



## An analysis for the effects of different approaches used to determine expertise coefficients on improved fuzzy analytical hierarchy process method

Bekir Şahin\*<sup>ID</sup>, Devran Yazır<sup>ID</sup>

Department of Maritime Transportation and Management Engineering, Karadeniz Technical University, Trabzon, 61530, Turkey

### Highlights:

- Prioritization concept of expert opinions
- Improved fuzzy analytical hierarchy process method
- Moderator's assignments on the decision matrix

### Keywords:

- Expertise coefficients
- Improved fuzzy analytical hierarchy process
- Multicriteria decision making

### Article Info:

Research Article  
Received: 04.05.2017  
Accepted: 29.06.2017

### DOI:

10.17341/gazimmfd.416466

### Acknowledgement:

### Correspondence:

Author: Bekir Sahin  
e-mail:  
bekirsahin@ktu.edu.tr  
phone: 0 462 377 8066

### Graphical/Tabular Abstract

Data for decision science are derived from several sources such as reports, databases, etc. Multicriteria decision making methods mostly depend on expert consultations. However, it is increasingly argued that using survey responses create nonconfidence, unreliability and doubtfulness. In this study, we point this problem by discussing the prioritization concept of expert opinions. Different approaches are applied on improved fuzzy analytical hierarchy process method, and results are compared.

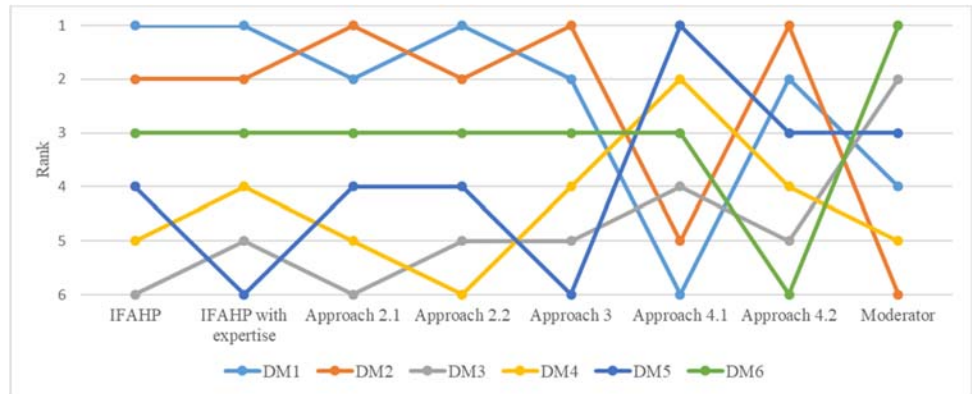


Figure A. Different rankings after applying different approaches for expertise coefficients

**Purpose:** The purpose of this study is to indicate the effects of four different approaches to the prioritization concept of expert opinions.

### Theory and Methods:

In this study, improved fuzzy analytical hierarchy process method as a decision making tool is preferred. Four different approaches are applied to analyze the observations.

### Results:

We show that all data relevant to expertise of decision makers in decision making can be transferred to the decision-making methods. We prove that expert coefficients and the moderator's assignments on the decision matrix affect and change the results in a huge amount.

### Conclusion:

The concept of expert prioritization should be considered by the researchers in the field of decision science comprehensively. New methods can be generated, and comparison studies are to be conducted.



## Uzmanlık katsayılarının belirlenmesinde kullanılan farklı yaklaşımların geliştirilmiş bulanık analitik hiyerarşi süreci metodu üzerindeki etkilerinin analizi

Bekir Şahin\*<sup>ID</sup>, Devran Yazır<sup>ID</sup>

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü, Trabzon, 61530, Türkiye

### Ö N E Ç İ K A N L A R

- Uzman görüşlerinin önceliklendirilmesi kavramı
- Geliştirilmiş bulanık analitik hiyerarşi süreci metodu
- Karar matrisine moderatör etkisi

### Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi  
Geliş: 04.05.2017  
Kabul: 29.06.2017

### DOI:

10.17341/gazimmfd.416466

### Anahtar Kelimeler:

Uzmanlık katsayısı,  
geliştirilmiş bulanık analitik  
hiyerarşi süreci,  
çok kriterli karar verme

### ÖZET

Bu çalışmada çok kriterli karar verme metodlarında sıklıkla kullanılan uzman görüşlerinin önceliklendirilmesi kavramının dört farklı yaklaşımı, geliştirilmiş bulanık analitik hiyerarşi süreci metodu üzerinde uygulanmıştır. Genellikle anketlere dayandırılarak yapılan çalışmalar hakkında uzmanların kim oldukları, ilgili konuya tam anlamıyla vakıf olup olmadıkları, eğitim, tecrübe durumları ve buna benzer soruların dile getirildiği görülmektedir. Literatürde (1) yıl ile ifade edilebilen kariyer, yaş veya tecrübe, (2) mezuniyet, eğitim ve sektörde çalışma durumu (3) karar matrisi tutarlılık katsayısının uzmanlık katsayısı olarak kullanılması ve (4) bahse konu anketteki sorulara göre uzmanlığın belirlenmesi, şeklinde dört farklı uzmanlık katsayısı belirleme yaklaşımı bulunmaktadır. Bu çalışmada her bir yaklaşım analiz edilerek geliştirilmiş bulanık analitik hiyerarşi süreci metodu içerisine yerleştirilmiştir. Sonuç itibarıyla uzman yargılarına dayanan karar verme problemlerinde uzmanlarla ilgili istenen tüm bilgilerin karar verme metoduna aktarılabilirdiği ortaya konmuştur. Uzman katsayıları ve karar matrisine moderatör etkisinin kriter ve alternatiflerin nihai ağırlıklarına ve sıralamasına kesinlikle etki ettiği ve sonuçları büyük ölçüde değiştirebildiği gözlemlenmiştir.

