hesaplanmıştır.

$A_{1,2,1}$, $A_{1,2,2}$ $A_{1,2,3}$ Senaryoları

Bu alternatif senaryo kapsamında Türkiye'nin aynı anda sadece 2 ülke ile topyekün savunma yaptığı kabul edilmiştir. Bu 8 ülke arasından en yüksek tehdit grubu

içerisindeki ilk iki yüksek derecede olan “Suriye” ve “Yunanistan” topyekün savunma senaryosu için belirlenmiştir.

“Suriye” ve “Yunanistan” için oluşturulan farklı mühimmat konfigürasyon senaryoları aşağıda yer almaktadır.



Çizelge 4.14 : “Suriye” ve “Yunanistan” envanterindeki uçaklar için oluşturulan farklı mühimmat konfigürasyonları.

Kuvvet Adı	Uçak Tipi	Uçak Sayısı	Görev Tipi	$A_{1,2,1}$		$A_{1,2,2}$		$A_{1,2,3}$	
				Hava-Hava Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Yer Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Hava Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Yer Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Hava Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Yer Mühimmatı Taşıma Miktarı
Suriye	MiG-21	51	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	4	2	6	0	0	6
Suriye	MiG-23	87	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	4	2	6	0	0	6
Suriye	MiG-25	2	Stratejik Bonbandırman	0	4	0	4	0	4
Suriye	MiG-29	29	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	6	2	8	0	0	8
Suriye	Su-22	39	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	6	2	8	0	0	8
Suriye	Su-24	18	Hafif saldırı uçağı	0	12	0	12	0	12
Yunanistan	F-4	33	Çok Rollü Avcı Uçağı	5	4	9	0	0	9
Yunanistan	F-16	114	Çok Rollü Avcı Uçağı	5	4	9	0	0	9
Yunanistan	Mirage 2000	16	Çok Rollü Avcı Uçağı	5	4	9	0	0	9
Yunanistan	Mirage 2000	24	Çok Rollü Avcı Uçağı	5	4	9	0	0	9

“Suriye” ve “Yunanistan” için oluşturulan farklı mühimmat konfigürasyon senaryolarının verilen formüller kullanılarak hesaplanan İHA-A ve İHA-B miktarı aşağıda yer almaktadır.

Çizelge 4.15 : İHA-A ve İHA-B miktarı.

Alternatif No	İHA-A Miktarı	İHA-B miktarı
$A_{1,2,1}$	499	291
$A_{1,2,2}$	830	43
$A_{1,2,3}$	0	689

$A_{1,3,1}$, $A_{1,3,2}$ $A_{1,3,3}$ Senaryoları

Bu alternatif senaryo kapsamımda Türkiye’nin aynı anda 800 km savunma hattındaki tüm ülkeler ile topyekün savunma yaptığı kabul edilmiştir.

Tüm ülkeler için oluşturulan farklı mühimmat konfigürasyon senaryoları aşağıda yer almaktadır.

Çizelge 4.16 : Tüm ülkelerin envanterindeki uçaklar için oluşturulan farklı mühimmat konfigürasyonları.

Kuvvet Adı	Uçak Tipi	Uçak Sayısı	Görev Tipi	$A_{1,3,1}$		$A_{1,3,2}$		$A_{1,3,3}$	
				Hava-Hava Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Yer Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Hava Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Yer Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Hava Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Yer Mühimmatı Taşıma Miktarı
Suriye	MiG-21	51	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	4	2	6	0	0	6
Suriye	MiG-23	87	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	4	2	6	0	0	6
Suriye	MiG-25	2	Stratejik Bonbardıman	0	4	0	4	0	4
Suriye	MiG-29	29	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	6	2	8	0	0	8
Suriye	Su-22	39	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	6	2	8	0	0	8
Suriye	Su-24	18	Hafif saldırı uçağı	0	12	0	12	0	12
Yunanistan	F-4	33	Çok Rollü Avcı Uçağı	5	4	9	0	0	9
Yunanistan	F-16	114	Çok Rollü Avcı Uçağı	5	4	9	0	0	9
Yunanistan	Mirage 2000	16	Çok Rollü Avcı Uçağı	5	4	9	0	0	9
Yunanistan	Mirage 2000	24	Çok Rollü Avcı Uçağı	5	4	9	0	0	9
Bulgaristan	MiG-29	11	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	6	2	8	0	0	8
Bulgaristan	Su-25	6	Hafif saldırı uçağı	0	10	0	10	0	10
Bulgaristan	F-16	10	Çok Rollü Avcı Uçağı	5	4	9	0	9	0
Ermenistan	Su-25	10	Hafif saldırı uçağı	0	10	0	10	0	10

Çizelge 4.16 (devam): Tüm ülkelerin envanterindeki uçaklar için oluşturulan farklı mühimmat konfigürasyonları.

Kuvvet Adı	Uçak Tipi	Uçak Sayısı	Görev Tipi	$A_{1,3,1}$		$A_{1,3,2}$		$A_{1,3,3}$	
				Hava-Hava Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Yer Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Hava Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Yer Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Hava Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Yer Mühimmatı Taşıma Miktarı
Ermenistan	Su-30	4	Çok Rollü Avcı Uçağı	6	6	12	0	12	0
Ermenistan	Su-25	2	Hafif saldırı uçağı	0	10	0	10	0	10
Irak	F-16	26	Çok Rollü Avcı Uçağı	5	4	9	0	9	0
Irak	L-159A	10	Hafif saldırı uçağı	0	7	0	7	0	7
Irak	Su-25	21	Hafif saldırı uçağı	0	10	0	10	0	10
İran	F-4	63	Çok Rollü Avcı Uçağı	5	4	9	0	9	0
İran	F-5	35	Hafif avcı uçağı	5	0	5	0	5	0
İran	J-7	17	Çok Rollü Avcı Uçağı	4	2	6	0	6	0
İran	F-14	41	Taşıyıcı Tabanlı Avcı	10	0	10	0	10	0
İran	MiG-29	19	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	6	2	8	0	8	0
İran	Mirage 2000	12	Çok Rollü Avcı Uçağı	5	4	9	0	9	0
İran	Su-24	23	Hafif saldırı uçağı	0	12	0	12	0	12
İran	Su-22	9	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	6	2	8	0	8	0
Lübnan	AC-208	3	Hafif saldırı uçağı	0	10	0	10	0	10
Lübnan	EMB-314	6	Hafif saldırı uçağı	0	4	0	4	0	4
Romanya	F-16	14	Çok Rollü Avcı Uçağı	5	4	9	0	9	0
Romanya	MiG-21	16	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	4	2	6	0	6	0

800 km savunma menzili kapsamı içinde kalan tüm ülkelerin envanterlerinde bulunan savaş uçakları için oluşturulan farklı mühimmat konfigürasyon senaryolarının verilen formüller kullanılarak hesaplanan İHA-A ve İHA-B miktarı aşağıda yer almaktadır.

Çizelge 4.17 : İHA-A ve İHA-B miktarı.

Alternatif No	İHA-A Miktarı	İHA-B miktarı
$A_{1,3,1}$	891	569
$A_{1,3,2}$	1386	193
$A_{1,3,3}$	534	856

Alternatif Senaryolar- 1300 km savunma hattı menzili

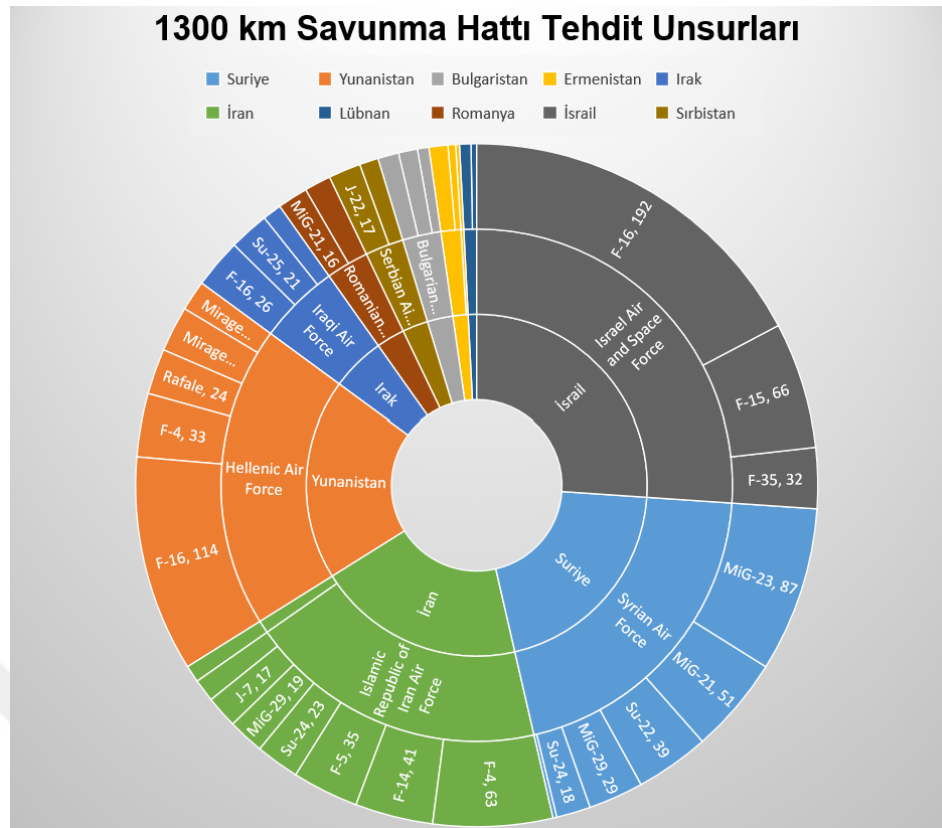
1300 km savunma hattı menzil kapsamında 10 ülke bulunmaktadır. Bu 10 ülke arasından topyekün 1 ülke ile muhabere yapılacağı varsayımıyla en yüksek tehdit oranına sahip ülkenin envanter bilgilerine karşı İHA miktarı belirlenmiştir. Bu duruma alternatif olarak, topyekün bir muhabere durumunda 2 ülke ile muhabere yapılacağı varsayımıyla karşıt tehdit unsur derecesi en yüksek ilk iki ülkenin envanter bilgilerine karşı ve tüm savunma hattı içerisinde kalan ülkelerin İHA miktarı belirlenmiştir. Ülkelerin sahip olduğu envanterdeki savaş uçaklarının görev tiplerine ve mühimmat kabiliyetlerine göre farklı mühimmat konfigürasyon alternatifleri oluşturulmuştur. İHA miktarı belirlemek için oluşturulan senaryolar aşağıda belirtilmektedir.

$$A_{2,y,z} = \left[2, \sum_{1}^3 y, \sum_{1}^3 z \right] \quad (4.43)$$

$$A_{2,y,z} = 1300 \text{ km savunma hattı menzili, TSD, MKD} \quad (4.44)$$

Çizelge 4.18 : Alternatif İHA miktarı – 800 km savunma hattı menzili.

Alternatifler	Menzil	Topyekün Savunma Durumu	Mühimmat Konfigürasyon Durumu
$A_{2,1,1}$	1300 km	1	Hava- Yer ortak
$A_{2,2,1}$	1300 km	2	Hava- Yer ortak
$A_{2,3,1}$	1300 km	Tüm	Hava- Yer ortak
$A_{2,1,2}$	1300 km	1	Hava
$A_{2,1,3}$	1300 km	1	Yer
$A_{2,2,2}$	1300 km	2	Hava
$A_{2,2,3}$	1300 km	2	Yer
$A_{2,3,2}$	1300 km	Tüm	Hava
$A_{2,3,3}$	1300 km	Tüm	Yer



Şekil 4.4. : 1300 km savunma hattı tehdit karşıt unsurun hava gücü.

1300 km savunma hattı kapsamında tehdit derecesi en yüksek olan ilk ülke İsrail'dir. İkinci en yüksek tehdit derecesine sahip ülke Suriye'dir.

$A_{2,1,1}, A_{2,1,2}, A_{2,1,3}$ Senaryoları

Bu alternatif senaryo kapsamında Türkiye'nin aynı anda sadece 1 ülke ile topyekün savunma yaptığı kabul edilmiştir. Bu 10 ülke arasından en yüksek tehdit grubu içerisindeki en yüksek dereceli olan ülke “İsrail”dir.” Topyekün 1 ülkeye karşı savunma yapıldığı varsayımı için oluşturulan farklı mühimmat konfigürasyon senaryoları aşağıda yer almaktadır.

Çizelge 4.19: “İsrail” envanterindeki uçaklar için oluşturulan farklı mühimmat konfigürasyonları.

Kuvvet Adı	Uçak Tipi	Uçak Sayısı	Görev Tipi	$A_{2,1,1}$		$A_{2,1,2}$		$A_{2,1,3}$	
				Hava-Hava Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Yer Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Hava Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Yer Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Hava Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Yer Mühimmatı Taşıma Miktarı
İsrail	F-15	66	Taşıyıcı Tabanlı Avcı	11	0	11	0	11	0
İsrail	F-16	192	Çok Rollü Avcı Uçağı	5	4	9	0	0	9
İsrail	F-35	32	5. Nesil Savaş Uçağı	4	2	6	0	0	6

“İsrail” için oluşturulan farklı mühimmat konfigürasyon senaryolarının, verilen formüller kullanılarak hesaplanan İHA-A ve İHA-B miktarı aşağıda yer almaktadır.

Çizelge 4.20 : İHA-A ve İHA-B miktarı.

Alternatif No	İHA-A Miktarı	İHA-B miktarı
$A_{2,1,1}$	444	158
$A_{2,1,2}$	648	0
$A_{2,1,3}$	178	366

$A_{2,2,1}$, $A_{2,2,2}$, $A_{2,2,3}$ Senaryoları

Bu alternatif senaryo kapsamımda Türkiye’nin aynı anda sadece 2 ülke ile topyekün savunma yaptığı kabul edilmiştir. Bu 10 ülke arasından en yüksek tehdit grubu içerisindeki ilk iki yüksek derecede olan “İsrail” ve “Suriye” topyekün savunma senaryosu için belirlenmiştir.

“İsrail” ve “Suriye” için oluşturulan farklı mühimmat konfigürasyon senaryoları aşağıda yer almaktadır.

