

HAVA GÜCÜ MUKAYESESİ İÇİN BULANIK AHP MODELİ

Hv.Plk.Kur.Yzb. Hakan ÇANLI

Hv.Müh.Ütğm. Ahmet KANDAKOĞLU

2 nci HİBM, Tekno.ve Ürt.K.lığı,
38095, Esenyurt, Kayseri
hakancanli@hotmail.com

Harp Akademileri K.lığı, HOSİM Başkanlığı,
34334, Yenilevent, İstanbul
kandak@harpak.tsk.mil.tr

ÖZET

Hava hareketinin sürat içeren doğası, operatif seviyede merkezi kontrole sahip Birleştirilmiş Hava Harekat Merkezi'ndeki (BHHM) karar süreçleri üzerinde zaman baskısı yaratmaktadır. Bu ortamda, hem müteakip planlama ve kararlara yön verecek hem de hareketin başarısını belirleyebilecek detayları içeren “durum farkındalığı” kritik ve güncel bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, bahsedilen soruna çözüm sunmak amacıyla Delphi yöntemi ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) kullanılarak bir hava gücü mukayese modeli geliştirilmiştir. Modeli desteklemek üzere JAVA programlama dili ve XML (eXtensible Mark-up Language) ile daha önce tarafımızdan hazırlanan modüler, esnek ve tekrar kullanılabilir özgün bir yazılım kullanılmıştır. Bu yazılım Harp Akademileri Komutanlığı'nda eğitimi desteklemek amacıyla harp oyunlarında kullanılan Müşterek Harekat Alanı Simülasyonu (Joint Theater Level Simulation - JTLS) sisteminin veri tabanı ile etkileşime girerek simülasyon süresince gerçek zamanlı dinamik güç mukayesesi gerçekleştirebilecek yeteneğe sahiptir. Bu yazılım ve geliştirilen Bulanık AHP modeli harp oyununda gerçek zamanlı bir karar destek sistemi olarak işletilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Analitik Hiyerarşi Proses, Üçgen Bulanık Sayılar, Delphi Yöntemi, Hava Gücü Mukayesesi, Karar Destek Sistemi.

A FUZZY AHP MODEL FOR AIR FORCE COMPARISON

ABSTRACT

The nature of the air operations creates time pressure on the decision process in Combined Air Operations Center (CAOC) which has central control at operational level. In this environment, situation awareness that will both guide the following planning and decisions, and provide operational achievement, becomes a critical problem.

In this study, as a solution for this problem, an air force comparison model was developed using Delphi method and Fuzzy Analytic Hierarchy Process (AHP). To demonstrate the feasibility of the model modular, flexible and reusable software, which was developed using JAVA programming language and eXtensible Mark-up Language (XML) by authors before, was utilized. This software can provide a real-time, dynamic force comparison during the simulation process by JTLS (Joint Theater Level Simulation) system integration. JTLS is a simulation system for supporting the staff training during war games in War Colleges Command. The software and the developed Fuzzy AHP model was utilized as a real-time decision support system in a war game.

Keywords: Fuzzy Analytic Hierarchy Process, Triangular Fuzzy Numbers, Delphi Method, Air Force Comparison, Decision Support System.

1. GİRİŞ

Bilgi çağı olarak nitelendirilen günümüzde ticari sektörde önemli pay sahibi şirket ve organizasyonlar ağ merkezli bilgi teknolojileri uygulamalarıyla süreçlerini geliştirmiş ve yeni hizmetler sunarak rekabet avantajı kazanmışlardır. Bu değişimin askeri alana yansımalarıyla; birbirleriyle ilişkisiz silâh

sistemlerine dayalı “plâtfom merkezli” anlayış bugün yerini bu silâh sistemlerinin karşılıklı etkileşimlerini ve bilgi paylaşımını dikkate alan “ağ merkezli” anlayışa bırakmıştır [1]. Yine bu çerçevede, “bilgi üstünlüğü” kavramı ortaya çıkmış ve doğru bilgiyi, doğru kişiye, doğru zaman ve formatta iletebilme kabiliyetini elde bulundururken, hasmının aynı faaliyeti gerçekleştirmesine engel olmak önem

kazanmıştır. Bilgi üstünlüğü ile gözlem-adaptasyon-karar-icra (observe-orient-decide-act / OODA) döngüsü [2] üst karar vericilerden en alt seviyeye kadar daha hızlı işletilebilmektedir.

Bu çerçevede nispi güç mukayese yöntemleri, dost ve düşman gücün yapısına ait bilginin analizi ile komutanlara karar desteği sağlayan önemli araçlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Nispi güç mukayesesi; harekât planlama faaliyetleri, harp oyunu ve plan tatbikatları ile kuvvet yapılanması faaliyetleri esnasında;

- Dost kuvvet yapısının tehdidi karşılama durumunu ortaya koymak,
- Kuvvet yapısındaki zafiyet alanlarını tespit etmek ve
- Muhtemel bir hareketin sonuçları hakkında fikir verebilecek değerlendirmelerde bulunmak amacıyla uygulanan bir yöntemdir [3].

Harp Akademileri Komutanlığı'nda kurmay subay eğitiminin bir parçası olarak Müşterek Harekat Alanı Simülasyonu (Joint Theater Level Simulation - JTLS) ile desteklenen harp oyunları icra edilmektedir. Harp oyununda, gerçeğine uygun olarak, hava hareketinin operatif seviyede merkezi kontrolü Birleştirilmiş Hava Harekat Merkezi (BHHM) tarafından gerçekleştirilmektedir. Subaylar, BHHM'de hava hareketinin sürat içeren doğası ve planlama sürecinin zaman baskısı altında, müteakip planlamalara ve cari kararlara yön veren "durum farkındalığı"nın önemini yaşayarak öğrenmektedir. Bu ortamda sıkça sorulan "ne durumdayız?" sorusuna verilecek hem yanıt, hem de yanıtın algılanma süresini kısaltmak amacıyla; hasım iki ülke hava gücünün nispi mukayesesi gerçekleştirilecek bir modelin kullanılabilirliği düşünülmüştür.

Bu düşünceden yola çıkılarak, Delphi yöntemi ve Bulanık AHP kullanan, JTLS ile entegre edilen, simülasyon süresince nispi durumun eğilim analizini mümkün kılacak, gerçek zamanlı hava gücü mukayese modeli geliştirilmiştir. Model, JAVA programlama dili ve XML ile geliştirilen modüler, esnek ve tekrar kullanılabilir özgün bir yazılım ile desteklenerek karar vericilere bir karar destek sistemi paketi olarak sunulmuştur.