## An analysis for the effects of different approaches used to determine expertise coefficients on improved fuzzy analytical hierarchy process method

### H I G H L I G H T S

- Prioritization concept of expert opinions
- Improved fuzzy analytical hierarchy process method
- Moderator's assignments on the decision matrix

### Article Info

Research Article  
Received: 04.05.2017  
Accepted: 29.06.2017

### DOI:

10.17341/gazimmfd.416466

### Keywords:

Expertise coefficients,  
improved fuzzy analytical  
hierarchy process,  
multicriteria decision making

### ABSTRACT

In this study, four different approaches to the prioritization concept of expert opinions, which is frequently used in multi-criteria decision making methods, are applied to the improved fuzzy analytical hierarchy process method. In those studies which depend on the questionnaires, it is commonly asked that who these experts are, whether they are fully acquainted with the subject, and what their education level and experience status are. In the literature, there exist four different approaches to determine the expertise coefficients: (1) the year based career, age or experience, (2) graduation, education and experience in the sector, (3) using consistency coefficient of a judgment matrix as a coefficient of expertise, and (4) determination of expertise according to the questions in the questionnaire. In this study, each approach is analyzed, and embedded into the improved fuzzy analytical hierarchy process method. As a result, it is shown that all the data regarding to expertise of experts in decision making problems that is based on expert judgments can be transferred to the decision making method. It is observed that the expert coefficients and the moderator's assignments on the decision matrix definitely affect the final weights and rankings of the criteria and alternatives, and can change the results in a huge amount.

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: bekirsahin@ktu.edu.tr, dyazir@ktu.edu.tr / Tel: +90 462 377 8066

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Karar destek sistemlerinin tasarlanması ve geliştirilmesi son günlerde artan bir eğilime sahiptir. Uygulamada karar verme problemleri genellikle yeğleme (ödünleşim) esasına dayandığından dolayı uzman yargılarına dayanan karar süreçleri oldukça karmaşık ve uzman seçimi ise bir o kadar önemlidir [1]. Karar verme süreçlerinde uzmanlarda bazen problemi küçümseme, gereken önemi vermeme, gerçekten uzaklaşma, önyargılı veya fazla iyimser olma durumu gözlenebildiği gibi bazen de uzmanın bilgi veya tecrübesi problem için tamamen yetersiz olabilmektedir [2]. Uzmanlığa dayanan farklı problemler amaçlanan karar verme sürecinin tipine göre değişiklik arz edebilmektedir. Örneğin, lojistik sektöründe karşılaşılan teknolojik ürün seçimi probleminde, bu konuda yargısına başvuru uzmanın hem teknoloji, hem finans, hem de lojistik sektörü üzerine bilgisinin ve tecrübesinin olması beklenir. Ayrıca teknolojik alternatifler arasında seçim yaparken bu teknolojik ürünü kullanacak personel özellikleri, yatırımın şirkete getirisini-götürüsünü, müşteri memnuniyetini ve uzun vadeli kar marjını da karar verme sürecinde hesaba katmalıdır [3, 4]. Benzer şekilde çok özellikli bilgi gerektiren dar bir alanda yapılan bir çalışma için rastgele seçilen çok sayıda uzman görüşünün alınması yerine özel seçilmiş sadece o bilgiye sahip az sayıda uzman değerlendirmeleri bulguların akla yatkınlığı açısından daha mantıklı gözükmektedir.

Herhangi bir sektöre çözüm önerisi sunmak amacıyla ele alınan bir karar verme problemi her türlü belirsizlik ve karışıklıktan arındırılmalıdır. Sektör temsilcilerinin, okuyucuların ve problemle doğrudan veya dolaylı olarak ilgili kişilerin, bulguların kendilerini etkilemesi sebebiyle, yapılan çalışmada ankete katılan uzmanların ayırt edici özellikleri hakkında bilgi sahibi olmaları en doğal haklarıdır. Karar verme metodlarının uygulandığı çalışmaların büyük bölümünde uzmanlar özdeş yani birbirleriyle tamamen aynı kabul edilmekte ve birçok çalışmada bu uzmanların probleme ilişkin tüm konuyu yüzde yüz bildiği varsayılmaktadır [5]. Yani bilenle bilmeyen arasındaki o ayırım, tam olarak makaleye yansıtılmamaktadır. Uzman isimleri çoğu zaman makalelerde etik nedenlerden dolayı anonim olarak geçmekte, bazı çalışmalarda ise sadece sayı ile ifade edilmektedir. Nadir çalışmalarda ise uzmanların çalıştıkları yerler veya uzmanların ünvanları hakkında da bilgiler verilmektedir. Bu çalışmada, uzmanların ayırt edici özellikleri hakkında detayları ortaya koyan dört farklı yaklaşımın geliştirilmiş bulanık analitik hiyerarşi süreci (GBAHS) metoduna uygulanışı gösterilmiştir. Literatürde, genel olarak (i) sayı veya yıl ile ifade edilebilen kariyer, yaş veya tecrübe, (ii) eğitim durumları, mezuniyet ve sektördeki çalışma durumu (iii) uzmanlık katsayısının karar matrisi tutarlılık katsayısı olarak belirlenmesi ve (iv) uzmanlık alanlarına göre uzmanlığın belirlenmesi, şeklinde dört farklı uzmanlık katsayısı belirleme yaklaşımı bulunmaktadır. Makalede her bir yaklaşım için GBAHS metodunda uzman katsayılarının dâhil edilerek hesap edildiği sonuçlar ile uzman katsayılarının dâhil edilmeden derlendiği sonuçlar karşılaştırılmalı olarak analiz edilmiştir. Bu çalışma, pratikte

karar verme süreci problemine daha nesnel yaklaşılarak, sonuçların daha gerçekçi ve akla yatkın çıkmasına katkıda bulunmaktadır. Sonuç olarak çok uzmanlı karar verme problemlerinde uzmanlık katsayısı veya moderatörün etkisi problem sonucunu kesinlikle etkilemektedir. Çoğu durumda kriter veya alternatif ağırlıklarıyla birlikte sıralama da değişebilmektedir. Uzmanlık katsayısı yaklaşımlarından hangisinin kullanılacağı, problemin tipine, sektörün yapısına ve karar destek sisteminin tasarımına göre değişiklik arz etmekte, dolayısıyla nedensel altyapısını açıklamak koşulu ile moderatörün inisiyatifine bırakılmalıdır. Makalenin devamı şu şekilde organize edilmiştir: Karar verme metodlarındaki uzmanlık yaklaşımlarına ilişkin literatür taraması 2. Bölümde; GBAHS metodu ve uzmanlığın belirlenmesine ilişkin her bir yaklaşım, metodolojinin verildiği 3. Bölümde; her bir yaklaşımın GBAHS metodu üzerine ayrı ayrı uygulanışı 4. bölümde sunulmuştur. 5. bölümde bulguların analizi ve tartışma, 6. bölümde ise makalenin sonuç bölümüne yer verilmiştir.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI (LITERATURE REVIEW)