Çizelge 4.21 : “İsrail” ve “Suriye” envanterindeki uçaklar için oluşturulan farklı mühimmat konfigürasyonları.

Kuvvet Adı	Uçak Tipi	Uçak Sayısı	Görev Tipi	$A_{2,2,1}$		$A_{2,2,2}$		$A_{2,2,3}$	
				Hava-Hava Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Yer Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Hava Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Yer Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Hava Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Yer Mühimmatı Taşıma Miktarı
Suriye	MiG-21	51	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	4	2	6	0	0	6
Suriye	MiG-23	87	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	4	2	6	0	0	6
Suriye	MiG-25	2	Stratejik Bonbandırman	0	4	0	4	0	4
Suriye	MiG-29	29	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	6	2	8	0	0	8
Suriye	Su-22	39	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	6	2	8	0	0	8
Suriye	Su-24	18	Hafif saldırı uçağı	0	12	0	12	0	12
İsrail	F-15	66	Taşıyıcı Tabanlı Avcı	11	0	11	0	11	0
İsrail	F-16	192	Çok Rollü Avcı Uçağı	5	4	9	0	0	9
İsrail	F-35	32	5. Nesil Savaş Uçağı	4	2	6	0	0	6

“İsrail” ve “Suriye” için oluşturulan farklı mühimmat konfigürasyon senaryolarının verilen formüller kullanılarak hesaplanan İHA-A ve İHA-B miktarı aşağıda yer almaktadır.

Çizelge 4.22 : İHA-A ve İHA-B miktarı.

Alternatif No	İHA-A Miktarı	İHA-B miktarı
$A_{2,2,1}$	679	280
$A_{2,2,2}$	984	43
$A_{2,2,3}$	178	670

$A_{2,3,1}$, $A_{2,3,2}$, $A_{2,3,3}$ Senaryoları

Bu alternatif senaryo kapsamında Türkiye’nin aynı anda 1300 km savunma hattındaki tüm ülkeler ile topyekün savunma yaptığı kabul edilmiştir.

Tüm ülkeler için oluşturulan farklı mühimmat konfigürasyon senaryoları aşağıda yer almaktadır.

Çizelge 4.23 : Tüm ülkelerin envanterindeki uçaklar için oluşturulan farklı mühimmat konfigürasyonları.

Kuvvet Adı	Uçak Tipi	Uçak Sayısı	Görev Tipi	$A_{2,3,1}$		$A_{2,3,2}$		$A_{2,3,3}$	
				Hava-Hava Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Yer Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Hava Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Yer Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Hava Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Yer Mühimmatı Taşıma Miktarı
Suriye	MiG-21	51	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	4	2	6	0	0	6
Suriye	MiG-23	87	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	4	2	6	0	0	6
Suriye	MiG-25	2	Stratejik Bonbandırman	0	4	0	4	0	4
Suriye	MiG-29	29	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	6	2	8	0	0	8
Suriye	Su-22	39	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	6	2	8	0	0	8
Suriye	Su-24	18	Hafif saldırı uçağı	0	12	0	12	0	12
Yunanistan	F-4	33	Çok Rollü Avcı Uçağı	5	4	9	0	0	9
Yunanistan	F-16	114	Çok Rollü Avcı Uçağı	5	4	9	0	0	9
Yunanistan	Mirage 2000	16	Çok Rollü Avcı Uçağı	5	4	9	0	0	9
Yunanistan	Mirage 2000	24	Çok Rollü Avcı Uçağı	5	4	9	0	0	9
Bulgaristan	MiG-29	11	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	6	2	8	0	0	8
Bulgaristan	Su-25	6	Hafif saldırı uçağı	0	10	0	10	0	10
Bulgaristan	F-16	10	Çok Rollü Avcı Uçağı	5	4	9	0	9	0
Ermenistan	Su-25	10	Hafif saldırı uçağı	0	10	0	10	0	10
Ermenistan	Su-30	4	Çok Rollü Avcı Uçağı	6	6	12	0	12	0
Ermenistan	Su-25	2	Hafif saldırı uçağı	0	10	0	10	0	10
Irak	F-16	26	Çok Rollü Avcı Uçağı	5	4	9	0	9	0
Irak	L-159A	10	Hafif saldırı uçağı	0	7	0	7	0	7

Çizelge 4.23 (devam) : Tüm ülkelerin envanterindeki uçaklar için oluşturulan farklı mühimmat konfigürasyonları.

Kuvvet Adı	Uçak Tipi	Uçak Sayısı	Görev Tipi	$A_{2,3,1}$		$A_{2,3,2}$		$A_{2,3,3}$	
				Hava-Hava Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Yer Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Hava Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Yer Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Hava Mühimmatı Taşıma Miktarı	Hava-Yer Mühimmatı Taşıma Miktarı
Irak	Su-25	21	Hafif saldırı uçağı	0	10	0	10	0	10
İran	F-4	63	Çok Rollü Avcı Uçağı	5	4	9	0	9	0
İran	F-5	35	Hafif avcı uçağı	5	0	5	0	5	0
İran	J-7	17	Çok Rollü Avcı Uçağı	4	2	6	0	6	0
İran	F-14	41	Taşıyıcı Tabanlı Avcı	10	0	10	0	10	0
İran	MiG-29	19	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	6	2	8	0	8	0
İran	Mirage 2000	12	Çok Rollü Avcı Uçağı	5	4	9	0	9	0
İran	Su-24	23	Hafif saldırı uçağı	0	12	0	12	0	12
İran	Su-22	9	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	6	2	8	0	8	0
Lübnan	AC-208	3	Hafif saldırı uçağı	0	10	0	10	0	10
Lübnan	EMB-314	6	Hafif saldırı uçağı	0	4	0	4	0	4
Romanya	F-16	14	Çok Rollü Avcı Uçağı	5	4	9	0	9	0
Romanya	MiG-21	16	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	4	2	6	0	6	0
İsrail	F-15	66	Taşıyıcı Tabanlı Avcı	11	0	11	0	11	0
İsrail	F-16	192	Çok Rollü Avcı Uçağı	5	4	9	0	0	9
İsrail	F-35	32	5. Nesil Savaş Uçağı	4	2	6	0	0	6
Sırbistan	J-22	17	Hafif saldırı uçağı	0	7	0	7	0	7
Sırbistan	MiG-29	10	Çok Rollü Avcı-Bombardıman	4	4	8	0	0	8

1300 km savunma menzili kapsamı içinde kalan tüm ülkelerin envanterlerinde bulunan savaş uçaklarının için oluşturulan farklı mühimmat konfigürasyon senaryolarının verilen formüller kullanılarak hesaplanan İHA-A ve İHA-B miktarı aşağıda yer almaktadır.

Çizelge 4.24 : İHA-A ve İHA-B miktarı.

Alternatif No	İHA-A Miktarı	İHA-B miktarı
$A_{2,3,1}$	1345	758
$A_{2,3,2}$	2053	216
$A_{2,3,3}$	712	1259

4.3.1.2 Karar Kriterleri

TOPSIS için belirlenen karar kriterleri şu şekildedir. Toplam İHA maliyeti, Toplam havalimanı altyapı kurulum maliyeti, topyekün savunma etkinlik oranı ve tekil saldırı etkinlik oranıdır.

Toplam insansız hava araçları maliyeti

Toplam insansız hava araçları maliyeti, karar kriteridir. İnsansız hava araçlarının toplam maliyetini oluşturmak için İHA-A'nın İHA-B'ye maliyet oranı belirlenmiştir. AHP-TOPSIS tekniği kriterleri kendi içinde değerlendirmekte ve ağırlık oranı ile diğer bileşenler üzerindeki etkisi ile en ideal çözüm önerisini sunmaktadır. İHA-A, İHA-B'ye göre özellikleri daha etkindir. Bu sebepten maliyet kriteri belirlenirken İHA-A maliyeti İHA-B'ye oranla fazla olarak belirlenmiştir. İHA-A ile İHA-B birbirine yakın özellikler olması sebebiyle aradaki fiyat farkı düşük tutulmuştur. İHA miktarına göre maliyet hesaplamasında İHA miktarına birim maliyet olarak \$10. 000.000 olarak belirlenmiştir. Yapılan araştırmalar sonucu İHA-A ve İHA-B muadili olmayan bir İHA'nın maliyeti referans alınmıştır. (Url-19) İHA'ların belirli bölgelere konuşlandırılmasının sadece İHA maliyeti oluşturmamaktadır. İHA'ların yer sistemleri de maliyete eklenmesi gerekmektedir. İlerleyen çalışmalarda detaylı bir maliyet fizibilite çalışması yapılabilir. Karar kriterinin alternatif senaryolara göre ortaya çıkan sonucu tabloda yer almaktadır.

$$\text{İHA} - A \text{ maliyet} > \text{İHA} - B \text{ maliyet} \quad (4.43)$$

$$\text{İHA} - A \text{ maliyet} \times 0.8 = \text{İHA} - B \text{ maliyet} \quad (4.44)$$

Toplam insansız hava aracı maliyet karar kriterinin alternatif senaryolara göre ortaya çıkan sonucu tabloda yer almaktadır.

Çizelge 4.25 : Karar kriterleri – Toplam İHA maliyeti.

Alternatif No	Toplam İHA Maliyeti
$A_{1,1,1}$	\$33.201.632.653
$A_{1,1,2}$	\$37.013.333.333
$A_{1,1,3}$	\$24.320.000.000
$A_{1,2,1}$	\$73.218.503.401
$A_{1,2,2}$	\$86.458.231.293
$A_{1,2,3}$	\$55.085.714.286
$A_{1,3,1}$	\$134.619.319.728
$A_{1,3,2}$	\$154.039.183.673
$A_{1,3,3}$	\$121.852.517.007
$A_{2,1,1}$	\$57.102.585.034,01
$A_{2,2,1}$	\$64.800.000.000,00
$A_{2,3,1}$	\$47.036.734.693,88
$A_{2,1,2}$	\$90.304.217.687,07
$A_{2,1,3}$	\$101.813.333.333,33
$A_{2,2,2}$	\$71.356.734.693,88
$A_{2,2,3}$	\$195.124.353.741,50
$A_{2,3,2}$	\$222.611.700.680,27
$A_{2,3,3}$	\$171.921.632.653,06

Havalimanları altyapı kurulum maliyeti

Havalimanı altyapı kurulum maliyeti diğer bir karar kriteridir. İHA'ların farklı bölgelerde konuşlanması sonucu ortaya çıkan maliyetin etkisini değerlendirmeye almaktadır. Havalimanı miktarı belirlenirken, bir bölgeye konuşlanan hava araçlarının miktarının çok fazla olmaması havalimanında hava araçlarının idamesinin, bakım ve lojistik faaliyetlerinin daha kolay ve verimli olması göz önünde bulundurulmaktadır. Bu çalışma kapsamında İHA'ların konuşlandırılacağı her bir havalimanında 30 adet hava aracı olmasına karar verilmiştir.

Alternatif senaryolar için gerekli olan İHA havalimanı miktarı aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

Çizelge 4.26 : Alternatif Senaryo - İHA-A ve İHA-B havalimanı miktarı.

Alternatif No	İHA-A Miktarı	İHA-B Miktarı	İHA-A Havalimanı Miktarı	İHA-B Havalimanı Miktarı
$A_{1,1,1}$	235	121	8	4
$A_{1,1,2}$	336	43	11	1
$A_{1,1,3}$	0	304	0	10
$A_{1,2,1}$	499	291	17	10
$A_{1,2,2}$	830	43	28	1
$A_{1,2,3}$	0	689	0	23
$A_{1,3,1}$	891	569	30	19
$A_{1,3,2}$	1386	193	46	6
$A_{1,3,3}$	534	856	18	29
$A_{2,1,1}$	444	158	15	5
$A_{2,2,1}$	648	0	22	0
$A_{2,3,1}$	178	366	6	12
$A_{2,1,2}$	679	280	23	9
$A_{2,1,3}$	984	43	33	1
$A_{2,2,2}$	178	670	6	22
$A_{2,2,3}$	1345	758	45	25
$A_{2,3,2}$	2053	216	68	7
$A_{2,3,3}$	712	1259	24	42

Havalimanı altyapı kurulum maliyet olarak İHA-A'nın konuşlanacağı havalimanı altyapı kurulum maliyetinin, İHA-B'nin konuşlanacağı havalimanı altyapı kurulum maliyetine oranı belirlenmiştir. İHA-A ve İHA-B boyutsal ve özellik olarak birbirinden farklı olmadığı için havalimanı maliyetleri birbiri ile aynı olacaktır. AHP-TOPSIS tekniği kriterlerin kendi içinde değerlendirmekte ve ağırlık oranı ile diğer bileşenler üzerindeki etkisi ile en ideal çözüm önerisini sunmaktadır. İHA_A ve İHA-B miktarlarının değişmesi ile havalimanı ihtiyaç sayıları da değişkenlik göstermektedir. Bu durumda maliyet olarak karar verme sürecini etkilemektedir. Bu sebepten kriter olarak eklenmiştir. Havalimanı maliyet kriteri belirlenirken İHA-A havalimanı maliyeti İHA-B Havalimanı maliyetine eşit olarak belirlenmiştir. İHA miktarına göre havalimanı maliyet hesaplamasında havalimanı maliyeti birim \$ 1.000.000 olarak değerlendirilmiştir.

$$\text{İHA} - A \text{ Havaalanı maliyet} = \text{İHA} - B \text{ Havaalanı maliyeti} \quad (4.45)$$

İHA'ların havalimanı altyapı kurulum maliyeti karar kriterinin, alternatif senaryolara göre ortaya çıkan sonucu tabloda yer almaktadır.

Çizelge 4.27 : Karar kriterleri – Havalimanı maliyeti.