Bu karar destek sistemi üç amaca hizmet etmektedir. Birincisi, harekât planlamasına yönelik dersler ile birlikte, kurmay adaylarının analitik düşünme becerisini geliştirecek bir eğitim yardımcısı olarak kullanılmaktadır. İkincisi, harp oyunu esnasında kurulan BHHM'de bir karar destek sistemi olarak işletilmektedir. Üçüncüsü ve en önemlisi bu sistem, ileride gerçek hayatta kullanılabilir hava gücü mukayese modellerinin geliştirilerek harp oyunu ve plan tatbikatı gibi faaliyetlerde denenebileceği bir test ortamı sağlamaktadır.

Bu dokümanın bir sonraki bölümünde, tarihi gelişimi içerisinde mukayese yaklaşımları, Delphi yöntemi ve Bulanık AHP yaklaşımına ilişkin literatür incelenmiş; izleyen bölümde, geliştirilen hava gücü mukayese modeli ve yazılım tanıtılmış; son bölümde ise, sonuçlar sunularak çalışmanın genel bir değerlendirilmesi yapılmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Güç Mukayesesi Yaklaşımları

Yakın harp tarihinde güç mukayesesi yaklaşımları incelendiğinde;

- Soğuk savaş döneminde silah sistemlerinin adetleri dikkate alınarak niceliksel,
- 1970'lerden itibaren ABD'nin "sayıca az, ancak üstün nitelikli" silahlanma anlayışıyla niteliksel,
- 1990'lardan itibaren ABD ve NATO'nun "yetenek odaklı yapılanma" konseptine dayalı olarak sahip olunan yetenekleri temel alan yaklaşımlar görülmektedir.

Bu kapsamda; Harekat Öldürücülük Endeksi (Operational Lethality Indices (OLI)) [4], Karşılaştırmalı Kuvvet Modernizasyonunu Değerlendirme Tekniği (A Technique for Assessing Comparative Force Modernization (TASCFORM)) [5], Bulanık Muhakeme Sistemi (BMS) [6], Hava Harp Akademisi Komutanlığı tarafından Hava Gücü Analizi dersi kapsamında kullanılan Puanlama Modeli [7], NC3A (NATO Command-Control and Communications Agency – NATO Komuta-Kontrol ve Muhabere Ajansı) tarafından geliştirilmiş olan EPOCC (Equipment Potential Capability Comparison – Silah Sistem Potansiyel Yetenek Mukayesesi) modeli [8] ve bu modelin Genelkurmay Bilimsel Karar Destek Merkezi Başkanlığı tarafından gerçekleştirilen milli uygulaması olan KUMSAM (Kuvvet Mukayese ve Silahlanma Eğilimi Analiz Modeli) [9] niteliksel yaklaşıma; Lockheed Martin tarafından geliştirilen FVM (Force Value Model – Kuvvet Değer Modeli) [10] yetenek odaklı yaklaşıma örnek verilecek çalışmalar olarak literatürde yer almaktadır.

Yetenek odaklı değerlendirme en güncel yaklaşım olmakla birlikte, denk kuvvetlere sahip bölgesel güçler arasındaki mevcut durum, silahlanma projelerinin karşılıklı olarak reaktif hamleler şeklinde yürütülmesini ve taraflar arasındaki kuvvet dengesinin daima gözlenmesini gerekli kılmaktadır. Dolayısıyla, teknolojik açıdan lider konumda olmayan ülkeler için temelde nitelik kıyaslamaları geçerliliğini korumaktadır. Bu çerçevede, geliştirilebilecek mukayese modellerinin kullanılabilir olması için, milli ihtiyaçları karşılaması, muhtemel harekât ortamının milli tahayyülüne dayanması ve milli tehdit algılamasına uygun olması gerekmektedir. Bu sebeple,

geliştirilecek mukayese modelinin tüm yaklaşımları değerlendiren milli bir model olması uygun görülmektedir.

Güç mukayesesi amacıyla kullanılabilir yöntemlere ilişkin daha detaylı bir kıyaslama [3] ve [11]'de bulunmaktadır.

2.2. Delphi Yöntemi

Delphi grup oydası yöntemi olarak 1950'lerde bir Amerikan firması olan Rand tarafından geliştirilmiştir [12]. Bu yöntemde farklı görüşlere sahip grup elemanlarının fikirlerini entegre etmek ancak bağımsız yargılarının korumak esastır. Hem kantitatif değerlendirmeler hem de model geliştirme amacıyla kullanılmaktadır.

Delphi yönteminde öncelikle bir uzman grup oluşturulur. Grup içerisindeki uzmanlar birbirlerinden bağımsız olarak ankete cevap verirler. Ankete verilen cevaplar analiz edilir ve analiz sonucunda yeni anketler veya bire bir görüşmeler ile iteratif olarak grup oydasına ulaşılmaya çalışılır. Her anket sonunda istatistiksel analiz sonuçları müteakip anketler veya görüşmelerde uzmanlara iletilerek geri besleme sağlanır. Bu geri besleme ile uzmanların önceki yanıtlarını veya var ise kantitatif değerlendirmelerini gözden geçirmeleri istenir.

Yöntem tek kişilik karar vermenin genel düşünceleri bir araya getirememesi ve tartışma grubunun -lidere yönelme gibi- psikolojik etkilerini ve bireylerin bağımsız düşüncelerinin kaybolmasına neden olan olumsuz ortamını ortadan kaldırmaktadır.

2.3. Bulanık AHP

AHP hem objektif hem de sübjektif değerlendirme kriterlerini dikkate alabilen ve yaygın olarak kullanılan bir çok kriterli karar verme tekniğidir [13]. Anlaşılmasının çok kolay olması ve basit matematik hesaplamaları içermesi sebebiyle, AHP oldukça büyük bir ilgi görmüş ve gerçek hayatta birçok alanda kullanılmıştır. Yöntem, taarruz helikopterlerinin seçiminden politikada adayların seçimine, veri tabanı seçiminden kaynak atamaya kadar çok çeşitli karar verme problemlerinin çözümünde başarılı sonuçlar üretmiştir. AHP uygulamaları ile ilgili detaylı bir literatür araştırması [14]'da sunulmuştur.

AHP yönteminde 1 ile 9 arasında numaralandırılmış ölçeklerin kullanımı basit olmasına rağmen bir takım tutarsızlıklar bulunmaktadır. Ayrıca, karar vericiler genel olarak aralıklı karar vermeyi sabit değerli karar vermeye göre daha rahat bulmaktadır. Dolayısıyla, bu yöntem, karar vericinin kararları ile belirsizliğin açıklanması ve sayılara dökülmesi konusunda yetersiz kalmaktadır. Bu yüzden, insanî düşünme şeklini yansıtmak amacıyla Bulanık AHP geliştirilmiştir.