Çok kriterli karar verme metodları, tüm dünyada neredeyse tüm sektörlerde uygulanmıştır. Anketlere veya ikili görüşmelere dayandırılarak yapılan çalışmalarda uzman değerlendirmelerinden faydalanılmaktadır. Örneğin Büyüközkan ve Güleriyüz [6] Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ve Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) metodları yardımıyla lojistik firma web sitelerinin performanslarının çok kriterli değerlendirilmesinde, Aksakal ve Dağdeviren [7] AHS ve Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) yöntemleriyle yetenek yönetimi temelli personel atama problemlerinde, Üstün ve Anagün [8] AHS ile İstanbul'un ilçelerinin afet yönetimi açısından önem derecelerinin tespitinde uzman görüşlerine başvurmuştur. Örneğin, Yılmaz ve Şenol [9] bulanık AHS ve bulanık TOPSIS yöntemleriyle üç kişilik bir uzman grubuna anket uygulayarak iş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirmesi yaparken, Yerlikaya ve Arıkan [10] üç, Karabulut ve Öcalır-Akunal [11] on, İç vd. [12] üç, Kabak vd. [13] beş uzmanın, Delice [14] ise TOPSIS yönteminde kullanılmak üzere 180 deneğin görüşüne başvurmuştur. Bununla birlikte Yüksel [15], Büyüközkan ve Güleriyüz [6], Çetinkaya [16] ve Karaman [17] gibi birçok araştırmacının çalışmasında uzman sayıları belirtilmemiştir. Literatürde uzman sayılarının yanı sıra detaylı uzman özelliklerinin de belirtildiği çalışmalar mevcuttur. Örneğin, Miri vd. [18] ankete katılan uzmanların akademik ünvanlarını, hizmet yılını ve eğitim seviyelerini hesaba katan bir ağırlıklandırma sistematığı geliştirmiştir. Benzer yaklaşımlar, Şenol vd. [19], Kum ve Şahin [20] ve Yazdi vd. [21]'nin çalışmalarında mevcuttur. Bu yaklaşımlarda uzmanlığın özelliklerine ilişkin her durum (profesyonel pozisyon, iş tecrübesi, yaş, eğitim seviyesi gibi) ayrı ayrı sınıflandırılarak her sınıfa bir değer atanır. Normalize edilmiş toplam değerler her uzmanın katsayısı olarak belirlenir. Moderatöre de ayrıca beta katsayısı esnekliği sunulmaktadır. Uzmanlık katsayısının belirlenmesinde Bulut vd. [22] uzmanları önceliklendirecek bir yaklaşım sunmuştur. Bu yaklaşıma göre profesyonel

kariyer için harcanan süre, bir uzmanlık göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Buna benzer çalışmalardan bazıları Şahin ve Şenol [23] ve Satir [24] tarafından yapılmıştır.

Literatürde bir diğer yaklaşım, Sahin vd. [4], Bulut vd. [22] ve Bulut vd. [25]'nin çalışmalarıyla ortaya konmuştur. Buna göre, her karar vericinin karar matrisinin tutarlılık değeri, ilgili karar vericinin uzmanlık katsayısı olarak kullanılmaktadır. Geometrik tutarlılık indeksi olarak adlandırılan bu yaklaşım Aguarón ve Moreno-Jiménez [27] tarafından bulunmuştur. Sahin vd. [28], Sahin ve Yip [29] ve Sahin [30]'in çalışmalarında da bu yaklaşıma yer verilmiştir. Bununla birlikte bir başka yöntem de Şahin ve Bulut [31] tarafından önerilmiştir. Yaptığı çalışmada teknik ve finansal kriterleri ikiye ayırarak her bir uzmanın uzmanlık bilgisine göre derecelendirme yapmıştır. Bu çalışmada Şahin ve Bulut [31]'in çalışmasının daha genel hali ilk kez tanıtılmakta ve GBAHS metodunda uygulaması gösterilecektir. Uzmanlık katsayısının belirlenmesi yalnızca akademik makalelerde değil, uzman görüşlerine başvurulmuş araştırma projelerinde de söz konusu olmaktadır. Örneğin limanlar ve suyuolları risk değerlendirme çalışmalarında uzmanlara uzmanlık durumlarına göre 1, 2 ve 3 dereceleri ile ağırlıklar atanmaktadır [32].

### 3. METODOLOJİ (METHODOLOGY)

#### 3.1. Geliştirilmiş Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci Metodu (Improved Fuzzy Analytical Hierarchy Process Method)

Li vd. [33] tarafından geliştirilmiş olan GBAHS metodu, projelerin risk değerlendirmesi Chen [34] ile Sahin ve Kum [35]'un çalışmalarında, model geliştirme ve sistem dinamikleri analizi Feng vd. [36]'nin çalışmasında, sistem simülasyonu ve güvenilirlik değerlendirmesi Tang ve Gao [37]'nin çalışması gibi pek çok çalışmada kullanılmıştır. GBAHS, ikili karşılaştırma karar matrisini bulanık tutarlı karar matrisine aktarır, ayrıca normalleştirilmiş yığılma, karekök ve özvektör yöntemleri sürecini içerir. GBAHS'nin adımları aşağıda ifade edilmiştir. GBAHS metodu için (0,1~0,9) ölçekleri kullanılmıştır. Ölçekler ve anlamları Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Sayı ölçeği: (0,1-0,9) ve anlamı (Comparison Scale: (0.1-0.9) and its meaning)