Alternatif No	Havalimanı Maliyet
$A_{1,1,1}$	\$11.874.830
$A_{1,1,2}$	\$12.622.222
$A_{1,1,3}$	\$10.133.333
$A_{1,2,1}$	\$26.346.485
$A_{1,2,2}$	\$29.103.855
$A_{1,2,3}$	\$22.952.381
$A_{1,3,1}$	\$48.664.853
$A_{1,3,2}$	\$52.634.014
$A_{1,3,3}$	\$46.322.902
$A_{2,1,1}$	\$20.090.702,95
$A_{2,2,1}$	\$21.600.000,00
$A_{2,3,1}$	\$18.117.006,80
$A_{2,1,2}$	\$31.965.532,88
$A_{2,1,3}$	\$34.222.222,22
$A_{2,2,2}$	\$28.250.340,14
$A_{2,2,3}$	\$70.091.609,98
$A_{2,3,2}$	\$75.642.630,39
$A_{2,3,3}$	\$65.703.401,36

Topyekün savunma etkinlik oranı

Topyekün savunma etkinlik oranı, her bir alternatifin İHA gücünün 2000 km savunma hattı menzili kapsamında, karşıt tehdit unsuru olan tüm ülkelerin tehdit gücünün oranını ifade etmektedir. 2000 km savunma hattı menzili kapsamında, karşıt tehdit unsuru olan tüm ülkelerin tehdit gücü satürasyon strateji kapsamında 1:2 karşıt unsur satüre edilmesi planlanmaktadır. Bu sebepten karşıt tehdit gücü 2 ile çarpılmış ve bu durumda envanterde bulundurulmak istenen İHA'nın topyekün savunma etkinlik oranı hesaplanmıştır. 2000 km savunma menzili kapsamında topyekün savunma etkinlik oranının değerlendirilmesinin sebebi geniş savunma menzili kapsamında dışarıdan gelebilecek olan saldırılara karşı belirlenen İHA miktarının savunma etkinliği değerlendirilmektir.

Topyekün savunma etkinlik oranı hesaplamasında kullanılan formül aşağıda yer almaktadır.

$$Topyekün Sav. EO = \frac{\text{Alternatif senaryoların tehdit derecesi}}{\text{Toplam tüm ülkelerin tehdit derecesi}} \quad (4.46)$$

$$Topyekün Sav. EO_i = \frac{(\dot{I}HA - A miktarı_i + \dot{I}HA - B miktarı_i) \times 3}{\sum_i^{18} Karşıt Unsur Ülke Tehdit Derecesi_i \times 2} \quad (4.47)$$

Topyekün savunma etkinlik oranında 2 temel parametre bulunmaktadır. Alternatif senaryoların tehdit derecesi ve toplam tüm ülkelerin tehdit derecesidir.

Alternatif senaryoların tehdit derecesi

Alternatif senaryo kapsamında 18 farklı senaryo alternatifi bulunmaktadır. Alternatif senaryolardaki İHA miktarlarının tehdit derecesi hesabı için her bir alternatif senaryodaki İHA-A ve İHA-B miktarı toplanmıştır. Toplam İHA sayısı İHA'ların görev tipi tehdit derecesi ile çarpılmıştır. İHA-A ve İHA-B'nin sahip olduğu görev tipi hafif avcı uçağıdır. Görev tipleri arasındaki değişkenlik durumları ve envanterdeki uçakların tehdit derecesinin belirlenmesi hakkında detay bilgi "Ülkelerin envanterdeki hava saldırı uçaklarının listesinin oluşturulması" bölümde açıklanmaktadır. Hafif avcı uçağı görev tipi tehdit derecesi 3'tür.

Her bir alternatif senaryonun insansız hava araçları tehdit derecesi hesaplamasında kullanılan formül aşağıda yer almaktadır.

$$ASTD_i = (\dot{I}HA - A miktarı_i + \dot{I}HA - B miktarı_i) \times 3 \quad (4.48)$$

Her bir alternatif senaryonun insansız hava araçları tehdit derecesi aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Çizelge 4.28 : Alternatif senaryoların tehdit derecesi.

Alternatif No	İHA-A Miktarı	İHA-B Miktarı	Tehdit Derecesi
$A_{1,1,1}$	235	121	1069
$A_{1,1,2}$	336	43	1136
$A_{1,1,3}$	0	304	912
$A_{1,2,1}$	499	291	2371
$A_{1,2,2}$	830	43	2619
$A_{1,2,3}$	0	689	2066
$A_{1,3,1}$	891	569	4380
$A_{1,3,2}$	1386	193	4737
$A_{1,3,3}$	534	856	4169
$A_{2,1,1}$	444	158	1808
$A_{2,2,1}$	648	0	1944
$A_{2,3,1}$	178	366	1631
$A_{2,1,2}$	679	280	2877
$A_{2,1,3}$	984	43	3080
$A_{2,2,2}$	178	670	2543

Alternatif No	İHA-A Miktarı	İHA-B Miktarı	Tehdit Derecesi
$A_{2,2,3}$	1345	758	6308
$A_{2,3,2}$	2053	216	6808
$A_{2,3,3}$	712	1259	5913

Toplam tüm karşıt unsur ülkelerin tehdit derecesi

2000 km savunma menzili kapsamında toplam tüm karşıt tehdit unsurun ülke sayısı 18'dir. Toplam tüm karşıt tehdit unsuru ülkelerin tehdit derecesi hesaplamasında kullanılan formül aşağıda yer almaktadır.

$$TTÜTD = \sum_i^{18} \text{Karşıt Unsur Ülke Tehdit Derecesi}_i \times 2 \quad (4.49)$$

Toplam tüm karşıt tehdit unsuru ülkelerin tehdit derecesi aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Çizelge 4.29 : Toplam tüm ülkelerin tehdit derecesi.

Ülke	Tehdit Derecesi	Güncel Tehdit Derecesi
Lübnan	9	18
Ermenistan	32	64
Macaristan	72	144
Avusturya	75	150
Sırbistan	77	154
Slovakya	120	240
Bulgaristan	122	244
Irak	161	322
Romanya	166	332
Çekya	244	488
Belarus	331	662
İran	920	1840
Yunanistan	1055	2110
Suriye	1258	2516
İtalya	1395	2790
İsrail	1448	2896
Mısır	1932	3864
Rusya	6764	13528

Çizelge 4.29'daki veriler kullanılarak toplam ülke sayısı 18, tüm ülkelerin toplam tehdit derecesi 32362 olarak hesaplanır. Yapılan hesaplamalar sonucunda hesaplanan alternatif senaryoların, topyekün savunma etkinlik oranı karar kriteri aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Çizelge 4.30 : Topyekün savunma etkinlik oranı.

Alternatifler	İHA'ların Tehdit Derecesi	Topyekün Savunma Etkinlik Oranı
$A_{1,1,1}$	1069	0,03
$A_{1,1,2}$	1136	0,04
$A_{1,1,3}$	912	0,03
$A_{1,2,1}$	2371	0,07
$A_{1,2,2}$	2619	0,08
$A_{1,2,3}$	2066	0,06
$A_{1,3,1}$	4380	0,14
$A_{1,3,2}$	4737	0,15
$A_{1,3,3}$	4169	0,13
$A_{2,1,1}$	1808	0,06
$A_{2,2,1}$	1944	0,06
$A_{2,3,1}$	1631	0,05
$A_{2,1,2}$	2877	0,09
$A_{2,1,3}$	3080	0,10
$A_{2,2,2}$	2543	0,08
$A_{2,2,3}$	6308	0,19
$A_{2,3,2}$	6808	0,21
$A_{2,3,3}$	5913	0,18

Tekil saldırı etkinlik oranı

Tekil saldırı etkinlik oranı her bir alternatif senaryodaki İHA-A'nın ve İHA-B'nin saldırı gücünün 2000 km savunma hattı menzili kapsamındaki karşıt tehdit unsuru olan ülkelerin her birine karşı hava üstünlüğü ya da hava eşliğini sağlama durumunun hesaplanması sonucunda 2000 km savunma menzili kapsamındaki toplam tehdit unsurlarının adedinin 2000 km savunma hattı menzili kapsamında, karşıt tehdit unsuru olan tüm ülkelerin sayısına oranını ifade etmektedir. İHA-A'nın ve İHA-B'nin karşıt tehdit unsuruna karşı hava üstünlüğü ve ya hava eşliği durumu İHA'ların tehdit gücünün karşıt tehdit unsurunun tehdit gücünden büyük ve ya eşit olması olarak hesaplanmaktadır. Bu oranlar her iki İHA için ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Karar kriteri olarak ayrı ayrı hesaplanan İHA'ların tekil saldırı etkinlik oranları toplanır. Böylelikle alternatif senaryoların tekil saldırı oranı hesaplanmış olur. İHA-A'nın savunma hattı menzili 1300 km olduğu için 1300 km savunma menzili dışındaki ülkeler için hava üstünlüğü be ya hava eşliği sağlayamamaktadır. İHA-B'nin savunma hattı menzili 800 km olduğu için 800 km savunma menzili dışındaki ülkeler için hava üstünlüğü be ya hava eşliği sağlayamamaktadır. Bu kısıtlar göz önüne alınarak hesaplamalar

gerçekleştirilmiştir. 2000 km savunma hattı menzili kapsamında, karşıt tehdit unsuru olan tüm ülkelerin tehdit gücü satürasyon strateji kapsamında 1:2 karşıt unsur satüre edilmesi planlanmaktadır. Bu sebepten karşıt tehdit gücü 2 ile çarpılmış ve bu durumda envantere bulundurulmak istenen İHA'nın tekil saldırı etkinlik oranı hesaplanmıştır. 2000 km savunma menzili kapsamında tekil savunma etkinlik oranının değerlendirilmesinin sebebi geniş savunma menzili kapsamında dışarıdan gelebilecek olan saldırılara karşı belirlenen İHA miktarının saldırı etkinliği değerlendirilmektir. Topyekün savunma etkinlik oranı karar kriteri içinde 2000 km savunma hattı menziliinde karşıt tehdit unsuru ülkelerin tehdit dereceleri 2 katı olarak alınmıştır. Karar kriterleri oranlarının doğru ve etkin olabilmesi karar matrisinde etkili bir sonuç olması da bu durum için etkindir.

Tekil saldırı etkinlik oranı hesaplamasında kullanılan formül aşağıda yer almaktadır.

$$\text{Tekil Saldırı EO} = \text{İHA} - A \text{ Tekil Saldırı EO} + \text{İHA} - B \text{ Tekil Saldırı Oranı} \quad (4.50)$$

$$\text{Tekil Saldırı EO}_i = \frac{\text{Toplam Kapsanan Ülke}}{\text{Toplam Ülke}} \quad (4.51)$$

$$\begin{aligned} \text{Tekil Saldırı EO}_i \\ = \frac{\sum_y^{18} 1, (\text{Alternatif İHA tehdit derecesi}_i \geq \text{ülke tehdit derecesi}_y)}{\sum_i^{18} \text{Karşıt Unsur Ülke Tehdit Derecesi}_i \times 2} \end{aligned} \quad (4.52)$$

Tekil saldırı etkinlik oranında 2 temel parametre bulunmaktadır. Her bir alternatif senaryo İHA gücünün toplamda kaç karşıt tehdit unsuru ülkenin tehdit gücü kapsamına dahil olduğu ve toplam ülke sayısıdır.

Kapsanan Ülke Sayısı

Alternatif senaryo kapsamında 18 farklı İHA miktarı ve İHA tehdit gücü bulunmaktadır. Toplamda 2000 km savunma menzili kapsamında 18 farklı ülke bulunmaktadır. Her bir alternatif İHA-A'nın ve İHA-B'nin tehdit derecesinin her bir karşıt tehdit unsuru ülkenin tehdit derecesinden büyük veya eşit olması durumunda İHA-A ve ya İHA-B tehdit gücünün belirlenen karşıt tehdit unsuru ülkeye karşı kapsadığı anlamına gelmektedir. 18 farklı ülke için belirlenen alternatif senaryodaki İHA tehdit gücünün toplamda kaç farklı karşıt tehdit unsuru ülkeyi kapsadığı hesaplanmıştır.

İHA tehdit gücü ve karşıt tehdit unsuru ülkeleri tehdit gücü hesaplanması yukarıdaki bölümlerde detaylıca açıklanmıştır. Aynı değerler kullanılmaktadır.

Her bir alternatif senaryonun toplam kapsanan karşıt tehdit unsuru ülke sayısı hesaplamasında kullanılan formül aşağıda yer almaktadır.

$$TKÜS_i = \sum_y^{18} 1, (Alternatif \text{ İHA tehdit derecesi}_i \geq \text{Ülke tehdit derecesi}_y) \quad (4.53)$$

Çizelge 4.31 ve Çizelge 4.32’de her bir alternatif senaryonun sırasıyla İHA-A ve İHA-B için toplam kapsanan karşıt tehdit unsuru ülke matrisi verilmektedir.



Çizelge 4.31 : İHA-A Toplam kapsanan ülke matrisi.

Karşıt Tehdit Unsuru	$A_{1,1,1}$	$A_{1,1,2}$	$A_{1,1,3}$	$A_{1,2,1}$	$A_{1,2,2}$	$A_{1,2,3}$	$A_{1,3,1}$	$A_{1,3,2}$	$A_{1,3,3}$	$A_{2,1,1}$	$A_{2,1,2}$	$A_{2,1,3}$	$A_{2,2,1}$	$A_{2,2,2}$	$A_{2,2,3}$	$A_{2,3,1}$	$A_{2,3,2}$	$A_{2,3,3}$
Lübnan	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ermenistan	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Macaristan	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Avusturya	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sırbistan	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1
Slovakya	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
Bulgaristan	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
Irak	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
Romanya	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Çekya	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Belarus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İran	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yunanistan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Suriye	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İtalya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İsrail	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mısır	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rusya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOPLAM	6	6	0	6	8	0	9	10	6	6	7	6	7	10	6	10	10	8

Çizelge 4.32 : İHA-B Toplam kapsanan ülke matrisi.