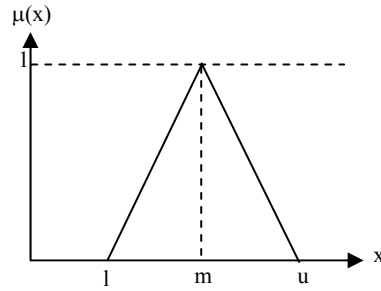
Literatürde, çeşitli yazarlar tarafından ortaya atılan birçok Bulanık AHP yaklaşımı bulunmaktadır. İlk Bulanık AHP çalışması, üçgen üyelik fonksiyonlarıyla tanımlanmış bulanık oranları karşılaştıran Laarhoven ve Pedrycz ile görülmüştür [15]. Buckley [16], karşılaştırma oranlarının bulanık önceliklerini trapezoidal üyelik fonksiyonu ile belirlemiştir. Chang ise karşılaştırma matrislerinden performans puanları ve ölçüt ağırlıklarına geçiş için bulanık üçgen sayıların kesişimi yöntemini kullanarak yeni bir yaklaşım tanıtmıştır [17].

Geleneksel Bulanık AHP yöntemleri yorucu aritmetik hesaplamaları kullanarak operasyonlardaki bulanık değerlerle ilgilenmektedir. Ayrıca, bu yöntemlerin bir diğer dezavantajı da kesin bir sonuca ulaşmak için fazladan durulaştırma işlemine ihtiyaç duyulmasıdır.

Chang'ın yaklaşımında, bulanık sayıların kesişimi yöntemiyle hesaplamalar yapıldığı için, yukarıda bahsedilen dezavantajlar geçerli değildir. Bu sebeple, bu çalışma kapsamında Chang'ın yaklaşımı esas alınmıştır.

2.3.1 Üçgen Bulanık Sayılar

Bir üçgen bulanık sayı (triangular fuzzy number – TFN) $(l | m, m | u)$ veya (l, m, u) şeklinde gösterilir [18]. Bir bulanık olay için l , m ve u parametreleri, sırasıyla mümkün en küçük değeri, en çok beklenen değeri ve mümkün en büyük değeri temsil eder. Şekil 1'de örnek olarak bir bulanık üçgen sayı verilmiştir.



Şekil 1. (l, m, u) bulanık üçgen sayısı

Her üçgen bulanık sayının lineer gösterimleri sol ve sağ taraf şeklinde aşağıdaki üyelik fonksiyonu ile tanımlanabilir [18]:

$$\mu(x | \tilde{M}) = \begin{cases} 0, & x < l, \\ (x - l) / (m - l), & l \leq x \leq m, \\ (u - x) / (u - m), & m \leq x \leq u, \\ 0, & x > u. \end{cases} \quad (1)$$

Bulanık AHP hesaplamalarında üçgen bulanık sayılar için temel aritmetik işlemlerine gerek duyulmaktadır. Aşağıda $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$

bulanık üçgen sayıları için temel aritmetik işlemler verilmiştir:

Toplama: $\tilde{M}_1 \oplus \tilde{M}_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$

Çarpma: $\tilde{M}_1 \otimes \tilde{M}_2 = (l_1 \times l_2, m_1 \times m_2, u_1 \times u_2)$

Bölme: $\tilde{M}_1 \oslash \tilde{M}_2 = (l_1 / u_2, m_1 / m_2, u_1 / l_2)$

Negatif: $-\tilde{M}_1 = (-l_1, -m_1, -u_1)$

Tersi: $1/\tilde{M}_1 = (1/u_1, 1/m_1, 1/l_1)$

Bu tanımlama ve bilgilerden sonra Bulanık AHP algoritması aşağıdaki gibi verilebilir.

2.3.2 Bulanık AHP Algoritması

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ bir nesne kümesi ve $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ de bir hedef kümesi olsun. [19]'in genişletilmiş analiz yöntemine göre, her bir nesne ele alınarak her hedef için g_i değerleri sırasıyla oluşturulur. Böylece, her bir nesne için m genişletilmiş analiz değerleri aşağıdaki şekilde elde edilebilir:

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m, i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Burada, tüm $M_{g_i}^j$ ($j = 1, 2, \dots, m$) değerleri parametreleri l, m ve u olan üçgen bulanık sayıdır.

Chang'ın genişletilmiş analizinin adımları aşağıda gibi verilebilir [19]:

Adım 1:

Bulanık yapay büyüklük değeri, i . nesneye göre şöyle tanımlanır:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (3)$$

$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$ ifadesini elde etmek için, m değerleri üzerinde bulanık toplama işlemini belirli bir matris için aşağıdaki gibi gerçekleştirmek,

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (4)$$

ve $\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1}$ ifadesini elde etmek için, $M_{g_i}^j$ ($j=1, 2, \dots, m$) değerleri üzerinde bulanık toplama işlemini yapmak,

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (5)$$

ve daha sonra (5) denklemindeki vektörün tersini hesaplamak gerekir.

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (6)$$

Adım 2:

$M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ifadesinin olasılık derecesi şu şekilde tanımlanır:

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} \left[\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y)) \right] \quad (7)$$

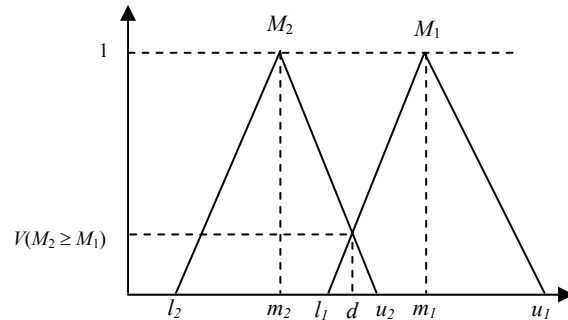
veya diğer bir ifade ile

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d)$$

$$= \begin{cases} 1, & \text{eğer } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{eğer } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2)(m_1 - l_1)} & \text{diğer hallerde.} \end{cases} \quad (8)$$

Burada d , Şekil 2'de gösterildiği gibi μ_{M_1} ve μ_{M_2} arasındaki en yüksek kesişim noktası olan D 'nin ordinatıdır.

M_1 ve M_2 'yi karşılaştırmak için, $V(M_1 \geq M_2)$ ve $V(M_2 \geq M_1)$ değerlerinin her ikisine de ihtiyaç duyulur.



Şekil 2. M_1 ve M_2 arasındaki kesişme

Adım 3:

Konveks bir bulanık sayının olasılık derecesinin k konveks bulanık sayıdan M_i ($i = 1, 2, \dots, k$) daha büyük olması şu şekilde tanımlanabilir:

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ ve } (M \geq M_2) \text{ ve } \dots \text{ ve } (M \geq M_k)] \\ = \min V(M \geq M_i), i = 1, 2, \dots, k \quad (9)$$

Burada, $k = 1, 2, \dots, n$; $k \neq i$ için

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \quad (10)$$

olduğu düşünülürse ağırlık vektörü şu şekilde bulunur:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (11)$$

Burada, $A_i (i = 1, 2, \dots, n)$ n elemandan oluşur.

Adım 4:

Normalize edilmiş ağırlık vektörleri

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (12)$$

olarak bulunur. Burada, W ağırlık vektörü bulanık bir sayı değildir.