$a_{ij}$	$a_{ij}$ nin önemi	$a_{ji}$
0,5	$a_i$ ile $a_j$ eşit önemde (EÖ) ise	0,5
0,6	$a_i$ , $a_j$ üzerinde hafif önceliğe (HÖ) sahip ise	0,4
0,7	$a_i$ , $a_j$ üzerinde güçlü önceliğe (GÖ) sahip ise	0,3
0,8	$a_i$ , $a_j$ üzerinde çok güçlü önceliğe (ÇGÖ) sahip ise	0,2
0,9	$a_i$ , $a_j$ üzerinde aşırı önceliğe (AÖ) sahip ise	0,1

Adım 1: Karşılaştırmalı karar matrisi  $F=(a_{ij})_{n \times n}$ 'dir.  $F(a_{ij}, a_{ji})$  matrisinin elemanları  $0 < a_{ij} < 1$ ,  $a_{ij} + a_{ji} = 1$ ,  $a_{ii} = 0.5$  özelliklerine sahiptirler.

Adım 2: Bulanık tamamlayıcı karar matrisi oluşturulur.  $F=(r_{ij})_{n \times n}$  bulanık tutarlı matris olarak listelenir, burada  $r_i$ ,

satırlar toplamı  $r_i = \sum_{j=1}^n r_{ij}$ ,  $r_j$ , F karar matrisinin sütunlarıdır  $r_j = \sum_{i=1}^n r_{ij}$  ve  $i, j = 1, 2, \dots, n$ .

Adım 3: Dönüşüm formülü  $r_i = [(r_i - r_j) / 2n] + 0.5$  satırların toplamını çözmek için kullanılır  $r_i = \sum_{j=1}^n f_{ij}$   $R=(r_{ij})_{n \times n}$  bulanık tutarlı yargılama matrisi  $F=(f_{ij})_{n \times n}$  bulanık karar matrisinden dönüştürülür.

Adım 4: Toplam metodu (Eş. 1) veya karekök metodu (Eş. 2) sıralama vektörünü elde etmek için kullanılır.

$$W^{(0)} = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T = [(\sum_{j=1}^n e_{1j} / \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n e_{ij}), (\sum_{j=1}^n e_{2j} / \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n e_{ij}), \dots, (\sum_{j=1}^n e_{nj} / \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n e_{ij})]^T \quad (1)$$

$$W^{(0)} = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T = [(\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n e_{1j}} / \sum_{j=1}^n \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n e_{ij}}), (\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n e_{2j}} / \sum_{j=1}^n \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n e_{ij}}), \dots, (\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n e_{nj}} / \sum_{j=1}^n \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n e_{ij}})]^T \quad (2)$$

Adım 5:  $e_{ij} = r_{ij} / r_{ji}$  dönüşüm formülü ters matrisi elde etmek için kullanılır.  $E=(e_{ij})_{n \times n}$  bulanık tamamlayıcı karar matrisinden dönüştürülür  $R=(r_{ij})_{n \times n}$  Sıralama vektörünün yüksek doğruluğu  $V_0$  özdeğer yöntemi olarak bilinen  $W^{(0)}$  kullanılarak çözülmüştür. İterasyon başlangıç değeri  $V_0$  olmak üzere,  $V_{k+1}$  özvektörünü ve sonsuz normu  $\|V_{k+1}\|_\infty$  bulmak için  $V_{k+1} = EV_k$  iterasyon formülü kullanılır.  $\|V_{k+1}\|_\infty - \|V_k\|_\infty < \epsilon$  olana kadar  $V_{k+1} = \lambda_{\max}$  en büyük öz değerdir.  $V_{k+1}$ , Eş. 3 ile normalleştirilir.

$$V_{k+1} = [(V_{k+1,1} / \sum_{i=1}^n V_{k+1,i}), (V_{k+1,2} / \sum_{i=1}^n V_{k+1,i}), \dots, (V_{k+1,n} / \sum_{i=1}^n V_{k+1,i})]^T \quad (3)$$

Adım 6:  $V_k = [(V_{k+1} / \|V_{k+1}\|_\infty) = (V_{k+1,1} / \|V_{k+1}\|_\infty, V_{k+1,2} / \|V_{k+1}\|_\infty, \dots, V_{k+1,n} / \|V_{k+1}\|_\infty)^T$  alınır ve sıralama vektörü  $W^{(k)} = V_{i+1}$  olmak üzere hesaplama tamamlanmış olur. Burada  $V_k$  yeni iteratif başlangıç değeridir.

#### 3.2. Uzmanlık Katsayılarının Belirlenmesinde Kullanılan Yaklaşımlar

(Approaches Used for Determining the Expertise Coefficients)

##### 3.2.1. Yaklaşım 1. Sayı veya yıl ile ifade edilebilen kariyer, yaş veya tecrübe

(Approach 1. Career, age or experience that symbolizes with a number or year)

GBAHS metodu için, uzman önceliği olarak çarpan  $\lambda$  katsayısı bireysel matrislerin toplanması için yürütülür.  $a_{ij} > 0$ ,  $a_{ij} \times a_{ji} = 1$  ve  $A=(a_{ij})_{n \times n}$  bir karar matrisi olduğu varsayıldığında, A karar matrisinden önceliklendirme metodunu kullanarak bir öncelik vektörü olan  $w=(w_1, w_2, \dots, w_n)^T$  elde edilmiştir. Burada  $w_i \geq 0$  ve  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ ,  $D=\{d_1, d_2, \dots, d_m\}$  karar vericiler kümesi ve  $\lambda=\{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m\}$  ise her bir karar vericinin ağırlık vektörüdür. Ayrıca  $\lambda_k > 0$ ,  $k=1, 2, \dots, m$  ve  $\sum_{k=1}^m \lambda_k = 1$ 'dir.