Karşıt Tehdit Unsuru	$A_{1,1,1}$	$A_{1,1,2}$	$A_{1,1,3}$	$A_{1,2,1}$	$A_{1,2,2}$	$A_{1,2,3}$	$A_{1,3,1}$	$A_{1,3,2}$	$A_{1,3,3}$	$A_{2,1,1}$	$A_{2,1,2}$	$A_{2,1,3}$	$A_{2,2,1}$	$A_{2,2,2}$	$A_{2,2,3}$	$A_{2,3,1}$	$A_{2,3,2}$	$A_{2,3,3}$
Lübnan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Ermenistan	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
Macaristan	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
Avusturya	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
Sırbistan	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1
Slovakya	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1
Bulgaristan	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1
Irak	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
Romanya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Çekya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Belarus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İran	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yunanistan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Suriye	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İtalya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İsrail	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mısır	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rusya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOPLAM	4	1	4	4	1	5	4	4	7	8	0	4	4	1	8	6	4	8

İHA-A ve İHA-B tekil saldırı etkinlik oranları hesaplanması sonucunda toplam tekil saldırı etkinlik oranı için sonuçlar toplanmış ve karar kriteri Çizelge 4.33'te oluşturulmuştur.

Çizelge 4.33 : Tekil saldırı etkinlik oranı.

Alternatifler	İHA-A Tekil Saldırı Etkinlik Oranı	İHA-B Tekil Saldırı Etkinlik Oranı	Toplam Tekil Saldırı Etkinlik Oranı
$A_{1,1,1}$	0,33	0,22	0,556
$A_{1,1,2}$	0,33	0,06	0,389
$A_{1,1,3}$	0,00	0,22	0,222
$A_{1,2,1}$	0,33	0,22	0,556
$A_{1,2,2}$	0,44	0,06	0,500
$A_{1,2,3}$	0,00	0,28	0,278
$A_{1,3,1}$	0,50	0,22	0,722
$A_{1,3,2}$	0,56	0,22	0,778
$A_{1,3,3}$	0,33	0,39	0,722
$A_{2,1,1}$	0,33	0,44	0,778
$A_{2,2,1}$	0,39	0,00	0,389
$A_{2,3,1}$	0,33	0,22	0,556
$A_{2,1,2}$	0,39	0,22	0,611
$A_{2,1,3}$	0,56	0,06	0,611
$A_{2,2,2}$	0,33	0,44	0,778
$A_{2,2,3}$	0,56	0,33	0,889
$A_{2,3,2}$	0,56	0,22	0,778
$A_{2,3,3}$	0,44	0,44	0,889

ÇKKV problemlerinde kriterlerden hangilerinin minimizasyon, hangilerinin maksimizasyon olmasının istendiği başta belirlenmelidir. Karar kriterlerinden toplam İHA maliyeti ve havalimanı altyapı kurulum maliyeti kriterleri minimizasyon, tekil saldırı etkinlik oranı ve topyekün savunma etkinlik oranı kriterleri maksimizasyon olarak belirlenmiştir. Elde edilen veriler Çizelge 4.34'da özetlenmektedir.

Çizelge 4.34 : Alternatif Senaryolar ve Karar Kriterleri

Alternatifler	Toplam İHA Maliyeti	Havalimanları Altyapı Kurulum Maliyeti	Tekil Saldırı Etkinlik Oranı	Topyekün Savunma Etkinlik Oranı
$A_{1,1,1}$	\$33.201.632.653	\$11.874.830	0,61	0,03
$A_{1,1,2}$	\$37.013.333.333	\$12.622.222	0,61	0,04
$A_{1,1,3}$	\$24.320.000.000	\$10.133.333	0,61	0,03
$A_{1,2,1}$	\$73.218.503.401	\$26.346.485	0,72	0,07
$A_{1,2,2}$	\$86.458.231.293	\$29.103.855	0,78	0,08
$A_{1,2,3}$	\$55.085.714.286	\$22.952.381	0,67	0,06
$A_{1,3,1}$	\$134.619.319.728	\$48.664.853	0,94	0,14
$A_{1,3,2}$	\$154.039.183.673	\$52.634.014	0,94	0,15
$A_{1,3,3}$	\$121.852.517.007	\$46.322.902	0,94	0,13
$A_{2,1,1}$	\$57.102.585.034,01	\$20.090.702,95	1,00	0,06
$A_{2,2,1}$	\$64.800.000.000,00	\$21.600.000,00	0,67	0,06
$A_{2,3,1}$	\$47.036.734.693,88	\$18.117.006,80	0,61	0,05
$A_{2,1,2}$	\$90.304.217.687,07	\$31.965.532,88	0,83	0,09
$A_{2,1,3}$	\$101.813.333.333,33	\$34.222.222,22	0,89	0,10
$A_{2,2,2}$	\$71.356.734.693,88	\$28.250.340,14	1,00	0,08
$A_{2,2,3}$	\$195.124.353.741,50	\$70.091.609,98	0,94	0,19
$A_{2,3,2}$	\$222.611.700.680,27	\$75.642.630,39	0,94	0,21
$A_{2,3,3}$	\$171.921.632.653,06	\$65.703.401,36	0,94	0,18

İkili Karşılaştırma- Ağırlık Oranı Hesabı

TOPSIS tekniğinde her karar kriterine atana bir ağırlık değeri vardır. Ağırlık değerini hesaplamak için birkaç teknik bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında AHP yöntemi kullanılacaktır. Bu yöntemde, karar vericilerden, herhangi iki alternatif veya kriter arasında tercih yapmaları istenir. Bu tercihlerin toplanmasıyla, alternatifler veya kriterler arasında bir sıralama veya tercih listesi oluşturulur. Özellikle, herhangi bir kararın karşılaştırılmasında belirli bir standardın olmadığı ve doğrudan ölçümün mümkün veya uygun olmadığı durumlarda yöntemin önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir. (Uludağ ve Doğan, 2016).

İkili karşılaştırma ağırlık oranı hesaplaması için aşağıdaki adımlar takip edilmiştir. (Uludağ ve Doğan, 2016).

- 4 adet kriter için ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması.

Çizelge 4.35 : Değerlendirme Ölçeği (Saaty, 1990).

Tanım (Önem Derecesi)	Açıklama
Eşit Önemde (1)	İki faaliyette amaca eşit ölçüde katkıda bulunmaktadır.
Orta Önemde (3)	Bir faaliyet diğerine göre biraz daha fazla desteklenir
Güçlü Önemde (5)	Bir faaliyeti diğerine göre çok daha fazla desteklenir.
Çok Güçlü Önemde (7)	Bir faaliyet çok güçlü bir şekilde tercih edilir.
Son Derece Güçlü Önemde (9)	Bir faaliyet diğerine göre kati derecede tercih edilir.
Ara değerler (2,4, 6,8)	

Bu çalışma kapsamında 3 farklı uzman tarafından nisbi önem ölçeği kullanılarak 4x4 ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Uzmanların hepsi savunma sanayi kapsamında çalışan, görev alan kişilerdir. Uzmanlardan biri yaklaşık 8 yıldır savunma sanayi firmasında insansız hava aracı proje yönetimde çalışmaktadır. İnsansız hava araçlarının görev konseptlerinin belirlenmesi konusunda çalışmalar yürütmektedir. Uzmanlardan bir diğeri kara kuvvetleri komutanlığından emekli albaydır. Hareket komuta merkezinde önemli çalışmalar yürütmüştür. Uzmanlardan bir diğeri ise yaklaşık 5 yıldır Ana jet üssü komutanlığında eğitim koordinatörü olarak çalışmalar yürütmektedir. Saldırı hareket konsepti hakkında önemli çalışmalar yürütmektedir. Uzmanlar tarafından oluşturulan ikili karşılaştırma matrisleri aşağıda yer almaktadır.

Çizelge 4.36 : İkili Karşılaştırma Matrisleri.

		Toplam İHA Maliyeti	Havalimanları Altyapı Kurulum Maliyeti	Tekil Saldırı Etkinlik Oranı	Topyekün Savunma Etkinlik Oranı
Uzman 1	Toplam İHA Maliyeti	1	5	3	31
	Havalimanları Altyapı Kurulum Maliyeti	1/5	1	1	1/3
	Tekil Saldırı Etkinlik Oranı	1/3	1	1	1
	Topyekün Savunma Etkinlik Oranı	1/3	3	1	1
Uzman 2	Toplam İHA Maliyeti	1	1	3	1
	Havalimanları Altyapı Kurulum Maliyeti	1	1	1	1
	Tekil Saldırı Etkinlik Oranı	1/3	1	1	1
	Topyekün Savunma Etkinlik Oranı	1	1	1	1
Uzman 3	Toplam İHA Maliyeti	1	3	3	5
	Havalimanları Altyapı Kurulum Maliyeti	1/3	1	1/3	1
	Tekil Saldırı Etkinlik Oranı	1/3	3	1	1
	Topyekün Savunma Etkinlik Oranı	1/5	1	1	1

Yukarıdaki ikili karşılaştırma matrislerin geometrik ortalaması alınarak nihai karar matrisi oluşturulmuştur.

Çizelge 4.37 : Nihai ikili karşılaştırma matrisi.

#	Toplam İHA Maliyeti	Havalimanları Altyapı Kurulum Maliyeti	Tekil Saldırı Etkinlik Oranı	Topyekün Savunma Etkinlik Oranı
Toplam İHA Maliyeti	1,00	2,47	3,00	2,47
Havalimanları Altyapı Kurulum Maliyeti	0,41	1,00	0,69	0,69
Tekil Saldırı Etkinlik Oranı	0,33	1,44	1,00	1,00
Topyekün Savunma Etkinlik Oranı	0,41	1,44	1,00	1,00

Normalize matris hesaplandıktan sonra normalize matrisin her satırının aritmetik ortalaması alınarak kriter ağırlıkları Çizelge 4.38’de verildiği şekilde elde edilmiştir.

Çizelge 4.38 : Kriter Önem Dereceleri.

Kriter	Nihai Önem Derecesi
Toplam İHA Maliyeti	0,46
Havalimanları Altyapı Kurulum Maliyeti	0,15
Tekil Saldırı Etkinlik Oranı	0,19
Topyekün Savunma Etkinlik Oranı	0,20

Karşılaştıma matrislerinin tutarlılığı hesaplanmalıdır. Bu hesaplama için öncelikle lambda λ değeri hesaplanmaktadır.

$$\lambda = ax + by + cz \quad (4.54)$$

$$\lambda_{\max} = \lambda / X_{\text{ort}} \quad (4.55)$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (4.56)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4.57)$$

Çizelge 4.39 : Rassal değer indeksi. Saaty, (1994)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Sonuçların güvenilirliği açısından CR değerinin 0,1’i ($CR \leq 0,1$) aşmaması gerekmektedir. (Uludağ ve Doğan, 2016). Hesaplanan tutarlılık oranı 0,10’dan küçükse yapılan karşılaştırmaların tutarlı olduğunun göstergesidir. Büyük olması ise tutarsızlık gösterir ve tekrar hesaplama gerektirir. Hesaplamalar sonucunda her bir karar vericinin tutarlılık oranı 0,10’dan küçük çıkmıştır. Bu durum karşılaştırma matrislerinin tutarlı ve güvenilirlik olduğu anlamına gelmektedir. Bu çalışma kapsamında yukarıda hesaplanan karar kriterleri ağırlık oranları kullanılmıştır.

En uygun Alternati Senaryonun Belirlenmesi

1981 yılında Hwang ve Yoon tarafından geliştirilen TOPSIS temelinde, karar noktalarının pozitif ve negatif ideal çözümden uzaklıklarının belirlenmesi ve karar noktaları arasında bir sıralama yapılması yatmaktadır (Chen, 2000). Pozitif ideal çözüm, karar noktalarının yaklaşması arzu edilen noktayı yansıtırken; aksine negatif ideal çözüm kaçınılması gereken noktayı ifade etmektedir. TOPSIS yönteminde herhangi bir karar noktasının negatif ideal çözümden uzaklaştıkça, pozitif ideal çözüme yaklaştığı kabul edilir ki; bu söz konusu karar noktasının tercih edilebilirliğini arttıran bir durumdur. Yöntemde pozitif ideal çözüm “1”, negatif ideal çözüm ise “0” değeri ile temsil edilmektedir. Bu ise, karar noktalarının ancak ve ancak “0” ile “1” arasında değerler alabilmesine imkan vermektedir. Yöntem gereği, pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm değerlerinden hareketle her bir karar noktasına ait yakınlık katsayısı hesaplanır ve karar noktaları arasında sıralama yapılır. (Uludağ ve Doğan, 2016).

ÇKKV probleminin TOPSIS metodu ile çözümünde aşağıdaki adımlar uygulanmaktadır. (Uludağ ve Doğan, 2016).

- Karar kriterinin ve karar ağırlık oranları belirlenmesi: AHP yöntemi ile elde edilen; Toplam İHA Maliyeti: 0,46, Havalimanları Altyapı Kurulum Maliyeti: 0,15, Tekil Saldırı Etkinlik Oranı: 0,19 ve Topyekün Savunma Etkinlik Oranı: 0,20 ağırlıkları kullanılmıştır.
- Başlangıç karar matrisinin oluşturulması: Çizelge 4.34’te verilmiş olan matris başlangıç karar matrisi olarak kullanılmıştır.
- Normalize karar matrisinin oluşturulması: Denklem 4.56 kullanılarak oluşturan normalize karar matrisi Çizelge 4.40’ta verilmektedir:

$$\overline{X}_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n X_{ij}^2}} \quad (4.56)$$

Çizelge 4.40: Normalize karar matrisi.

Alternatifler	Toplam İHA Maliyeti	Havalimanları Altyapı Kurulum Maliyeti	Tekil Saldırı Etkinlik Oranı	Topyekün Savunma Etkinlik Oranı
$A_{1,1,1}$	0,070	0,070	0,204	0,070
$A_{1,1,2}$	0,078	0,074	0,143	0,074
$A_{1,1,3}$	0,051	0,060	0,082	0,060
$A_{1,2,1}$	0,154	0,155	0,204	0,155
$A_{1,2,2}$	0,182	0,171	0,184	0,171
$A_{1,2,3}$	0,116	0,135	0,102	0,135
$A_{1,3,1}$	0,283	0,286	0,266	0,286
$A_{1,3,2}$	0,324	0,310	0,286	0,310
$A_{1,3,3}$	0,256	0,273	0,266	0,273
$A_{2,1,1}$	0,120	0,118	0,286	0,118
$A_{2,1,2}$	0,136	0,127	0,143	0,127
$A_{2,1,3}$	0,099	0,107	0,204	0,107
$A_{2,2,1}$	0,190	0,188	0,225	0,188
$A_{2,2,2}$	0,214	0,201	0,225	0,201
$A_{2,2,3}$	0,150	0,166	0,286	0,166
$A_{2,3,1}$	0,410	0,412	0,327	0,412
$A_{2,3,2}$	0,468	0,445	0,286	0,445
$A_{2,3,3}$	0,362	0,387	0,327	0,387

- Ağırlıklı normalize karar matrisinin oluşturulması: Denklem 4.57 ve Denklem 4.58 kullanılarak oluşturulan ağırlıklı normalize karar matrisi Çizelge 4.41’de verilmektedir.

$$v_{ij} = w_j \overline{X_{ij}} \quad (4.57)$$

$$V = [v_{ij}] \quad (4.58)$$

Çizelge 4.41 : Ağırlıklı normalize karar matrisi.