Bu çalışma kapsamında, Bulanık AHP modelindeki çift karşılaştırma matrislerinin oluşturulması için Tablo 1'de sunulan ölçek kullanılmıştır.

Tablo 1. İkili karşılaştırmalarda kullanılan ölçek

Dilsel ifade	Bulanık Üçgen Sayılar	
	Sayı	Eşleniği
Eşit Derecede Önemli	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
Biraz Daha Fazla Önemli	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)
Kuvvetli Derecede Önemli	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
Çok Kuvvetli Derecede Önemli	(5/2, 3, 7/2)	(2/7, 1/3, 2/5)
Tamamıyla Önemli	(7/2, 4, 9/2)	(2/9, 1/4, 2/7)

3. HAVA GÜCÜ MUKAYESE MODELİ

Hava gücü mukayese modeli geliştirme çalışmaları kapsamında izlenen adımlar, her adımda icra edilen faaliyet ve elde edilen çıktılar Şekil 3'de gösterilmiştir.

Bu model geliştirilirken en önemli hususlardan biri model ve katsayıların taraflılığına yönelik kaygıları en aza indirmek ve güvenilirliği artırmak maksadıyla bir uzman grubu ile birlikte çalışılmış olmasıdır. Uzman grubu Hava Harp Akademisi 65'inci dönem öğrenci subayları arasından gönüllülük esasına göre oluşturulmuştur. Grubun %40'ı Hava Kuvvetleri Komutanlığı tarafından onaylı yüksek lisans eğitimi almıştır. Toplam 25 subaydan oluşan grubun 18'i pilot, 1'i ikmal, 1'i kontrolör, 2'si istihbarat, 1'i istihkam ve 2'si muhabere sınıfındandır. Uzman gruba iletişim grup oydaişim yöntemi olarak seçilen Delphi yöntemi ve anketler ile sağlanmıştır. Böylece bulanık AHP modelinin hiyerarşik yapısı, kriter katsayıları ve normalizasyon fonksiyonları için gerekli bilgi altyapısı oluşturulmuştur.

3.1 Bulanık AHP Modeli

Delphi yöntemi ve Bulanık AHP kullanılarak geliştirilen, en üst seviyeden en alta kadar harp oyunu senaryolarına uygun olarak iki hava kuvvetinin nispi gücünün ölçümünü sağlayacak hiyerarşik yapı Şekil 4'de gösterilmiştir. Bu yapıdaki her bir kriter için bulanık AHP metodolojisi ile yerel ve genel ağırlıklar hesaplanmış, Şekil 4'de sadece yerel ağırlıklar sunulmuştur.

Bu ağaç yapısında gösterildiği gibi en alt seviye ölçümler üç çeşittir.

İlki "tehdit ortamında hareket yeteneği" gibi; çok iyi, iyi, orta, kötü ve çok kötü şeklinde uzmanlar tarafından sözel değişkenlerle değerlendirilen niteliklerdir. Sözel değişkenlerle değerlendirilen kriterlerde kullanılan iki farklı ölçek Tablo 2'de gösterilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi bazı kriterler için 1-5 ölçeği, bazıları için 0-1 ölçeği kullanılmıştır. Bir ana dalın alt kriterlerinden en az bir tanesi normalize edilmiş veri içeriyor ise, uzman değerlendirmesi gerektiren kriterler için 0-1 ölçeği, aksi durumda klasik 1-5 ölçeği kullanılmıştır.

Tablo 2. Sözel değişkenler için kullanılan ölçekler

Sözel Değişkenler	Ölçek	Ölçek
Çok İyi	5	1
İyi	4	0.75
Orta	3	0.5
Kötü	2	0.25
Çok Kötü	1	0
	<ul style="list-style-type: none"> • HAYİK, • Yerde EH, • Uzak, • Yakın, • Uydu, • Keşif uçak, • İHA, • Entegre bilgi sistemleri, • Müşterek taktik resim kabiliyeti, • Planlama süreci, • İstihbarat, • Mobil paketler, • Bilgi ve karar destek sistemleri • Veri güvenliği, • Telli/Telsiz altyapı, • Uydu sistemleri, • Emniyet, • Bakım/Onarım kabiliyeti, • Yedek parça, • Kara ulaştırma 	<ul style="list-style-type: none"> • İntikal kabiliyeti, • Moral/motivasyon, • Eğitim seviyesi, • Tehdit ortamında hareket yeteneği, • Seyrû sefer ve yönlendirme sistemleri

İkinci grupta yer alan “sürat” gibi nitelikler harp oyunu jenerik dokümanlarından alınarak Tablo Ek-1’deki, uzman gruptan anket yöntemi ile elde edilen, ilgili normalizasyon formülünden geçirilip [0-1] aralığına normalize edildikten sonra modele dahil edilmiştir.

Üçüncü grup ise, uçaklar ve hava savunma sistemlerinin etkinlik değerleri olup KUMSAM’dan elde edilmiştir. KUMSAM silah sistemlerinin performans değerlerini “ağırlıklandırılmış normalize edilmiş sistem performansı” (AWSP - Adjusted weighted system performance) puanı şeklinde ifade etmektedir. Silah sistemlerinin AWSP değeri hem ağırlıklandırılmış hem de normalize edilmiş olduğundan direkt olarak toplanabilmekte ve ağırlıklandırmaya ihtiyaç duyulmamaktadır. Şöyle ki, “Taarruz” ve “Savunma” ana dallarının alt kriterleri KUMSAM değerleri kullanılarak hesaplandığından, ikili karşılaştırmalarla ağırlıklandırmaya ihtiyaç duyulmamıştır.

Bu yapıda değerler nispi oran olarak modele girilmiştir. Diğer bir deyişle, iki ülkenin kriterlerden aldıkları puanlar oranlanır, puanı oranın paydasında bulunan ülkenin kriter puanı “1”, diğer ülkenin puanı ise hesaplanan oran olur. Dolayısıyla, model kullanıcılarının, alıştıkları gibi “A ülkesi hava gücü B ülkesine göre 1’e 1.2 üstündür” şeklinde değerlendirme imkanına sahip olması sağlanmıştır.