$E=\{e_1, e_2, \dots, e_m\}$  her karar verici için meslek kariyeri tecrübelerinden biridir ve  $\lambda_k$  her bir karar verici için  $\lambda_k = e_k / \sum_{k=1}^m e_k$  şeklinde tanımlanmıştır.  $A^{(k)}=(a^{(k)}_{ij})_{n \times n}$ , karar vericiden elde edilen karar matrisi,  $w^{(k)}_i$  ise her karar verici için aşağıdaki gibi hesaplanan ölçütlerin öncelik vektörüdür (Eş. 4).

$$w^{(k)}_i = (\prod_{j=1}^n a_{ij})^{1/n} / \sum_{i=1}^n (\prod_{j=1}^n a_{ij})^{1/n} \quad (4)$$

Uzmanların öncelikler toplamı Eş. 5'te verildiği şekildedir:

$$w^{(w)}_i = (\prod_{k=1}^m (w^{(k)}_i)^{\lambda_k} / \sum_{i=1}^n \prod_{k=1}^m (w^{(k)}_i)^{\lambda_k} \quad (5)$$

### 3.2.2. Yaklaşım 2. Eğitim, mezuniyet ve sektöre özgü çalışma durumu

(Approach 2. Education, graduation and sector-specific working situations)

Bu çalışmada uzmanlar eğitim, mezuniyet ve sektördeki çalışma durumuna göre iki farklı şekilde önceliklendirilebilir. Bunlardan ilki, uzmanlık kriterlerini önceden belirlenmiş bir ölçüğe uygun olarak belirleyip normalize değerler kullanarak uzman ağırlığının saptanmasıdır. İkincisinde ise Miri vd. [18], Senol vd. [19], Kum ve Sahin [20], Yazdı [21] ve Senol ve Sahin [38] çalışmalarında olduğu gibi uzman katsayılarının vermiş olduğu kararlar üzerinde uzlaşmanın aranması şekliyle yapılan yaklaşımdır. Bu yaklaşım aşağıda detaylarıyla izah edilmiştir.

Tecrübe ve bilgiye bağlı olarak farklı görüşlere sahip olan uzmanlar farklı kararlar verebilirler. Burada önemli olan bütün kararları toplamak ve bir uzlaşma elde etmektir. Hsu ve Chen [39] hem homojen hem de heterojen grup kararlarını toplamaya yönelik bir algoritma önermişlerdir. Her uzmanın  $E_k$  ( $k=1,2,\dots,M$ ) kendi görüşünü belirli bağlamda önceden belirlenmiş sözel terimlerle ifade ettiği varsayılmaktadır. Dilsel terimler, aşağıda açıklanan uygun algoritma ile bulanık sayılara dönüştürülür.

Adım 1: Benzerlik derecesi:

S sembolü, R sembolüyle belirtilen uzman görüş birliğinin benzerlik derecesini ifade etmektedir.  $S_{uv}(\tilde{R}_u, \tilde{R}_v) \in [0,1]$  iken  $E_u$  ve  $E_v$  uzmanlara ait  $\tilde{R}_u$  ve  $\tilde{R}_v$  görüşlerinin benzerlik dereceleri hesaplanacaktır.  $\tilde{R}_u=(r_{u1}, r_{u2}, r_{u3}, r_{u4})$  ve  $\tilde{R}_v=(r_{v1}, r_{v2}, r_{v3}, r_{v4})$  iki standart yamuksal bulanık sayıdır. Bu iki uzman görüşü arasındaki benzerlik oranı, aşağıda belirtilen benzerlik fonksiyonuyla hesaplanmaktadır: Burada  $S(\tilde{R}_u, \tilde{R}_v) \in [0,1]$  ve  $S(\tilde{R}_u, \tilde{R}_v)$  değerinin büyük olması, bu iki bulanık sayı arasındaki benzerliğin daha fazla olduğu anlamını verir.  $S(\tilde{R}_u, \tilde{R}_v)=1$  ise uzmanların fikirlerinin aynı olduğu anlamındadır.

Adım 2: Uzmanların ortalama anlaşma derecesi  $AA(E_u)$  Eş. 6'da sunulmuştur.

$$AA(E_u) = [1/(N-1)] \sum_{u \neq v, v=1}^N S(\tilde{R}_u, \tilde{R}_v) \quad (6)$$

Burada N, uzmanların toplam sayısıdır.

Adım 3: Uzmanların nispi anlaşma derecesi  $RA(E_u)$  Eş. 7 ve Eş. 8 ile izah edilmiştir.

$$E_u (u=1,2, \dots, N) \quad (7)$$

$$RA(E_u) = AA(E_u) / \sum_{u=1}^N AA(E_u) \quad (8)$$

Adım 4: Uzmanın  $CC(E_u)$ , o konudaki uzlaşma katsayısı (CC) derecesi Eş. 9'da vermiştir.

$$CC(E_u) = \beta \cdot w(E_u) + (1-\beta) \cdot RA(E_u) \quad (9)$$

Burada,  $\beta$ , esneklik faktörüdür ve ( $0 \leq \beta \leq 1$ ).  $\beta$ ,  $w(E_u)$ 'nun  $RA(E_u)$  üzerindeki önemini belirtir. Eğer  $\beta=0$  ise uzmanlık katsayısı hesaba katılmamakta,  $\beta=1$  olduğu zaman uzlaşma derecesi katsayısı, uzmanlık katsayısı ile aynı kabul edilmektedir. Miri vd. [18]'e göre her uzmanın uzlaşma derecesi katsayısı, uzman görüşünün göreceli değerini ölçen iyi bir ölçümdür.  $\beta$  değerini saptamak moderatörün sorumluluğundadır.