Alternatifler	Toplam İHA Maliyeti	Havalimanları Altyapı Kurulum Maliyeti	Tekil Saldırı Etkinlik Oranı	Topyekün Savunma Etkinlik Oranı
$A_{1,1,1}$	0,032	0,011	0,038	0,014
$A_{1,1,2}$	0,036	0,011	0,027	0,015
$A_{1,1,3}$	0,024	0,009	0,015	0,012
$A_{1,2,1}$	0,072	0,023	0,038	0,030
$A_{1,2,2}$	0,085	0,026	0,035	0,034
$A_{1,2,3}$	0,054	0,020	0,019	0,027
$A_{1,3,1}$	0,132	0,043	0,050	0,056
$A_{1,3,2}$	0,151	0,047	0,054	0,061
$A_{1,3,3}$	0,119	0,041	0,050	0,054
$A_{2,1,1}$	0,056	0,018	0,054	0,023
$A_{2,1,2}$	0,063	0,019	0,027	0,025
$A_{2,1,3}$	0,046	0,016	0,038	0,021
$A_{2,2,1}$	0,088	0,028	0,042	0,037
$A_{2,2,2}$	0,100	0,030	0,042	0,040
$A_{2,2,3}$	0,070	0,025	0,054	0,033
$A_{2,3,1}$	0,191	0,062	0,061	0,081
$A_{2,3,2}$	0,218	0,067	0,054	0,087
$A_{2,3,3}$	0,168	0,058	0,061	0,076

- Pozitif (V^+) ve Negatif İdeal Çözüm (V^-) değerlerinin belirlenmesi: Denklem 4.59 ve Denklem 4.60 kullanılarak sırasıyla pozitif ve negatif ideal çözümler belirlenir.

$$V^+ = V_1^+, V_2^+, V_3^+, V_4^+, V_5^+, V_6^+, V_7^+, V_8^+, V_9^+, V_{10}^+, \dots, V_{18}^+ \quad (4.59)$$

$$V^- = V_1^-, V_2^-, V_3^-, V_4^-, V_5^-, V_6^-, V_7^-, V_8^-, V_9^-, V_{10}^-, \dots, V_{18}^- \quad (4.60)$$

Çizelge 4.42 : İdeal çözüm değerleri.

	HA Maliyeti	Havalimanı Maliyeti	Tehdit Oranı	Etkili Savunma Hattı
V^+	0,024	0,009	0,061	0,087
V^-	0,218	0,067	0,015	0,012

- Pozitif (S_i^+) ve Negatif İdeal Çözüm (S_i^-)'den uzaklıkların hesaplanması: Denklem 4.61 kullanılarak pozitif ideal çözüme uzaklık, Denklem 4.62 kullanılarak negatif ideal çözüme uzaklık hesaplanır.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (4.61)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (4.62)$$

- Her bir alternatifin yakınlık katsayısının hesaplanması: Denklem 4.63 kullanılarak alternatiflere ait yakınlık katsayısı hesaplanır.

$$P_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad (4.63)$$

- Alternatiflerin yakınlık katsayılarına göre sıralanması ve seçim işlemi: Alternatifler yakınlık katsayılarına göre sıralanır. En yüksek yakınlık katsayısı değerine sahip alternatif seçilir. Alternatiflere ait hesaplamaların sonuçları Çizelge 4.43'te verilmiştir.

Çizelge 4.43 : İdeal çözüm uzaklık ve yakınlık katsayısı hesabı.

Alternatifler	S_i^+	S_i^-	P_i	Sıralama
$A_{1,1,1}$	0,078	0,195	0,715	1
$A_{1,1,2}$	0,082	0,190	0,700	4
$A_{1,1,3}$	0,089	0,202	0,695	5
$A_{1,2,1}$	0,079	0,155	0,662	9
$A_{1,2,2}$	0,087	0,142	0,620	10
$A_{1,2,3}$	0,081	0,171	0,679	7
$A_{1,3,1}$	0,118	0,106	0,472	14
$A_{1,3,2}$	0,135	0,094	0,410	15
$A_{1,3,3}$	0,107	0,115	0,519	13
$A_{2,1,1}$	0,073	0,174	0,705	3
$A_{2,1,2}$	0,082	0,163	0,664	8
$A_{2,1,3}$	0,074	0,181	0,709	2
$A_{2,2,1}$	0,086	0,140	0,619	11
$A_{2,2,2}$	0,094	0,130	0,579	12
$A_{2,2,3}$	0,074	0,160	0,684	6
$A_{2,3,1}$	0,175	0,088	0,333	17
$A_{2,3,2}$	0,203	0,085	0,295	18
$A_{2,3,3}$	0,153	0,094	0,380	16

İdeal pozitif çözüm 1'e en yakınsak değer olacak şekilde sıralama yapılır. TOPSIS metodunun sonucuna göre en ideal alternatif senaryo, $A_{1,1,1}$ 'dir. Bu alternatif

senaryoda toplam İHA miktarı 235 İHA-A ve 121 İHA-B olarak belirlenmiştir. İkinci en ideal alternatif senaryo, $A_{2,1,3}$ 'tür. Bu alternatif senaryoda 178 İHA-A ve 366 İHA-B olarak belirlenmiştir. Üçüncü en ideal alternatif senaryo, $A_{2,1,1}$ 'tür. Bu alternatif senaryoda toplam İHA miktarı 444 İHA-A ve 158 İHA-B olarak belirlenmiştir.

4.4 Problem-2 Çözüm Aşamaları

4.4.1 Havaalanlarının Belirlenmesi

Hava araçlarının birden fazla bölgeye konuşlanması, birçok stratejik, taktik ve operasyonel avantaj sağlamaktadır. Hava araçlarının birden fazla bölgeye konuşlanması, çeşitli coğrafi konumlarda hızlı bir şekilde tepki verme ve harekate katılma esnekliği sağlamaktadır. Harekat kapsama alanını genişletmektedir. Bir bölgedeki bir üssün aktifliğini kaybetmesi durumunda diğer konumlar operasyonları sürdürebilmektedir ve operasyonun sürekliliğini sağlamaktadır. Birden fazla bölgede konuşlanma durumunda, düşmanın hangi bölgeye odaklanacağını tahmin etmesini zorlaştırmaktadır. Bu durum düşmanın operasyonel planlamasını ve karar alma süreçlerini zorlaştırmaktadır. Daha geniş bir alandaki düşman faaliyetlerini izleme, keşif yapma ve bilgi toplama yeteneği sayesinde istihbaratın güçlenmesini sağlamaktadır. Bu çalışma kapsamında her bir havalimanında 30 adet hava aracı olmasına karar verilmiştir. Bir bölgeye konuşlanan hava araçlarının miktarının çok fazla olmaması havalimanında hava araçlarının idamesinin, bakım ve lojistik faaliyetlerinin daha kolay ve verimli olmasını sağlamaktadır.

Havalimanı miktarı belirleme

Bu çalışma kapsamında alternatif senaryolar arasından TOPSIS metodu sonucu belirlenen en ideal 3 alternatifin belirlediği hava aracı miktarına göre toplamda farklı miktarda havalimanı gereksinimi ortaya çıkmaktadır. En ideal senaryoda İHA-A için 8 adet ve İHA-B için 4 adet havalimanı olmak üzere 12 adet havalimanı ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. İkinci en ideal senaryoda senaryoda İHA-A için 6 adet ve İHA-B için 12 adet havalimanı olmak üzere 18 adet havalimanı ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Üçüncü en ideal senaryo için senaryoda İHA-A için 15 adet ve İHA-B için 5 adet havalimanı olmak üzere 20 adet havalimanı ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 4.44 : En ideal alternatif senaryoların havalimanı miktarı

Alternatifler	İHA-A Miktarı	İHA-B Miktarı	İHA-A Havalimanı Miktarı	İHA-B Havalimanı Miktarı
$A_{1,1,1}$	235	121	8	4
$A_{2,1,3}$	178	366	6	12
$A_{2,1,1}$	444	158	15	5

12, 18 ve 20 adet havalimanına İHA-A ve İHA-B konumlandırması yapılırken, havalimanlarının potansiyel tehdit içeren ülkelere yakın konuşlandırılması planlanmaktadır. Bir ülke için konuşlandırma yapılan havalimanı tekrar kullanılmamalıdır. İlk konuşlandırma planlamasında, yüksek dereceli tehdit unsuru ülkeden başlayarak en az tehdit unsuru ülkeye doğru İHA'ların konuşlandırılması yapılmalıdır.

Karşıt tehdit unsur belirleme

TOPSIS sonucunda en ideal alternatif senaryoları incelediğimizde 800 km savunma hattı menzil konfigürasyonlarının belirlendiği görülmektedir. Bu durumda 800 km hattında en yüksek tehdit potansiyeline sahip olan ilk iki ülke “Suriye” ve “Yunanistan” öncelikli olarak tehdit unsuru olarak belirlenmişlerdir. Bir diğer tehdit unsuru ülke olarak “İsrail” tehdit unsuru olarak belirlenmiştir. İsrail’in tehdit unsuru olarak belirlenmesinde İHA- A ve İHA-B’nin etki menzilleri maksimum 1300 km olması etkilidir. 1300 km’lik görev yarıçapında tehdit oranı en yüksek 3 ülke “Suriye” ve “Yunanistan” ve “İsrail”dir. Bu sebepten bu 3 ülke belirlenmiştir.

Havalimanı ataması

Havalimanı atamasında öncelikli olarak hangi ülkeler için en yakın havaalanlarının aranacağı belirlenmelidir. Bir önceki bölümde karşıt tehdit unsuru ülkeler belirlenmiştir. Sonrasında hangi havaalanlarına konuşlandırma yapılabileceği belirlenmelidir. Türkiye’de sivil ve askeri havaalanları bulunmaktadır. İHA’lar askeri alanda kullanılacağından, muhabere haricinde eğitim ve operasyonlar için kullanıldığında sivil havacılığın düzenine engel olmamak adına 27 adet askeri havaalanları arasında havalimanı seçimi yapılacaktır.

Ülkelere havalimanı tayini için python programında iki koordinat arası mesafe bulma Haversine formülü (Url-2) kullanılmıştır. Program yardımıyla 3 ülkeye en yakın askeri havaalanları sıralandırılmıştır.

Aşağıdaki tabloda ülkelere uzaklıklarına göre havalimanlarının sıralaması verilmiştir.

Çizelge 4.45: Askeri havalimanları.

Havalimanı	İsrail	Suriye	Yunanistan
Adana-İncirlik Hava Üssü	1	2	22
Konya-Konya Havalimanı	2	8	19
Şanlıurfa-Şanlıurfa GAP Havalimanı	3	1	26
Kayseri-Erkilet Havalimanı	4	5	21
Malatya-Malatya Tulga Havalimanı	5	3	25
Malatya-Malatya Havalimanı	6	4	24
Muğla-İmsık Havalimanı	7	18	6
Eskişehir-Sivrihisar Hava Üssü	8	11	16
Kütahya-Zafer Havalimanı	9	13	12
Sivas-Sivas Nuri Demirağ Havalimanı	10	6	23
Ankara-Etimesgut Havalimanı	11	9	18
Ankara-Mürted Hava Üssü	12	10	17
Kütahya-Kütahya Hava Üssü	13	16	11
Eskişehir-Eskişehir Hava Üssü	14	14	15
Eskişehir-Hasan Polatkan Havalimanı	15	15	14
İzmir-Gazimur Hava Üssü	16	23	4
Manisa-Akhisar Hava Üssü	17	21	5
İzmir-Çiğli Hava Üssü	18	24	3
İzmir-Kaklıç Hava Üssü	19	25	2
Erzurum-Erzurum Havalimanı	20	7	27
Bursa-Bursa Yunuseli Havalimanı	21	19	8
Kocaeli-Cengiz Topel Havalimanı	22	17	13
Yalova-Yalova Hava Üssü	23	20	10
İstanbul-Samandıra Hava Üssü	24	22	9
Sinop-Sinop Havalimanı	25	12	20
Tekirdağ-Tekirdağ Çorlu Havalimanı	26	26	7
Edirne-Keşan Hava Üssü	27	27	1

Çizelge 4.45’te havalimanlarının ülkelere yakınlığı incelendiğinde ilk yakınlık ataması için İsrail’e olan uzaklık sıralaması dikkate alınmıştır. Sonrasında Suriye ve en son Yunanistan’a yakınlık durumları değerlendirilmiştir. En yüksek tehdit oranından en düşüğe doğru önceliklendirme yapılmıştır. Ülkelere en yakın 10 havalimanlarının kesişim kümeleri incelenmiştir. Suriye’ye en yakın 10 adet havalimanının 7 tanesinin, İsrail’e en yakın 10 adet havalimanı ile kesiştiği görülmüştür. Bu durum bu havalimanlarının avantajlarını diğer havalimanlarına oranla artırmaktadır. İhtiyaç

durumunda tek bir bölgeden farklı 2 noktaya karşı savunma oluşturulabilmesini sağlamaktadır.