Modelde sistem puanları (taarruz uçakları, SSM, savunma uçakları, uçaksavar, SAM, radarlar, HİK, hava ulaştırma ve meydan) ilgili sistem tipinin puanı ile o sistem tipinden bulunan adet çarpılarak hesap edilmiştir. Örneğin, A ülkesinde X ve Y taarruz uçak tiplerinden sırayla p ve q adet, B ülkesinde ise W uçak tipinden r adet bulunsun. Bu durumda A ülkesinin taarruz puanı $Taarruz_A = p.AWSP_X + q.AWSP_Y$ ve B ülkesinin taarruz puanı $Taarruz_B = r.AWSP_W$ olmuştur. Modele A ülkesi puanı 1, B ülkesi puanı ise $Taarruz_B / Taarruz_A$ olarak girilmiştir. “Sistem puanı” KUMSAM’dan ithal edilemeyen sistemler için (radarlar (yerde ihbar kontrol), HİK, hava ulaştırma ve meydan/altyapı) alt AHP modelleri kurulmuştur. Bu sistemler ile alt modellerinin bağlantıları Şekil 4’de ana modelin bir parçası olarak kesik çizgilerle gösterilmiştir. Bu sistemler için, ilk olarak her sistem tipinin puanları ayrı ayrı alt AHP modelleri ile elde edilmiştir. Örnek olarak, önce A ülkesinin CN-235 ve C-130 ulaştırma uçakları için ayrı ayrı hava ulaştırma alt modeli uygulanarak sistem tipi puanları elde edilmiştir. Daha sonra, taarruz uçak hesabı örneğindeki gibi (AWSP puanları yerine AHP modelinden elde edilen puanlar kullanılarak) nispi puan hesaplanmıştır.

3.2 Yazılım Desteği

Çalışma kapsamında, daha önce benzeri mukayese modelleri için JAVA programlama dili ve XML ile özgün, modüler, esnek ve tekrar kullanılabilir bir şekilde geliştirilmiş olan yazılım kullanılmıştır [11]. Bu yazılımda Harp Akademileri Komutanlığı’nda eğitimi desteklemek amacıyla harp oyunlarında kullanılan JTLS sisteminin veri tabanı ile etkileşime girerek simülasyon süresince gerçek zamanlı dinamik güç mukayesesi gerçekleştirebilecek yetenek mevcuttur. Yazılımın genel arayüzü Şekil 5’de sunulmuştur.

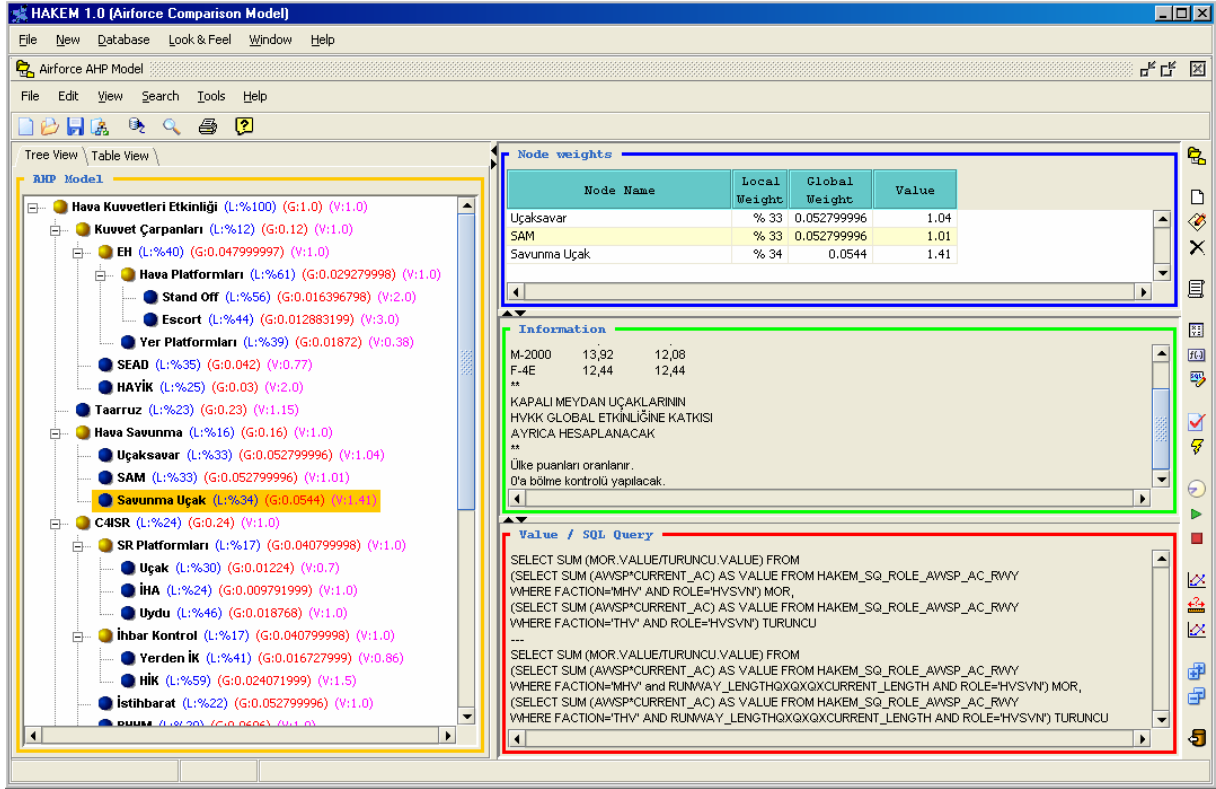
Yazılım üç özelliğiyle problem sahasının özel ihtiyaçlarını karşılamaktadır:

- Kriter değerleri, el ile girilebileceği gibi, JDBC (Java Database Connectivity) köprüsü ve kritere iliştirilen SQL (Standard Query Language) sorguları vasıtasıyla otomatik olarak JTLS veri tabanından alınabilmektedir.
- Yazılım, arzu edilen zaman aralıkları ile mukayese sonuçlarını yenilemekte ve elde edilen sonuçların zaman boyutunda incelenmesi ile kuvvetteki nispi değişimin eğilim analizini mümkün kılmaktadır.
- Modeller XML formatında saklanabilmekte, farklı modellerin aynı anda çalıştırılması ve harp oyunu ortamında denenmesi mümkün olmaktadır.