Adım 5: Uzman görüşlerinin bir araya getirilmesi ( $\tilde{R}_{AG}$ ) Eş. 10 ile sağlanmıştır.

$$\tilde{R}_{AG} = CC(E_1) \times \tilde{R}_1 + CC(E_2) \times \tilde{R}_2 + \dots + CC(E_M) \times \tilde{R}_M \quad (10)$$

### 3.2.3. Yaklaşım 3. Uzmanlık katsayısında karar matrisi tutarlılık katsayısının kullanılması

(Approach 3. Use of consistency index in judgment matrix as an expertise coefficient)

Bu yaklaşım satır geometrik ortalama metodundan biçimlendirilen geometric consistency index (GCI) yani geometrik tutarlılık indeksine dayanmaktadır [27, 40]. Klasik AHS yöntemi için GCI, karar matrislerinin tek tek tutarlılığını ölçmek için önerilir. Geometrik tutarlılık indeksi Eş. 11'deki gibi hesaplanır.

$$GCI(A) = [2/((n-1)(n-2))] \sum_{i < j} (\log^2(e_{ij})) \quad (11)$$

$GCI(A)=0$  olduğu zaman, A'nın tamamen tutarlı olduğu düşünülür. Aguarón ve Moreno-Jiménez [27] aynı zamanda diğer durumları da şu şekilde belirtmiştir.  $n=3$  için  $GCI=0.31$ ,  $n=4$  için  $GCI=0.35$ ,  $n>4$  için  $GCI=0.37$ 'dir. Her bir karar matrisinin geometrik tutarlılık indeksi bulunduğundan sonra Eş. 12'de belirtildiği gibi her bir uzman için normalize  $I_k$  değeri bulunur.

$$I_k = 1/GCI_k \quad (12)$$

$$\lambda_k = I_k / \sum_{k=1}^m I_k \quad (13)$$

Eş. 13'ten de görüleceği gibi  $I_k$ ,  $GCI_k$ 'nin normalizasyonunun tersi olup  $\lambda_k > 0$ ,  $k=1,2,\dots,m$  ve  $\sum_{k=1}^m \lambda_k = 1$

### 3.2.4. Yaklaşım 4. Uzmanlık alanlarına göre uzmanlığın belirlenmesi

(Approach 4. Determining the expertise based on expertise field)

Klasik çok kriterli karar verme yöntemleri, uzmanların her kriter veya alternatifler hakkındaki bilgi düzeyini dikkate almamaktadır. Bununla birlikte, uzmanların karar verme problemlerinde birbirlerinden farklı bilgi ve deneyimi olabilmektedir. Bu nedenle, uzmanların her kriter için bilgi düzeylerinin sıralanması gerekir. Daha sonra bu veriler, ikili karşılaştırmalı matrisleri için ilgili kriterlerin katsayısını hesaplamak için kullanılır. Geleneksel çok kriterli karar

verme yöntemleri ile ilgili literatürde yapılan çalışmaların çoğu, hesaplama olsun ya da olmasın kriterlerin kendine özgü ayırıcı niteliğinden bahsetmemektedir. Bazı kriterler sayısal verilerle belirtilirken bazılarında dilsel ifadeler kullanılabilir.

$A=(a_{ij})_{n \times n}$ , burada  $a_{ij} > 0$  ve  $a_{ij} \times a_{ji} = 1$  karar matrisidir. Önceliklendirme yöntemi, ölçütlerin bir katsayı vektörünün türetilmesi işlemine atıfta bulunmaktadır.  $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ , burada  $w_i \geq 0$  ve  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$  karar matrisinden  $M = m_1, m_2, \dots, m_n$  karar belirteçleri kümesi ve  $\delta = \delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$  karar belirteçlerinin katsayı vektörü burada  $\delta_t > 0, t = 1, 2, \dots, n$  ve  $\sum_{t=1}^n \delta_t = 1$ . Her bir bireysel yargıya eşit derecede ağırlık verilmediğinden, ağırlıklı geometrik ortalama, bireysel karar matrisinin toplanması olarak kabul edilir [39]. Bunun matematiksel algoritması aşağıdaki gibidir:

$$w^{(w)}_i = (\prod_{t=1}^m w^{(t)}_i)^{\delta_t} / \sum_{i=1}^n (\prod_{t=1}^m w^{(t)}_i)^{\delta_t} \quad (14)$$

Burada  $w^{(w)}_i$  toplam ağırlık vektörüdür. Her bir kriter için ağırlıklar bulunduktan sonra GBAHS metodu adım adım uygulanır.

#### 4. UYGULAMA (APPLICATION)

Uzmanlık katsayısının belirlenmesine yönelik literatürde yer alan dört yaklaşım GBAHS metoduna uyarlanarak hesaplanmıştır. Uzman katsayılarını belirleme yaklaşımlarının kullanılmasıyla hesap edilen ağırlık ve sıralamalar, uzman katsayısının kullanılmadığı sonuçlarla yani ilk durumla karşılaştırılmıştır.

#### 4.1. Yaklaşım 1. Sayı veya Yıl ile İfade Edilebilen Kariyer, Yaş veya Tecrübe (Approach 1. Career, Age or Experience that Symbolizes with a Number or Year)

Tablo 2’de üç karar vericinin tecrübeleri sırasıyla 5, 12 ve 26 yıl olarak belirtilmiştir. Uzmanlık katsayıları ise herbirinin toplam uzmanlık yılına bölünmesiyle tespit edilmiştir.

**Tablo 2.** Karar vericilerin yıl bazında tecrübeleri ve ilgili uzmanlık katsayıları  
(Experience of experts based on year and relative expertise coefficients)

	Karar Verici 1	Karar Verici 2	Karar Verici 3
Tecrübe (Yıl)	5	12	26
Uzmanlık katsayısı	0,1163	0,2791	0,6047

Herbir karar verici, Tablo 1’deki ölçeği esas alarak Tablo 3’teki gibi dilsel ifadeler ile kriterler üzerinde görüşlerini belirterek değerlendirmede bulunmuşlardır. Herbir dilsel ifadeye karşılık gelen değerler ise Tablo 4’te belirtilmiştir. Eş, 2’deki formül ile uzman ağırlıklarının dâhil edildiği ortalama grup karar matrisi Tablo 5’teki gibi elde edilmiştir.

Uzman ağırlıklarının dâhil edilmediği ortalama grup karar matrisi Tablo 6’da verilmiştir. Görüldüğü gibi Tablo 5, Tablo 6’dan farklıdır. Bu farklılığın nedeni, herbir karar vericinin yapmış olduğu ikili karşılaştırma değerlendirmelerine uzmanlık katsayısının da dâhil edilmesidir.