Havalimanlarının atanması için bir yöneylem modeli oluşturulmuştur. Öncelikle havalimanlarının belirlenen tehdit derecesi yüksek ülkelerine mesafeleri çıkarılmıştır. Tehdit derecesi yüksek ülkelerin önceliklendirilmesi yapılmıştır. En yüksek tehdit derecesine sahip ülke ilk önce atanması yapılması gereken ülke olarak belirlenmiştir. Yükseklik derecelerine göre 1. ülke, 2. ülke ve 3.ülke olarak belirlenmiştir. Bir ilde birden fazla aynı ülke için havalimanında konuşlandırma, atama yapmaması kısıtı eklenmiştir. Her iki ülkeye yakınlık sıralamasında kesişen illere öncelikli atama yapması, eğer bir ülkenin en yakın havalimanları ile kesişim yoksa öncelikli olarak seçilmesi ve her bölge için belirlenen sayı adedince havalimanı atanması kısıtı eklenmiştir. İHA-A ve İHA-B insansız hava araçlarının dağıtımı için her ülke sayısına eş olacak şekilde dağılım kısıtı eklenmiştir. İHA havalimanı sayısı tam bölünmediği durumunda tehdit derecesi yüksek olan ülkede kalan kısım olacak şekilde dağılım yapılmıştır. $A_{1,1,1}$ alternatif senaryo için yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen İHA konuşlandırılması Çizelge 4.46’da gösterilmektedir.

Çizelge 4.46 : $A_{1,1,1}$ için belirlenen askeri havalimanları ve konuşlandırılacak İHA lar.

Suriye	Yunanistan	İsrail
Adana-İncirlik Hava Üssü- İHA-A	Malatya-Malatya Havalimanı-İHA-A	Edirne-Keşan Hava Üssü- İHA-A
Şanlıurfa-Şanlıurfa GAP Havalimanı-İHA-A	Sivas-Sivas Nuri Demirağ Havalimanı-İHA-A	İzmir-Kaklıç Hava Üssü- İHA-A
Malatya-Malatya Tulga Havalimanı- İHA-A	Eskişehir-Sivrihisar Hava Üssü-İHA-A	Manisa-Akhisar Hava Üssü-İHA-B
Kayseri-Erkilet Havalimanı-İHA-B	Ankara-Etimesgut Havalimanı-İHA-B	
Konya-Konya Havalimanı- İHA-B		

$A_{2,1,3}$ alternatif senaryo için yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen İHA konuşlandırılması Çizelge 4.47’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.47 : $A_{2,1,3}$ için belirlenen askeri havalimanları.

Suriye	Yunanistan	İsrail
Adana-İncirlik Hava Üssü- İHA-A	Malatya-Malatya Havalimanı- İHA-A	Edirne-Keşan Hava Üssü- İHA-A
Şanlıurfa-Şanlıurfa GAP Havalimanı- İHA-A	Eskişehir-Sivrihisar Hava Üssü- İHA-A	İzmir-Kaklıç Hava Üssü- İHA-A
Malatya-Malatya Tulga Havalimanı- İHA-B	Ankara-Etimesgut Havalimanı- İHA-B	Manisa-Akhisar Hava Üssü- İHA-B
Kayseri-Erkilet Havalimanı- İHA-B	Kütahya-Zafer Havalimanı- İHA-B	Tekirdağ-Tekirdağ Çorlu Havalimanı- İHA-B
Konya-Konya Havalimanı- İHA-B	Muğla-Imsık Havalimanı- İHA-B	Bursa-Bursa Yunuseli Havalimanı - İHA-B
Sivas-Sivas Nuri Demirağ Havalimanı- İHA-B	Erzurum-Erzurum Havalimanı- İHA-B	İstanbul-Samandıra Hava Üssü- İHA-B

$A_{2,1,1}$ alternatif senaryo için yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen İHA konuşlandırılması Çizelge 4.48’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.48 : $A_{2,1,1}$ için belirlenen askeri havalimanları.

Suriye	Yunanistan	İsrail
Adana-İncirlik Hava Üssü- İHA-A	Malatya-Malatya Havalimanı- İHA-A	Edirne-Keşan Hava Üssü- İHA-A
Şanlıurfa-Şanlıurfa GAP Havalimanı- İHA-A	Ankara-Etimesgut Havalimanı- İHA-A	İzmir-Kaklıç Hava Üssü- İHA-A
Malatya-Malatya Tulga Havalimanı- İHA-A	Kütahya-Zafer Havalimanı- İHA-A	Manisa-Akhisar Hava Üssü- İHA-A
Kayseri-Erkilet Havalimanı- İHA-A	Muğla-Imsık Havalimanı- İHA-A	Tekirdağ-Tekirdağ Çorlu Havalimanı- İHA-A
Konya-Konya Havalimanı- İHA-A	Erzurum-Erzurum Havalimanı- İHA-A	Bursa-Bursa Yunuseli Havalimanı - İHA-A
Sivas-Sivas Nuri Demirağ Havalimanı- İHA-B	Eskişehir-Eskişehir Hava Üssü- İHA-B	İstanbul-Samandıra Hava Üssü- İHA-B
Eskişehir-Sivrihisar Hava Üssü- İHA-B	Kütahya-Kütahya Hava Üssü- İHA-B	

4.5 Sonuçların Yorumlanması

Hava üstünlüğünü sağlamak için İHAların konuşlandırılması amacıyla yapılan bu çalışmada, belirlenmiş olan karar kriterlerinin AHP ile önceliklendirilmesi sonucunda toplam İHA maliyeti kriterinin 0.46 ağırlıkla diğer kriterlere göre baskın derecede önemli olduğu görülmüştür. Önem sırasında bu kriteri takip eden Topyekün Savunma Etkinlik Oranı 0.20 ağırlıkla ikinci önemli karar kriteri olmasına rağmen, üçüncü önemli karar kriteri olan Tekil Saldırı Etkinlik Oranı ile çok yakın ağırlıklara sahip olduğu gözlemlenmiştir. Alternatif senaryoların TOPSIS ile sıralanmasında toplam İHA maliyeti kriterinin baskınlığının etkisi gözlemlenebilmektedir ancak baskınlığa rağmen sıralamada dördüncü olan en düşük maliyetli senaryo olan $A_{1,1,3}$ seçilmemiştir. İlk üç sırada yer alan alternatif senaryoların hepsi ilgili menzilde en yüksek tehdit oranına sahip ülkenin savaş uçaklarına savunma yapıldığı senaryolardır. Birinci sıradaki senaryo 800 km savunma hattı menziline sahipken diğer ikisi 1300 km savunma hattı menziline sahiptir. Mühimmat kombinasyonu incelendiğinde birinci ve üçüncü senaryoların hava ve yer mühimmatı kullandığı, ikinci sıradaki senaryonun sadece yer mühimmatı kullandığı görülmektedir.

Konuşlandırma sonuçları incelendiğinde, $A_{1,1,1}$ senaryosu için 12, $A_{2,1,3}$ senaryosu için 18 ve $A_{2,1,1}$ senaryosu için 20 adet havalimanına konuşlandırma yapıldığı görülmektedir. Bu üç senaryoda da Adana-İncirlik Hava Üssü, Malatya-Malatya Havalimanı, Edirne-Keşan Hava Üssü, Şanlıurfa-Şanlıurfa GAP Havalimanı, İzmir-Kaklıç Hava Üssü, Malatya-Malatya Tulga Havalimanı, Eskişehir-Sivrihisar Hava Üssü, Manisa-Akhisar Hava Üssü, Kayseri-Erkilet Havalimanı, Ankara-Etimesgut Havalimanı ve Konya-Konya Havalimanı kullanılmaktadır, ancak konuşlandırma yapılan İHA tipleri farklılık göstermektedir. Konuşlandırmada ortak kullanılan bu 11 havalimanının stratejik öneminin büyüklüğü ortaya çıkmaktadır.



5. SONUÇ

Bu çalışmada, Türkiye'nin yerli ve milli olarak üretim faaliyetlerini gerçekleştirdiği hava-hava konseptli milli İHA'larımızın özelliklerinden yola çıkarak iki adet İHA tipi belirlenmiştir. Bu İHA'lara İHA-A ve İHA-B olarak nitelendirilmiştir. Bu iki farklı tipteki İHA'nın Türkiye'nin olası bir hava muhaberesi durumun da hava üstünlüğü hava eşliğini sağlayabilmesi için ihtiyaç duyacağı miktar ve hangi bölgelerde konuşlanması gerektiğine dair sorulara cevap aranmıştır. Sorulara cevap ararken ÇKKV, çok kriterli karar verme metodolojisi kullanılmıştır. Birçok alternatif senaryo oluşturulmuş ve oluşturulan senaryolar arasındaki İHA miktarlarının değişimleri TOPSIS metodu kullanılarak karar kriterlerinin üzerindeki etkisi gözlemlenmiş ve en ideal İHA miktarının belirlenmesi amaçlanmıştır. TOPSIS metodu kapsamında birbirinden farklı İHA miktarına sahip alternatif senaryolar oluşturulması ve İHA miktarlarının belirlenmesi için İHA miktarının değişimini etkileyen 3 önemli parametre belirlenmiştir. TOPSIS metodunda kullanılacak karar kriterleri için de 4 farklı karar kriteri belirlenmiştir. Bu karar kriterleri şu şekildedir: toplam İHA maliyeti, havalimanı altyapı kurulum maliyeti, tekil saldırı etkinlik oranı ve topyekün savunma etkinlik oranı. Kullanılan karar kriterleri üzerinden en ideal İHA miktarı belirlenmeye çalışılmıştır.

Alternatif senaryolar, savunma hattı menzili, topyekün savunma durumu ve mühimmat konfigürasyon durumu parametreleri değiştirilerek oluşturulmuştur. Savunma hattı menzili kapsamında 800 km ve 1300 km olmak üzere 2 alternatif belirlenmiştir. Belirlenen savunma hattı menziline yer alan tehdit unsuru ülkelere yönelik öncelikle mesafe formülü ile kapsam alanı içerisinde kalan ülkeler listelenmiştir. Sonrasında bu ülkelerin envanterindeki savaş uçaklarının yetkinliğine göre ülkelerin tehdit dereceleri hesaplanmıştır. 800 km savunma hattı menzili için en yüksek tehdit dereceli ülke "Suriye", 1300 km savunma hattı menzili için en yüksek tehdit dereceli ülke "İsrail"dir.

800 km savunma hattı menziline, 1 ülke ile topyekün muhaberede olma, 2 ülke ile topyekün muhaberede olma ve tüm savunma hattı menzil kapsamındaki ülkeler ile

topyekün muhaberede olma senaryoları ve mühimmat konfigürasyonlarının farklı durumları değerlendirilmiştir. 9 farklı alternatif senaryo oluşturulmuştur.

1300 km savunma hattı menziline, 1 ülke ile topyekün muhaberede olma, 2 ülke ile topyekün muhaberede olma ve tüm savunma hattı menzil kapsamındaki ülkeler ile topyekün muhaberede olma senaryoları ve mühimmat konfigürasyonlarının farklı durumları değerlendirilmiştir. 9 farklı alternatif senaryo oluşturulmuştur.

Toplamda 18 adet farklı İHA miktarı belirlenmiştir. Alternatif senaryo olarak belirlenen 18 adet alternatif üzerinde insansız hava araçlarının maliyeti, havalimanı altyapı ve kurulum maliyetleri, tekil saldırı etkinlik oranları ve topyekün savunma etkinlik oranının etkisi gözlemlenmiştir. TOPSIS sonucu olarak en ideal İHA miktarı $A_{1,1,1}$ alternatif senaryo çıkmıştır. 800 km savunma menziline, topyekün bir savaş olma durumunda mühimmat konfigürasyonu hava-hava ve hava-yer konseptini içeren alternatiftir. Bu senaryoda İHA sayısı belirlenirken 800 km savunma menziline en yüksek tehdit derecesine sahip ülkenin envanter bilgileri referans alınarak hesaplanmıştır. İHA-A için 235 adet İHA-B için 121 adet olarak sonuç ortaya çıkmıştır. İkinci en ideal çözüm $A_{2,1,3}$ alternatif senaryo çıkmıştır. 1300 km savunma menziline, topyekün bir savaş olma durumunda mühimmat konfigürasyonu hava-yer konseptini içeren alternatiftir. Bu senaryoda İHA sayısı belirlenirken 1300 km savunma menziline en yüksek tehdit derecesine sahip ülkenin envanter bilgileri referans alınarak hesaplanmıştır. İHA-A için 178 adet İHA-B için 366 adet olarak sonuç ortaya çıkmıştır. Üçüncü en ideal çözüm $A_{2,1,2}$ alternatif senaryo çıkmıştır. 1300 km savunma menziline, topyekün bir savaş olma durumunda mühimmat konfigürasyonu hava-hava konseptini içeren alternatiftir. Bu senaryoda İHA sayısı belirlenirken 1300 km savunma menziline en yüksek tehdit derecesine sahip ülkenin envanter bilgileri referans alınarak hesaplanmıştır. İHA-A için 444 adet İHA-B için 158 adet olarak sonuç ortaya çıkmıştır. Üç adet ideal sonucu incelediğimizde mühimmat konfigürasyonlarının karar kriteri olarak belirleyici bir etkisi olmadığı görülmektedir. Topyekün bir karşıt tehdit unsuru ile muhabere durumunun baz alınarak İHA miktarı belirlenmesinin daha iyi olduğu, alınan sonuçlar doğrultusunda gözlemlenmiştir.

İHA-A ve İHA-B miktarı için ortaya çıkan ideal çözümler doğrultusunda İHA'ların atanacağı havalimanı sayısı belirlenmiştir. Her havalimanında yaklaşık olarak 30 İHA idame ettirilebilmesi kısıtı ile toplamda 20 adet havalimanına konuşlandırma

yapılması değerlendirilmiştir. TOPSIS sonucunda ortaya çıkan en ideal üç alternatif için sırasıyla 12, 18, 20 adet hava limanı gereksinim duyulmaktadır. Çalışma kapsamında 20 adet havalimanına atama yapılmıştır. 20 adet havalimanının konuşlandırılmasıyla 12 ve 18 adet havalimanı atama çalışması da gerçekleşmiş olmaktadır. İHA-A ve İHA-B performans menzilleri 800 km ve 1300 km olması sebebiyle 1300 km savunma hattında en yüksek dereceli İsrail, Suriye ve Yunanistan ülkelerine göre konumlandırma çalışması yapılmıştır. İHA atamalarında öncelikli olarak tehdit oranı en yüksek ülkeden en düşük ülkeye doğru önceliklendirme verilerek atama yapılmıştır. İsrail, Suriye ve Yunanistan'a en yakın havalimanları belirlenmiştir. Bu ülkelere yakınlık olarak kesişen havalimanları öncelikli olarak atama yapılmıştır. Tehdit derecesi en yüksekler için İHA-A, en düşük tehdit derecesine sahip ülke için İHA-B konuşlanması yapılmıştır.