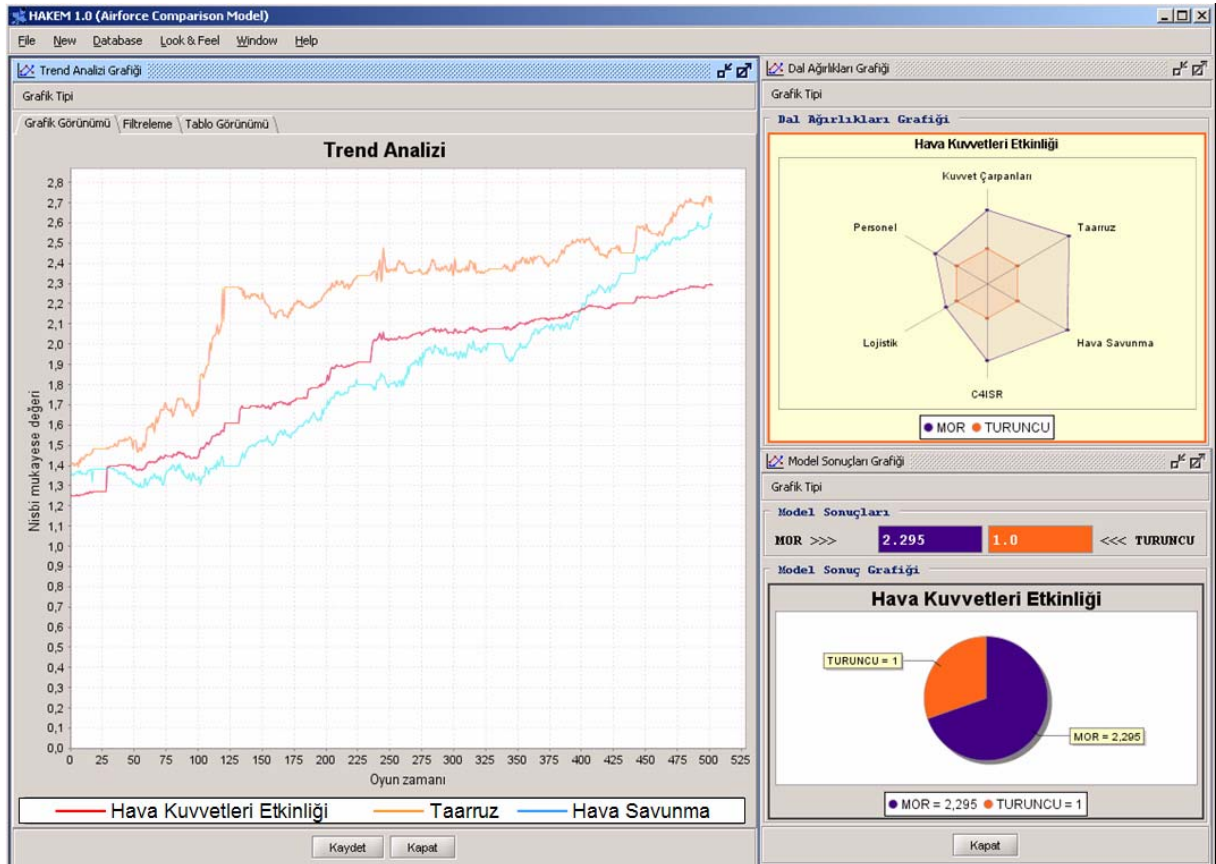
Geliştirilen bu yazılım sayesinde model ile ilgili iki farklı çıktı elde edilmektedir (Şekil 6):

- Cari duruma ilişkin olarak;
 - Yazılımın sağ üstünde görülen ağ grafik vasıtasıyla kriter ağacının seçilen seviyesinde üstünlük durumu ve
 - Sağ alt tarafındaki pasta grafik vasıtasıyla hava kuvvetleri seviyesinde nispi durum incelenebilmektedir.
- Nispi durumdaki değişimin zaman ölçeğinde grafiğe dökülmesi ile yazılımın sol tarafında görülen eğilim grafiği elde edilmektedir. Diğer bir ifade ile, eğilim grafiğinde A ülkesi hava gücünün B ülkesininkine göre mukayeseli üstünlüğünün zamana bağlı değişimi görülmektedir. Zamana bağlı değişim arzu edildiği takdirde kriter hiyerarşisinin en üst elemanları olan ana fonksiyon alanlarında (Kuvvet Çarpanları, K2MEBSİGK, Taarruz, Savunma, Personel, Lojistik) da detaylandırılmaktadır.

Hava Gücü Mukayesesi İçin Bulanık AHP Modeli



Şekil 5. Hava gücü mukayese yazılımı arayüzü



Şekil 6. Mukayese sonuçlarının grafikler ile gösterimi

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Hava harekâtı, teknolojik gelişmelere paralel olarak her geçen gün daha da karmaşık hale gelmektedir. Bu karmaşıklığın, planlama ve komuta kontrol süreçlerinde ortaya çıkardığı problemlere bilimsel çözümler bulunabilir. Bu kapsamda hava hareketinin merkezi kontrolünü gerçekleştiren BHHM'nin durum farkındalığı ihtiyacının iki ülke hava gücünün dinamik nispi mukayesesi ile giderilebileceği değerlendirilmiş, bir karar destek modeli ortaya koyulmuştur. Bu karar destek sistemi ile harp oyununda;

- Harekat esnasında her iki hava gücünün nispi mukayesesi sürekli olarak gerçekleştirilmiş,
- Veri tabanına direk bağlantı ile uçak kaybı, meydanın uçuşa kapatılması ve RADAR tahriri gibi kuvvet yapısındaki cari değişimler aynı anda mukayeseye yansıtılmış,
- Son nispi durum yanında, zaman ölçeğinde nispi değişimin grafiğe dökülmesi ile eğilim analizi yapılmış ve
- Elde edilen sonuçlar bir yansıda sürekli olarak BHHM personelinin kullanımına sunularak ilgili birimlerin bilgilendirilmesi ve durum farkındalığını arttırması sağlanmıştır.

Harp Oyunu uygulamasında, nispi durumun gerçek zamanlı olarak ortaya koyulması BHHM faaliyetlerine olumlu katkı sağlamıştır. Kayıplara karşı özellikle Cari Harekat Hava Savunma Kısımının reaksiyonu hızlanmış, sürekli bilgi akışı sağlanmış ve yazılım tarafından üretilen ağ ve eğilim grafikleri gerek BHHM gerekse Kontrol Karargâhı tarafından planlamalar ve durum değerlendirmesine ilişkin brifinglerde etkin olarak kullanılmıştır. Model tarafından sağlanan bilgi, belirsizlik ve zaman baskısı altında senaryoya uygun yapay girdilerle eğitime yön verme çabasındaki harp oyunu kontrol karargâhı için önemli destek sağlamıştır.

Ancak modelin gerçek bir harekatta canlı olarak uygulanması durumunda, düşman hava gücüne ait doğru bilginin süratli bir şekilde modele beslenmesinde önemli sıkıntılar olabileceği ve modelin işletilemeyebileceği göz ardı edilmemelidir. Mevcut K2MEBSİGK yapısı içerisinde modelin uygulamasının mümkün olmayacağı görülmektedir. Ancak, modernizasyon projeleriyle hedeflenen keşif mimarisi ve ağ destekli yetenekler ile, orta vadede, buna benzer modellerin BHHM içerisinde günde birkaç kez yenilenecek şekilde işletilmesinin mümkün olabileceği değerlendirilmektedir.

Bilimsel yöntemde model kurmayı da kapsayan teori oluşturma ve teorik buluş sezgisel bir süreçtir. Bu çerçevede geliştirilen modeller büyük oranda analizcinin yeteneği ve alan bilgisine bağlı olmaktadır [20]. AHP gibi analitik modellerin güvenilirlik ve geçerliliğini test etmek yine alan uzmanlarına kalmaktadır. Bu çerçevede; gerçekleştirilmiş olan

çalışmanın, harp oyunu esnasında dinamik bir ortamda elde edilen verilerin uzmanlara sunulması ve uzmanlardan alınacak geri besleme ile modellerin hassas ayarlarının yapılabilmesi için test ortamı olarak kullanılması da söz konusudur.