**Tablo 3.** Karar vericilerin ikili karşılaştırmalarda kullandığı dilsel ifadeler  
(Linguistic expressions of decision makers for each pairwise comparison)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
Karar Verici 1	K1	EÖ	HÖ	GÖ	GÖ	GÖ
	K2		EÖ	HÖ	GÖ	EÖ
	K3			EÖ	EÖ	EÖ
	K4				EÖ	EÖ
	K5			AÖ		EÖ
	K6					
Karar Verici 2	K1	EÖ	EÖ	HÖ	EÖ	HÖ
	K2		EÖ	HÖ	EÖ	HÖ
	K3			EÖ	HÖ	EÖ
	K4				EÖ	EÖ
	K5					EÖ
	K6					
Karar Verici 3	K1	EÖ	GÖ	HÖ	EÖ	HÖ
	K2		EÖ	GÖ	HÖ	EÖ
	K3			EÖ	EÖ	AÖ
	K4				EÖ	EÖ
	K5					EÖ
	K6					

**Tablo 4.** Karar vericilerin ikili karşılaştırmalarla kriterler üzerindeki karar matrisleri  
(Judgement matrices of decision makers on criteria by pairwise comparisons)

		K1	K2	K3	K4	K5	K6
Karar Verici 1	K1	0,50	0,60	0,70	0,70	0,70	0,10
	K2	0,40	0,50	0,60	0,70	0,50	0,50
	K3	0,30	0,40	0,50	0,50	0,10	0,50
	K4	0,30	0,30	0,50	0,50	0,50	0,50
	K5	0,30	0,50	0,90	0,50	0,50	0,50
	K6	0,90	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Karar Verici 2	K1	0,50	0,50	0,60	0,50	0,50	0,60
	K2	0,50	0,50	0,60	0,50	0,60	0,60
	K3	0,40	0,40	0,50	0,60	0,50	0,50
	K4	0,50	0,50	0,40	0,50	0,50	0,50
	K5	0,50	0,40	0,50	0,50	0,50	0,50
	K6	0,40	0,40	0,50	0,50	0,50	0,50
Karar Verici 3	K1	0,50	0,70	0,60	0,50	0,50	0,60
	K2	0,30	0,50	0,70	0,60	0,50	0,50
	K3	0,40	0,30	0,50	0,50	0,90	0,50
	K4	0,50	0,40	0,50	0,50	0,50	0,50
	K5	0,50	0,50	0,10	0,50	0,50	0,50
	K6	0,40	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

**Tablo 5.** Karar vericilerin kriterler için uzmanlık katsayılarının dâhil edildiği toplam ağırlıklı karar matrisi  
(Total aggregated judgment matrix of decision makers involving expertise coefficients for each criterion)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	0,50	0,63	0,61	0,52	0,52	0,49
K2	0,36	0,50	0,66	0,58	0,53	0,53
K3	0,39	0,34	0,50	0,53	0,59	0,50
K4	0,47	0,41	0,47	0,50	0,50	0,50
K5	0,47	0,47	0,20	0,50	0,50	0,50
K6	0,44	0,47	0,50	0,50	0,50	0,50

**Tablo 6.** Karar vericilerin kriterler için uzmanlık katsayılarının dâhil edilmediği toplam ağırlıklı karar matrisi  
(Total aggregated judgment matrix of decision makers excluding expertise coefficients for each criterion)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	0,50	0,60	0,63	0,57	0,57	0,43
K2	0,40	0,50	0,63	0,60	0,53	0,53
K3	0,37	0,37	0,50	0,53	0,50	0,50
K4	0,43	0,40	0,47	0,50	0,50	0,50
K5	0,43	0,47	0,50	0,50	0,50	0,50
K6	0,57	0,47	0,50	0,50	0,50	0,50

Örneğin, Tablo 5'te K1 ile K2'nin ikili karşılaştırma toplam ağırlıklı değeri 0,63 olarak bulunmuştur. Bu değer  $0.60^{0.1163} \cdot 0.50^{0.2791} \cdot 0.70^{0.6047} = 0.6259 \approx 0.63$  eşitliğinden elde edilir. Burada karar vericilerin herbir karar için kendi uzmanlık katsayıları sonuca dâhil edilmektedir. Uzmanlık katsayılarının dâhil edilmediği Tablo 6'da ise sonuç, karar vericilerin kararlarının ortalaması alınarak bulunmuştur  $(60+50+70)/3=60$  diğer yaklaşımlara ait tüm uygulamalar da benzer şekilde yapılmaktadır. Uzman katsayıları dâhil edilerek ve edilmeyerek kriterler üzerindeki uzman değerlendirmeleri GBAHS metodunda uygulanarak Tablo 7'de karşılaştırılmıştır. Uzman katsayılarının dâhil edilmesi durumunda ağırlıkların ve sıralamanın değiştiği gözlemlenmiştir.

#### 4.2. Yaklaşım 2. Eğitim, Mezuniyet ve Sektöre Özgü Çalışma Durumu

(Approach 2. Education, Graduation and Sector-Specific Working Situations)

Bu yaklaşıma göre uzmanın aldığı eğitim, mezuniyet durumu, elde ettiği sertifikalar, sektöre özel çalışma durumları gibi ilgili alanda uzmanlığını gösterebilecek bazı değişkenler yer almaktadır. Her değişkenin alt birimleri ve puan durumları yer almaktadır. Örneğin, Miri [18], profesyonel pozisyon, hizmet süresi ve eğitim seviyesini ele alırken Yazdı vd. [21], ölçeğinde profesyonel pozisyon, iş tecrübesi, eğitim ve yaş değişkenlerini kullanmıştır. Tablo 8'de Kum ve Sahin [20] ve Şenol vd. [19]'de yer alan ölçeğe

benzer denizcilik sektörü için örnek olabilecek bir ölçek geliştirmişlerdir. Bu ölçeğin oluşturulması ve puan atamaları çalışmayı yürütenin inisiyatifinde olup, problemin tipine, sektörün ihtiyaçlarına ve hitap eden kitleye göre belirlenmektedir. Literatürde kullanılan ölçekler farklılıklar arzedeabilmektedir. Moderatör, problemde kullandığı ölçeği nasıl ve neden hazırladığını izah etmekle birlikte puanlamamın gerekçelerini de belirtmektedir.