5.1 Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler

Gelecekte yapılacak çalışmalar kapsamında bu çalışmanın ölçeği genişletilebilir. Dünyada teknolojinin gelişmesi ile güç yarışları devam etmektedir. Karşıt tehdit unsuru olan bölgelerin gelecek fizibilitesi yapılarak gelecekte envanterlerinde bulunması planlanan hava gücü, askeri gücü tahminleme simülasyonları çalışmaları yapılabilir. Hava gücü olarak baz alınan unsurlar genişletilebilir. Hava muhaberesinde kullanılan diğer hava unsurları çalışmaya dahil edilerek yaklaşımlar genişletilebilir.



KAYNAKLAR

- Akıncı, E.** (2007). *Türk Savunma Sanayiinde Teknoloji ve Strateji*. (Yüksek Lisans Tezi) İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Savunma Teknolojileri Ana Bilim Dalı, İstanbul.
- Bayoğlu, T. & Akalin, G.** (2022). Reachability Analysis of an Aerodynamic Interceptor with Input Constraint. *AIAA SCITECH 2022 Forum* (p. 2039). San Diego, CA & Virtual, January 3-7.
- Bettemir, Ö. H.** (2023, June). Sensitivity Analysis to Estimate the Positional Accuracy of a Small Size Unmanned Aerial Vehicle. *10th International Conference on Recent Advances in Air and Space Technologies (RAST)* (pp. 01-05). IEEE. İstanbul , Türkiye, 07-09 June.
- Bıyıklı, R., Tekin, R. & Yavrucuk, I.** (2022). Control Allocation Strategies for a Hybrid Controlled Missile with NDI Autopilot. *13th Asian Control Conference (ASCC)* (pp. 1782-1787). IEEE. Jeju, Korea, 04-07 May.
- CEVHER, Ü.** (2023). Bir Askeri Uçak Türü Olarak Savaş Uçaklarının Dünü, Bugünü ve Geleceği Türkiye Örneği. *Havacılık ve Uzay Çalışmaları Dergisi*, 3(2/1), 1-25.
- Chen, C.T. (2000).** Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114, 1-9.
- Congressional Research Service,** (2022). F-35 Joint Strike Fighter (JSF) Program.
- Coşkun, A. F., Saynak, U. & Bati, B.** (2020). Practical Approaches on the Assessment Procedure of Possible Interference Effects of 5G Base Stations on Radar Systems. *28th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)* (pp. 1-4). IEEE. Gaziantep, Türkiye, 05-07 October.
- Coskun, M. & Tasdemir, S.** (2022). Fuzzy Logic Based Threat Assessment Application In Air Defense Systems. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*. 59 (3), 2245 – 2251.
- Durmuş, M., & Tayyar, N.** (2017). AHP ve TOPSIS ile Farklı Kriter Ağırlıklandırma Yöntemlerinin Kullanılması ve Karar Verici Görüşleriyle Karşılaştırılması, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 12(3), 65-80.
- Egeli, S.** (2020). Hava Gücünün Tarihi Gelişimi: Nitelikler, Bileşenler, Görevler ve Etkinlik Açısından Bir Değerlendirme, *Güvenlik Stratejileri Dergisi*, 17(39), 603-638.
- Erlandsson, T.** (2014). A combat Survivability Model for Evaluating Air Mission Rputes in Future Decision Support Systems. Doctoral dissertation, Örebro universitet.

- Ersöz, F., & Kabak, M.** (2010). Savunma sanayi uygulamalarında çok kriterli karar verme yöntemlerinin literatür araştırması. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 9(1), 97-125.
- Gray P.**, (2016). *Air Warfare: History, Theory and Practice*, Bloomsbury, Londra, p. 2.
- Hocaoğlu, M. F.** (2021). Agent-Driven End Game Analysis for Air Defense. In C. Turnitsa, C. Blais, A. Tolk (Eds.) *Simulation and Wargaming*, (pp. 367-405). Wiley.
- Hocaoğlu, M. F.** (2022). Agent-based target evaluation and fire doctrine: an aspect-oriented programming view. *The Journal of Defense Modeling and Simulation*, 19(1), 107-121.
- İbrişimoğlu, V.** (2007). A knowledge map strategy model for the pilots (Master's thesis). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Joint Chiefs of Staff**, (2017) Joint Publication 3-0, Joint Operations, 17 January 2017 Incorporating Change 22 October 2018.
- Karasakal, O., Karasakal, E., & Silav, A.** (2021). A multi-objective approach for dynamic missile allocation using artificial neural networks for time sensitive decisions. *Soft Computing*, 25(15), 10153-10166.
- Keating, E. G., Trunkey, R. D., Kerman, J., & McGinnis, K.** (2022). *Availability and Use of Aircraft in the Air Force and Navy*. Congressional Budget Office.
- Korkmazyürek, H.** (2011). Stratejik Savunma Yönetimi ve Savunma Planlaması Ders Notları, Eylül 2011.
- Korul, V., Küçükönel, H.** (2003). Türk Sivil Havacılık Sisteminin Yapısal Analizi, *Ege Akademik Bakış Dergisi*, Cilt 3, Sayı 1, sy 24- 38.
- Levitskii SV.** , (2002). System analysis of close air combat for the development of the knowledge base of an onboard operative-advising expert system.
- Li, S. Y., Chen, M., Wang, Y. H., & Wu, Q. X.** (2022). Air combat decision-making of multiple UCAVs based on constraint strategy games. *Defence Technology*, 18(3), 368-383.
- Li, W., Xiong, G., Tao, H., Han, Y., Wang, F., Dong, X., & Shen, Z.** (2021). Double Deep Q-learning for Anti-saturation Attack Problem of Warship Group. *IEEE 1st International Conference on Digital Twins and Parallel Intelligence (DTPI)* (pp. 390-394). Beijing, 15 July.
- Maschler M, Solan E, Zamir S.** (2013). Game theory. Cambridge University Press.
- Nacar, E. N. & Erdebilli, B.** (2021). Tesis Yeri Seçimine Yeni Bir Bakış: Katmanlı Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi. *Verimlilik Dergisi*, 4, 103-117.
- NATO**, (2019). “AAP-06 Edition 2019 - NATO Glossary of Terms and Definitions”.
- Nie, J., Chen, X., & Su, Q.** (2021). Modeling and Optimization of Weapon-target Assignment for Group Targets Defense Based on NSGA-III Algorithm. *Acta Armamentarii*, 42(8), 1771.
- Özdemir, Z., & Ic, Y. T.** (2023). Multi-objective deployment model for regional air defense. *Soft Computing*, 27(11), 7321-7335.

- Ramirez-Atencia, C., Rodriguez-Fernandez, V., & Camacho, D.** (2020). A revision on multi-criteria decision making methods for multi-UAV mission planning support. *Expert Systems with Applications*, 160, 113708.
- Ramteke, V., Comandur, V., Makkapati, V. R., & Kothari, M.** (2022). A Game-Theoretic Model for One-on-One Air Combat. *IFAC-PapersOnLine*, 55(22), 261-267.
- Saaty, T.** (1980, November). The analytic hierarchy process (AHP) for decision making. In *Kobe, Japan* (Vol. 1, p. 69).
- Saaty, T. L.** (1990). The analytic hierarchy process in conflict management. *International Journal of Conflict Management*, 1(1), 47-68.
- Saaty, T. L.** (1994). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *Interfaces*, 24(6), 19-43.
- Stillion, J.** (2015). Trends in air-to-air combat: Implications for future air superiority. *Center for Strategic and Budgetary Assessments*.1-76.
- STM Future Techology Institute,** (2016). Geleceğin Hava Kuvvetleri: 2016 – 2050 Sektör Değerlendirme Raporu.
- STM Teknolojik Düşünce Merkezi,** (2020). Hava Ve Füze Savunma Sistemleri.
- Stratejik Vizyon Belgesi,** (2014). TASAM Millî Savunma ve Güvenlik Enstitüsü. Erişim: 10 Mayıs 2020.
- Strickland, L., Day, M. A., DeMarco, K., Squires, E., & Pippin, C.** (2018, May). Responding to unmanned aerial swarm saturation attacks with autonomous counter-swarms. In *Ground/Air Multisensor Interoperability, Integration, and Networking for Persistent ISR IX* (Vol. 10635, pp. 247-263). SPIE.
- Tuncer, O., & Cirpan, H. A.** (2022). Target priority based optimisation of radar resources for networked air defence systems. *IET Radar, Sonar & Navigation*, 16(7), 1212-1224.
- Tuncer, O., & Cirpan, H. A.** (2023). A Networked Radar Resource Management Approach Utilizing Target Priority and Maneuver for Cooperative Air Defense Fire Control Radars. *IEEE Access*, 11, 136279-136291.
- U.S. Air Force,** (2023). Air Force Doctrine Publication 3-01, Counterair Operations.
- Uludağ, A. S. & Doğan, H.** (2016) Çok kriterli karar verme yöntemlerinin karşılaştırılmasına odaklı bir hizmet kalitesi uygulaması. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(2), 17-48.
- Url-1** <https://www.scopus.com/results/results.uri?sort=plf-f&src=s&st1=%22air+defense%22&sid=1a97b162cd4ceb4678430f368ed9ef7f&sot=b&sdt=b&sl=28&s=TITLE-ABS-KEY%28%22air+defense%22%29&origin=searchbasic&editSaveSearch=&yearFrom=Before+1960&yearTo=Present&sessionSearchId=1a97b162cd4ceb4678430f368ed9ef7f&limit=10>, 22.12.2023
- Url-2** <https://louwersj.medium.com/calculate-geographic-distances-in-python-with-the-haversine-method> , 10.11.2023

- Url-3** [https://en.wikipedia.org/wiki/Sukhoi_Su-25#Specifications_\(Su-25/Su-25K,_late_production\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Sukhoi_Su-25#Specifications_(Su-25/Su-25K,_late_production)), 13.11.2023
- Url-4** <https://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/104465/b-52h-stratofortress/>, 15.11.2023
- Url-5** [https://en.wikipedia.org/wiki/Northrop_F-5#Specifications_\(F-5E_Tiger_II\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Northrop_F-5#Specifications_(F-5E_Tiger_II)) , 15.11.2023
- Url-6** https://en.wikipedia.org/wiki/McDonnell_Douglas_F/A-18_Hornet, 15.11.2023
- Url-7** <https://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/104505/f-16-fighting-falcon/>, 15.11.2023
- Url-8** <https://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/104499/f-15e-strike-eagle/>, 15.11.2023
- Url-9** <https://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/104506/f-22-raptor/>, 15.11.2023
- Url-10** <https://www.lockheedmartin.com/en-us/products/f-22.html>, 18.11.2023
- Url-11** <https://www.northropgrumman.com/what-we-do/air/f5-tiger>, 18.11.2023
- Url-12** <https://www.lockheedmartin.com/en-us/products/f-35.html>, 18.11.2023
- Url-13** <https://www.tusas.com/urunler/iha/yukse-faydali-yuk-kapasitesi/aksungur>, 28.01.2024
- Url-14** [globalsecurity.org/Sukhoi S-70 Okhotnik/](http://globalsecurity.org/Sukhoi_S-70_Okhotnik/), 28.01.2024
- Url-15** <https://baykartech.com/tr/uav/bayraktar-akinci/>, 28.01.2024
- Url-16** <https://baykartech.com/tr/uav/bayraktar-kizilelma/>, 28.01.2024
- Url-17** <https://www.northropgrumman.com/what-we-do/air/x-47b-ucas>, 28.01.2024
- Url-18** <https://www.tusas.com/medya-merkezi/haberler/anka-iii-ilk-ucusunu-basariyla-gerceklestirdi>, 28.01.2024
- Url-19** <https://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/104470/mq-9-reaper/>, 28.01.2024

Wang X, Liu Z, Hou C, Yuan J., (2007). Modeling and decision-making of multi-target optimization assignment for aerial defense weapon, *Acta Armamentarii*, 28(2), 228.

World Air Forces , (2023). Flight international.

Xing, H. & Xing, Q. (2022). An Air Defense Weapon Target Assignment Method Based on Multi-Objective Artificial Bee Colony Algorithm. *Computers, Materials & Continua*, 76(3), 2685-2705.

Yalçın, O. (2016). Havacılık, Hava Gücünün Doğuşu ve Birinci Dünya Savaşına Etkisi. *Ankara Üniversitesi Türk İnkılâp Tarihi Enstitüsü Atatürk Yolu Dergisi*. 59, s. 181-236.

- Yao M, Zhu Y, Zhao M.** (2011). Study on cooperative attacking strategy of unmanned aerial vehicles in adversarial environment. *Intelligent Automation & Soft Computing*, 19(3), 487-496.
- Yar, E., ve Acar, E.** (2021). Structural optimization of a composite launch tube of man portable air defense system. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 93(5), 809-820.
- Yükselen, H.** (2018). Strateji Kavramını Çalışmak. *Güvenlik Stratejileri*. 14(27), 1-38.
- Zengin, U., & Dogan, A.** (2011). Cooperative target pursuit by multiple UAVs in an adversarial environment. *Robotics and Autonomous Systems*, 59(12), 1049-1059.
- Zhao, M. M., Li, B., & Wang, M. L.** (2015). On game strategy for multi-UAV beyond-visual-range air combat. *Electronics Optics/Control*, 22(4), 41-45.
- Zhong, X., Guo, Y., Li, N., & Li, S.** (2019). Deployment optimization of UAV relays for collecting data from sensors: A potential game approach. *IEEE Access*, 7, 182962-182973.