Sonuç olarak;

- Önerilen model ve yazılımın Bilimsel Karar Destek birimleri tarafından yapılacak değerlendirme ve geliştirme sonucunda diğer yöntemlerle birlikte kuvvet yapılanması ve harekât plânlamasına yönelik olarak kullanılmasının,
- Benzer modelleri harekat esnasında destekleyebilecek istihbarat ve bilgi altyapısına sahip olana kadar; Harp oyunlarında oyuncu ve kontrol karargâhları için karar destek sistemi olarak kullanılmasının,
- Konuyla ilgili gelecek çalışmalarda, modüler bir şekilde hazırlanan bu altyapı kullanılıp benzer bir yöntem takip edilerek kara ve deniz gücü mukayese modellerinin geliştirilmesinin faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

5. KAYNAKLAR

- [1] P. S. Melinger, "Air Strategy: Targeting for Effect", Aerospace Power Journal, Winter 1999.
- [2] D. S. Alberts, J. J. Garstka, R. E. Hayes, D. A. Signori, "Understanding Information Age Warfare", ISBN 1-893723-04-6, CCRP Publication, 2001.
- [3] H. Duman, "Nispî Güç Mukayesesi", HHA Araştırma-İnceleme Çalışması, Hrp.Akd.K.lığı Yenilevent/İstanbul, 2004.
- [4] "Birlik Etkinliklerinin Değerlendirilmesinde Harekat Etkinliği Metodu", (2001), KKYY 190-7(A), K.K.K, Ankara, 2001.
- [5] J. M. Regan, "TR-6863-1 The TASCFORM Methodology: A Technique For Assessing Comparative Force Modernization (Sixth Edition)", Arlington, Virginia, 1993.
- [6] A. Çakır, K. Leblebicioğlu, "Silah Etkinlik Katsayılarının Bulanık Mantık Yöntemi İle Tespit Edilmesi", SAVTEK-2004, 401-409, Ankara, 2004.
- [7] "Hava Gücü Analizi", Ders Yardımcı Yayını, Hv.Hrp.Akd.K.lığı Yenilevent/İstanbul, 1999.
- [8] "Equipment Potential Capability Comparisons Version 2.0 User's Guide", Office of the Secretary of Defense/Program Analysis and Evaluation, 1998.
- [9] Kuvvet Mukayese ve Silahlanma Eğilimi Analiz Modeli (KUMSAM), Gnkur. BİLKARDEM Bşk.lığı, Ankara, 2003.
- [10] R.K. Murphy, "Software Users Manual (SUM) for the Force Value Model V4.3 (Draft)", Lockheed

Martin Corporation/Tactical Aircraft Systems, Fort Worth, 2002.

[11] Kandakoğlu, A., Çanlı, H. and Polat, M, “Simülasyona Entegre Dinamik Hava Gücü Mukayesesi”, Savunma Teknolojileri Kongresi (SAVTEK-2006), 1-13, Ankara, 2006.

[12] P.C. Chang, C.P. Wang, B. J.C. Yuan, K.T. Chuang, “Forecast of development trends in Taiwan’s machinery industry”, Technological Forecasting & Social Change, 69, 781–802, 2002.

[13] T.L. Saaty, “The Analytic Hierarchy Process”, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1980.

[14] S. V. Omkarprasad, K. Sushil, “Analytic hierarchy process: An overview of applications”, European Journal of Operational Research, 169, 1-29, 2006.

[15] Van Laarhoven P.J.M. ve Pedrycz W., “A Fuzzy Extension of Satty’s Priority Theory”, Fuzzy Sets and Systems 11, 229–241, 1983.

[16] Buckley, J.J., “Fuzzy Hierarchical Analysis”, Fuzzy Sets and Systems 17, 233–247, 1985.

[17] Chang D. Y., “Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP”, European Journal of Operational Research 95, 649–655, 1996.

[18] Kahraman C., Ruan D., Cebeci U., “Multi-Attribute Comparison of Catering Service Companies Using Fuzzy AHP: The Case of Turkey”, International Journal of Production Economics 87, 171-184, 2004.

[19] Chang, D.Y., “Extent Analysis and Synthetic Decision, Optimization Techniques and Applications”, Vol. 1. World Scientific, Singapore, p. 352,1992.

[20] Kao, D., Norman, P.A., “Abstraction in Conceptual Modeling.” International Journal of Human Computer Studies, 12, 125-150, 1997.

EK

Tablo Ek-1. Kriter değerleri için normalizasyon fonksiyonları

No	Kriter	Normalizasyon fonksiyonu	Açıklama
1	Önleme Kapasitesi (ÖK)	$N_{OK} = \begin{cases} 0 & , \quad \text{ÖK} < 1 \\ \frac{\text{ÖK} - 1}{8} & , \quad 1 \leq \text{ÖK} < 9 \\ 1 & , \quad \text{ÖK} \geq 9 \end{cases}$	Radarin yakın kontrol önleme kapasitesi (adet)
2	Radar/HİK Menzili (RHM)	$N_{RHM} = \begin{cases} 0 & , \quad RHM < 20 \\ \frac{RHM - 20}{180} & , \quad 20 \leq RHM < 200 \\ 1 & , \quad RHM \geq 200 \end{cases}$	Radarin 10000 ft. için menzili, HİK’in maksimum menzili (deniz mili)
3	HİK Havada Kalış (HK)	$N_{HK} = \begin{cases} 0 & , \quad HK < 1 \\ \frac{HK - 1}{5} & , \quad 1 \leq HK < 5 \\ 1 & , \quad HK \geq 5 \end{cases}$	Bir sorti maksimum görev süresi (saat)
4	P/S (PS)	$N_{PS} = \begin{cases} 0 & , \quad PS < 1 \\ \frac{PS - 1}{0,75} & , \quad 1 \leq PS < 1,75 \\ 1 & , \quad PS \geq 1,75 \end{cases}$	Personel/sandalye oranı (oran)
5	Subay Kadro/Mevcut (SKM)	$N_{SKM} = \begin{cases} 0 & , \quad SKM < 0,48 \\ \frac{SKM - 0,48}{0,35} & , \quad 0,48 \leq SKM < 0,83 \\ 1 & , \quad SKM \geq 0,83 \end{cases}$	Subay kadro/mevcut oranı (oran)
6	Astsubay Kadro/Mevcut (ASKM)	$N_{ASKM} = \begin{cases} 0 & , \quad ASKM < 0,5 \\ \frac{ASKM - 0,4}{0,5} & , \quad 0,5 \leq ASKM < 0,9 \\ 1 & , \quad ASKM \geq 0,9 \end{cases}$	Astsubay kadro/mevcut oranı (oran)
7	Er/Erbaş Kadro/Mevcut (EKM)	$N_{SKM} = \begin{cases} 0 & , \quad EKM < 0,4 \\ \frac{EKM - 0,4}{0,35} & , \quad 0,4 \leq EKM < 0,75 \\ 1 & , \quad EKM \geq 0,75 \end{cases}$	Er/Erbaş kadro/mevcut oranı (oran)
8	Ulaştırma Menzili (UM)	$N_{UM} = \begin{cases} 0 & , \quad UM < 200 \\ \frac{UM - 200}{1000} & , \quad 200 \leq UM < 1200 \\ 1 & , \quad UM \geq 1200 \end{cases}$	Ulaştırma uçağının %75 yük ile maksimum menzili (deniz mili)