EKLER

EK A: Python Kodu





EK A

İki Ülke Arası Mesafe Belirleme

```
import math
```

```
def haversine_distance(lat1, lon1, lat2, lon2):  
    R = 6371.0  
    lat1 = math.radians(lat1)  
    lon1 = math.radians(lon1)  
    lat2 = math.radians(lat2)  
    lon2 = math.radians(lon2)  
    dlon = lon2 - lon1  
    dlat = lat2 - lat1  
    a = math.sin(dlat/2)**2 + math.cos(lat1) * math.cos(lat2) * math.sin(dlon/2)**2  
    c = 2 * math.atan2(math.sqrt(a), math.sqrt(1-a))  
    distance = R * c  
    return distance
```

```
countries = [  
    {"name": "Afganistan", "lat": 33.9391, "lon": 67.7099},  
    {"name": "Åland Adaları", "lat": 60.1968, "lon": 19.3734},  
    {"name": "Almanya", "lat": 51.1657, "lon": 10.4515},  
    {"name": "Andorra", "lat": 42.5063, "lon": 1.5218},  
    {"name": "Angola", "lat": -8.8137, "lon": 13.2333},  
    {"name": "Arnavutluk", "lat": 41.1533, "lon": 20.1683},  
    {"name": "Avusturya", "lat": 47.5162, "lon": 14.5501},  
    {"name": "Azerbaycan", "lat": 40.409264, "lon": 49.867092},  
    {"name": "Bahreyn", "lat": 26.0667, "lon": 50.5577},  
    {"name": "Bangladeş", "lat": 23.6841, "lon": 90.3563},  
    {"name": "Batı Sahra", "lat": 24.2155, "lon": -12.8858},  
    {"name": "Belarus (Beyaz Rusya)", "lat": 53.7098, "lon": 27.9534},  
    {"name": "Belçika", "lat": 50.850, "lon": 4.3517},  
    {"name": "Benin", "lat": 6.5244, "lon": 2.7453},  
    {"name": "Bhutan", "lat": 27.5142, "lon": 90.4336},  
    {"name": "Birleşik Arap Emirlikleri", "lat": 23.4241, "lon": 53.8478},  
    {"name": "Birleşik Krallık (İngiltere)", "lat": 51.5072, "lon": -0.1276},  
    {"name": "Bosna-Hersek", "lat": 43.9159, "lon": 17.6791},  
    {"name": "Botsvana", "lat": -22.3285, "lon": 24.6849},  
    {"name": "Britanya Hint Okyanusu Toprakları", "lat": -7.3345, "lon": 72.4244},  
    {"name": "Brunei", "lat": 4.5353, "lon": 114.7277},  
    {"name": "Bulgaristan", "lat": 42.698334, "lon": 23.319941},  
    {"name": "Burkina Faso", "lat": 12.6392, "lon": -1.5719},  
    {"name": "Burundi", "lat": -3.3731, "lon": 29.9189},
```

{"name": "Cebelitarık", "lat": 36.1408, "lon": -5.3536},
{"name": "Cezayir", "lat": 36.7538, "lon": 3.0588},
{"name": "Cibuti", "lat": 11.595, "lon": 43.148},
{"name": "Cocos (Keeling) Adaları", "lat": -12.1642, "lon": 96.8708},
{"name": "Çad", "lat": 12.1048, "lon": 15.0444},
{"name": "Çekya", "lat": 49.8175, "lon": 15.4725},
{"name": "Çin", "lat": 35.8617, "lon": 104.1954},
{"name": "Danimarka", "lat": 55.6761, "lon": 12.5683},
{"name": "Demokratik Kongo Cumhuriyeti", "lat": -4.0383, "lon": 21.7587},
{"name": "Ekvator Ginesi", "lat": 1.6508, "lon": 10.2679},
{"name": "Endonezya", "lat": -2.1379, "lon": 116.874},
{"name": "Eritre", "lat": 15.1794, "lon": 39.7823},
{"name": "Ermenistan", "lat": 40.177200, "lon": 44.503490},
{"name": "Estonya", "lat": 58.5953, "lon": 25.0136},
{"name": "Etiyopya", "lat": 9.145, "lon": 40.4897},
{"name": "Faroe Adaları", "lat": 62.0097, "lon": -6.7716},
{"name": "Fas (Morocco)", "lat": 31.7917, "lon": -7.0926},
{"name": "Finlandiya", "lat": 61.9241, "lon": 25.7482},
{"name": "Fransa", "lat": 48.8566, "lon": 2.3522},
{"name": "Gabon", "lat": -0.8037, "lon": 11.6097},
{"name": "Gambiya", "lat": 13.455, "lon": -16.5775},
{"name": "Gana", "lat": 7.25, "lon": -0.0833},
{"name": "Gine", "lat": 9.535, "lon": -13.6781},
{"name": "Gine-Bissau", "lat": 11.8656, "lon": -15.5984},
{"name": "Guernsey", "lat": 49.4496, "lon": -2.578},
{"name": "Güney Afrika", "lat": -25.7461, "lon": 28.187},
{"name": "Güney Kore", "lat": 35.9078, "lon": 127.7669},
{"name": "Gürcistan", "lat": 41.716667, "lon": 44.783333},
{"name": "Hırvatistan", "lat": 45.815, "lon": 15.9819},
{"name": "Hindistan", "lat": 20.5937, "lon": 78.9629},
{"name": "Hollanda", "lat": 52.3676, "lon": 4.9041},
{"name": "Hong Kong", "lat": 22.3193, "lon": 114.1694},
{"name": "Irak", "lat": 33.312805, "lon": 44.361488},
{"name": "İran", "lat": 35.715298, "lon": 51.404343},
{"name": "İrlanda", "lat": 53.3498, "lon": -6.2603},
{"name": "İspanya", "lat": 40.4168, "lon": -3.7038},
{"name": "İsrail", "lat": 31.0461, "lon": 34.8516},
{"name": "İsveç", "lat": 59.3293, "lon": 18.0686},
{"name": "İsviçre", "lat": 46.8182, "lon": 8.2275},
{"name": "İtalya", "lat": 41.9028, "lon": 12.4964},
{"name": "İzlanda", "lat": 64.9631, "lon": -19.0208},
{"name": "Japonya", "lat": 36.2048, "lon": 138.2529},
{"name": "Jersey", "lat": 49.2144, "lon": -2.1316},
{"name": "Kamboçya", "lat": 12.5657, "lon": 104.9909},
{"name": "Kamerun", "lat": 3.848, "lon": 11.5021},
{"name": "Karadağ", "lat": 42.7087, "lon": 19.3744},
{"name": "Katar", "lat": 25.276987, "lon": 51.517388},
{"name": "Kazakistan", "lat": 48.0196, "lon": 66.9237},
{"name": "Kenya", "lat": -1.2921, "lon": 36.8219},
{"name": "Kıbrıs", "lat": 35.1264, "lon": 33.4299},

{"name": "Kırgızistan", "lat": 41.2044, "lon": 74.7661},
{"name": "Komorlar", "lat": -11.6455, "lon": 43.333},
{"name": "Kongo Cumhuriyeti", "lat": -4.0383, "lon": 21.7587},
{"name": "Kosova", "lat": 42.6022, "lon": 20.9026},
{"name": "Kuveyt", "lat": 29.378586, "lon": 47.990341},
{"name": "Kuzey Kore", "lat": 40.3399, "lon": 127.5101},
{"name": "Laos", "lat": 20.0171, "lon": 102.4954},
{"name": "Lesotho", "lat": -29.6099, "lon": 28.2333},
{"name": "Letonya", "lat": 56.8796, "lon": 24.6032},
{"name": "Liberya", "lat": 6.2907, "lon": -10.7605},
{"name": "Libya", "lat": 32.8872, "lon": 13.1913},
{"name": "Lihtenştayn", "lat": 47.166, "lon": 9.5554},
{"name": "Litvanya", "lat": 55.1694, "lon": 23.8813},
{"name": "Lübnan", "lat": 33.8547, "lon": 35.8623},
{"name": "Lüksemburg", "lat": 49.6116, "lon": 6.1319},
{"name": "Macaristan", "lat": 47.4979, "lon": 19.0402},
{"name": "Madagaskar", "lat": -18.8792, "lon": 47.5079},
{"name": "Makao", "lat": 22.1987, "lon": 113.5439},
{"name": "Makedonya", "lat": 41.99469, "lon": 21.43026},
{"name": "Malavi", "lat": -13.2543, "lon": 34.3015},
{"name": "Maldivler", "lat": 3.2028, "lon": 73.2207},
{"name": "Malezya", "lat": 4.2105, "lon": 101.9758},
{"name": "Mali", "lat": 12.6392, "lon": -8.0029},
{"name": "Malta", "lat": 35.9375, "lon": 14.3754},
{"name": "Man Adası", "lat": 54.2361, "lon": -4.5481},
{"name": "Mauritius", "lat": -20.348404, "lon": 57.552152},
{"name": "Mayotte", "lat": -12.8275, "lon": 45.1662},
{"name": "Mısır", "lat": 26.8206, "lon": 30.8025},
{"name": "Moğolistan", "lat": 46.8625, "lon": 103.8467},
{"name": "Moldova", "lat": 47.4116, "lon": 28.3699},
{"name": "Monako", "lat": 43.7384, "lon": 7.4246},
{"name": "Moritanya", "lat": 20.966, "lon": -11.611},
{"name": "Mozambik", "lat": -25.9667, "lon": 32.5804},
{"name": "Myanmar (Burma)", "lat": 21.9162, "lon": 95.956},
{"name": "Namibya", "lat": -22.5597, "lon": 17.0832},
{"name": "Nepal", "lat": 28.3949, "lon": 84.124},
{"name": "Niger", "lat": 13.5126, "lon": 2.1127},
{"name": "Nijerya", "lat": 9.082, "lon": 8.6753},
{"name": "Norveç", "lat": 60.472, "lon": 8.4689},
{"name": "Orta Afrika Cumhuriyeti", "lat": 6.6111, "lon": 20.9394},
{"name": "Özbekistan", "lat": 41.3775, "lon": 64.5853},
{"name": "Pakistan", "lat": 30.3753, "lon": 69.3451},
{"name": "Polonya", "lat": 51.9194, "lon": 19.1451},
{"name": "Portekiz", "lat": 38.7223, "lon": -9.1393},
{"name": "Réunion", "lat": -21.1151, "lon": 55.5364},
{"name": "Romanya", "lat": 44.439663, "lon": 26.096306},
{"name": "Ruanda", "lat": -1.9403, "lon": 29.8739},
{"name": "Rusya", "lat": 55.751244, "lon": 37.618423},
{"name": "Saint Helena", "lat": -15.965, "lon": -5.7089},
{"name": "San Marino", "lat": 43.9424, "lon": 12.4578},

```

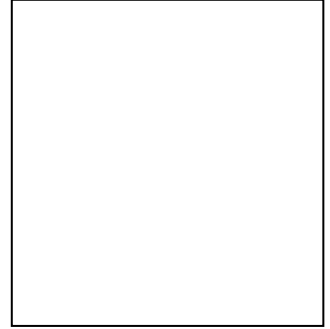
{"name": "São Tomé ve Príncipe", "lat": 0.1864, "lon": 6.6131},
{"name": "Senegal", "lat": 14.7167, "lon": -17.4677},
{"name": "Sejšeller", "lat": -4.6796, "lon": 55.492},
{"name": "Sırbistan", "lat": 44.787197, "lon": 20.457273},
{"name": "Sierra Leone", "lat": 8.4656, "lon": -13.2317},
{"name": "Singapur", "lat": 1.3521, "lon": 103.8198},
{"name": "Slovakya", "lat": 48.669, "lon": 19.699},
{"name": "Slovenya", "lat": 46.1512, "lon": 14.9955},
{"name": "Somali", "lat": 5.1521, "lon": 46.1996},
{"name": "Sri Lanka", "lat": 7.8731, "lon": 80.7718},
{"name": "Sudan", "lat": 15.5007, "lon": 32.5599},
{"name": "Suriye", "lat": 33.510414, "lon": 36.278336},
{"name": "Suudi Arabistan", "lat": 24.774265, "lon": 46.738586},
{"name": "Svalbard ve Jan Mayen Adaları", "lat": 78.0452, "lon": 20.4245},
{"name": "Svaziland", "lat": -26.5225, "lon": 31.4659},
{"name": "Tacikistan", "lat": 38.861, "lon": 71.2761},
{"name": "Tanzanya", "lat": -6.369028, "lon": 34.888822},
{"name": "Tayland", "lat": 15.87, "lon": 100.9925},
{"name": "Tayvan", "lat": 23.6978, "lon": 120.9605},
{"name": "Togo", "lat": 6.1228, "lon": 1.2255},
{"name": "Tunus", "lat": 36.8065, "lon": 10.1815},
{"name": "Türkmenistan", "lat": 38.9697, "lon": 59.5563},
{"name": "Uganda", "lat": 0.3136, "lon": 32.5817},
{"name": "Ukrayna", "lat": 50.4501, "lon": 30.5234},
{"name": "Umman", "lat": 21.4735, "lon": 55.9754},
{"name": "Ürdün", "lat": 31.9516, "lon": 35.9236},
{"name": "Vietnam", "lat": 14.0583, "lon": 108.2772},
{"name": "Yemen", "lat": 15.5527, "lon": 48.5164},
{"name": "Yeşil Burun Adaları (Cape Verde)", "lat": 14.6415, "lon": -23.5087},
{"name": "Yunanistan", "lat": 37.983810, "lon": 23.727539},
{"name": "Zambiya", "lat": -15.3863, "lon": 28.3978},
{"name": "Zimbabve", "lat": -17.8292, "lon": 31.0522},
# Diğer ülkeleri ekleyin...
]

start_country = {"lat": 39.9255, "lon": 32.8662} # Başlangıç ülkesi (Türkiye)

for country in countries:
    lat, lon = country["lat"], country["lon"]
    distance = haversine_distance(start_country["lat"], start_country["lon"], lat, lon)
    if distance < 800:
        print(f"{country['name']}")

```

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad

: Rüveyda Karlankuş

  RENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2016, Yalova Üniversitesi, M hendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
- **Yüksek Lisans** :2024, İstanbul Teknik Üniversitesi, Savunma Teknolojileri

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2016 yılından bu yana Baykar Savunma A.ř. proje yönetici olarak çalışmaktayım.