Hava Gücü Mukayesesi İçin Bulanık AHP Modeli

9	Sürat (S)	$N_s = \begin{cases} 0 & , S < 0 \\ \frac{S}{300} & , 0 \leq S < 300 \\ 1 & , S \geq 300 \end{cases}$	Ulaştırma uçağının ortalama seyir sürati (deniz mili)
10	Kapasite (K)	$N_k = \begin{cases} 0 & , K < 0 \\ \frac{K}{25} & , 0 \leq K < 25 \\ 1 & , K \geq 25 \end{cases}$	Ulaştırma uçağının maksimum yük kapasitesi (ton)
11	Pist (P)	$N_p = \begin{cases} 0 & , P < 2900 \\ \frac{P-2900}{4600} & , 2900 \leq P < 7500 \\ 1 & , P \geq 7500 \end{cases}$	Pist uzunluğu (ft.)
12	Shelter/Refüj (Sığınak-S)	$N_s = \begin{cases} 0 & , S < 0 \\ \frac{S}{U\check{C}K} & , 0 \leq S < U\check{C}K \\ 1 & , S \geq U\check{C}K \end{cases}$	Sığınak miktarı (adet) (UÇK : Meydana konuşlu uçak adedi)
13	KBRN Teçhizatı (KBRN)	$N_{KBRN} = \begin{cases} 0 & , KBRN < 0 \\ \frac{KBRN}{0,75} & , 0 \leq KBRN < 0,75 \\ 1 & , KBRN \geq 0,75 \end{cases}$	KBRN kadro/mevcut durumu (oran)
14	Yer Destek Teçhizatı (YDT)	$N_{YDT} = \begin{cases} 0 & , YDT < 0 \\ \frac{YDT}{0,75} & , 0 \leq YDT < 0,75 \\ 1 & , YDT \geq 0,75 \end{cases}$	Yer destek teçhizatı kadro/mevcut durumu (oran)
15	Pist Çabuk Onarım Ekibi (PÇOE)	$N_{P\check{C}OE} = \begin{cases} 0 & , P\check{C}OE < 0 \\ \frac{P\check{C}OE}{3} & , 0 \leq P\check{C}OE < 3 \\ 1 & , P\check{C}OE \geq 3 \end{cases}$	PÇOE adedi (adet)
16	Beton Blok (PÇOK)	$N_{P\check{C}OK} = \begin{cases} 0 & , P\check{C}OK < 108 \\ \frac{P\check{C}OK-108}{756} & , 108 \leq P\check{C}OK < 864 \\ 1 & , P\check{C}OK \geq 864 \end{cases}$	Beton blok adedi (adet)
17	EOD Ekibi (EOD)	$N_{EOD} = \begin{cases} 0 & , EOD < 0 \\ EOD & , 0 \leq EOD < 1 \\ 1 & , EOD \geq 1 \end{cases}$	EOD ekip adedi (adet)
18	Meydan Harici Yakıt (HR)	$N_{HR} = \begin{cases} 0 & , HR < 0 \\ \frac{HR}{23} & , 0 \leq HR < 23 \\ 1 & , HR \geq 23 \end{cases}$	Harici yakıt miktarı (gün)
19	Meydan Dahili Yakıt (DH)	$N_{DH} = \begin{cases} 0 & , DH < 0 \\ \frac{DH}{7} & , 0 \leq DH < 7 \\ 1 & , DH \geq 7 \end{cases}$	Dahili yakıt miktarı (gün)

ÖZGEÇMİŞLER

Hv.Plt.Kur.Yzb. Hakan ÇANLI

1974 yılında İzmir’de doğdu. İlköğrenimini İzmir’de tamamladı ve Maltepe Askeri Lisesi’nden 1992, Hava Harp Okulu’ndan 1996 yıllarında mezun oldu. 1996-1998 yılları arasında 2’nci Ana Jet Üs Uçuş.Eğt.Mrk. K.lığında pilotaj eğitimini tamamladı. 1998-2002 yılları arasında 2’nci Hv.K.K.lığı 202’nci A/K Filo K.lığında kol uçucusu olarak görev yaptı. Bu görevi

esnasında 2000-2002 yılları arasında ABD Hava Kuvvetleri Teknoloji Enstitüsü’nde (AFIT - Air Force Institute of Technology) Bilgisayar Mühendisliği yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2002-2004 yılları arasında Hv.K.K. Kur.Bşk.lığı Bilimsel Karar Destek Ş.Md.lüğü’nde görev yapmış olup bu sürede Hava Kuvvetleri Komutanlığının stratejik ve operatif seviye problemlerine yönelik hareket araştırması çalışmaları yaptı. 2004-2006 yılları arasında Harp Akademileri Komutanlığına kurmay subaylık eğitimi aldı. Halen, 2’nci HİBM K.lığında Konfigürasyon Proje Yönetim Şube Müdürü olarak görev yapmaktadır. İleri düzeyde

İngilizce bilen Hv.Plt.Kur.Yzb.Hakan ÇANLI, evli olup 5 yaşında bir oğlu vardır. Eşi MEB bağlı Türk Dili ve Edebiyatı öğretmeni olarak çalışmaktadır.

Hv.Müh.Üğm. Ahmet KANDAKOĞLU

1978 yılında Çankırı’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Karabük’de tamamladı. Hacettepe Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri Mühendisliği Bölümü’nden 2001 yılında mezun oldu. 2003-2006 yılları arasında Yıldız Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü’nde yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2006 yılından itibaren İTÜ Endüstri Mühendisliği Bölümü’nde doktora eğitimine devam etmektedir. 2006 yılında, yaptığı bir çalışma neticesinde 1’nci Savunma Bilimleri Araştırmaları Teşvik Ödülüne layık görüldü. Yazılım Mühendisliği, Bilişim Sistemleri, Bulanık Mantık, Askeri Simülasyon ve Modelleme konuları ile ilgilenmektedir. Halen Üsteğmen rütbesinde olup Harp Akademileri Komutanlığı Harp Oyunu ve Simülasyon Merkezi’nde Hava Muharebe Modelleri Programlama Subayı olarak görev yapmaktadır.