#### 4.2.1. Katsayının doğrudan kullanılması şeklindeki yaklaşım (An approach that processes the coefficient directly)

Eğitim, mezuniyet ve sektördeki çalışma durumu gibi değişkenlerin yer aldığı ölçekten elde edilen uzmanlık ağırlıkları doğrudan GBAHS metodunda kullanılabilir. Örneğin denizcilik sektöründe yer alan üç karar vericiye ait özellikler ve uzmanlık katsayısı Tablo 9’da belirtilmiştir.

**Tablo 7.** Ağırlık ve sıralama için karşılaştırma vektörleri (Comparison vectors of final weights and rankings)

	Uzman katsayılarının dâhil edildiği		Uzman katsayılarının dâhil edilmediği	
	Ağırlıklar	Sıralama	Ağırlıklar	Sıralama
K1	0,1851	1	0,1838	1
K2	0,1781	2	0,1772	2
K3	0,1607	5	0,1540	6
K4	0,1613	4	0,1556	5
K5	0,1504	6	0,1608	4
K6	0,1644	3	0,1685	3

**Tablo 8.** Karar vericilerin uzmanlık katsayılarını belirlemede kullanılan ölçek: Denizcilik sektörü için örnek  
(The scale used to determine expertise coefficients of decision makers: An example for maritime sector)

Profesyonel Pozisyonu	Akademisyen	5
	Şirket Operasyon Müdürü	4
	Enspektör	3
	Kaptan	2
	Uzakyol Vardiya Zabiti	1
Deniz Hizmet Süresi	≥15	5
	10 - 14	4
	5 - 9	3
	2 - 4	2
	<2	1
Kara Hizmet Süresi	>22	5
	17 - 22	4
	11 - 16	3
	4 - 10	2
	≤3	1
Eğitim Seviyesi	Doktora	5
	Yüksek Lisans	4
	Lisans	3
	Önlisans	2
	Lise	1

**Tablo 9.** Karar vericilere ait özellikler ve ağırlık katsayısı: Denizcilik sektöründe çalışanlara ilişkin örnek  
(Particulars of decision makers and expertise coefficients: An example related to workers in maritime sector)

Karar Verici	Profesyonel Pozisyonu	Deniz Hizmet Süresi	Karada Çalışma Süresi	Eğitim Seviyesi	Ağırlık Faktörleri				Toplam	Uzmanlık Katsayısı
1	Kaptan	≥15	≤3	Lisans	2	5	1	3	11	0,31
2	Şirket Operasyon Müdürü	<2	>22	Yüksek Lisans	4	1	5	4	14	0,40
3	Akademisyen	0	0	Doktora	5	0	0	5	10	0,29



Eş. 2’de yer alan formüle doğrudan uzmanlık katsayıları dâhil edildiğinde bulunan matris Tablo 10’da sunulmuştur.

Tablo 9’da yer alan ağırlık katsayıları kullanılarak bulunan ağırlık ve sıralama vektörleri, uzmanlık katsayılarını kullanılmadığı sonuçlarla Tablo 11’de karşılaştırılarak ağırlıkların ve sıralamanın değiştiği gözlemlenmiştir.

#### 4.2.2. Uzman yargılarının karşılaştırmalı olarak uzlaşısının arandığı yaklaşım

(An approach that seeks the consensus of expert judgments in a comparative way)

Bu yaklaşımda metodoloji bölümünün 3.2.2. *Yaklaşım 2. Eğitim, mezuniyet ve sektördeki çalışma durumu* kısmında yer alan adımlar kullanılmaktadır. Yamuksal bulanık sayı olarak atanan uzmanların kararları ikili karşılaştırmalar

yapılarak aralarında uzlaşma olup olmadığı araştırılmaktadır. Bu çalışmada uzman kararları Tablo 1’de sunulduğu gibi tek bir sayı ile ifade edildiğinden yukarıda adigeçen yaklaşıma dönüştürülerek hesaplanmıştır. Tablo 12’de karar vericilerin kriterler için toplam ağırlıklı karar matrisi sunulmaktadır. Tablo 13’te bulunan sonuçlar, uzman katsayılarının dâhil edilmediği ilk durumla karşılaştırılmıştır.

#### 4.3. Yaklaşım 3. Uzmanlık Katsayısında Karar Matrisi Tutarlılık Katsayısının Kullanılması

(Approach 3. Use of Consistency Index in Judgment Matrix as an Expertise Coefficient)

Bu yaklaşımda uzmanların karar matrisinin tutarlı olup olmadığı soruşturulmaktadır. Aguarón ve Moreno-Jiménez tarafından önerilen geometrik tutarlılık indeksi bir matrisin

**Tablo 10.** Karar vericilerin kriterler için toplam ağırlıklı karar matrisi  
(Total aggregated judgment matrix of decision makers for each criterion)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	0,50	0,58	0,63	0,56	0,56	0,34
K2	0,40	0,50	0,63	0,59	0,54	0,54
K3	0,37	0,37	0,50	0,54	0,36	0,50
K4	0,43	0,40	0,46	0,50	0,50	0,50
K5	0,43	0,46	0,38	0,50	0,50	0,50
K6	0,51	0,46	0,50	0,50	0,50	0,50

**Tablo 11.** Ağırlık ve sıralama için karşılaştırma vektörleri (Comparison vectors of final weights and rankings)

	Uzman katsayılarının dâhil edildiği		Uzman katsayılarının dâhil edilmediği	
	Ağırlıklar	Sıralama	Ağırlıklar	Sıralama
K1	0,1807	2	0,1838	1
K2	0,1821	1	0,1772	2
K3	0,1511	6	0,1540	6
K4	0,1590	5	0,1556	5
K5	0,1578	4	0,1608	4
K6	0,1693	3	0,1685	3

**Tablo 12.** Karar vericilerin kriterler için toplam ağırlıklı karar matrisi  
(Total aggregated judgment matrix of decision makers for each criterion)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	0,50	0,59	0,63	0,56	0,56	0,48
K2	0,41	0,50	0,63	0,59	0,54	0,54
K3	0,37	0,37	0,50	0,54	0,54	0,50
K4	0,44	0,41	0,46	0,50	0,50	0,50
K5	0,44	0,46	0,46	0,50	0,50	0,50
K6	0,52	0,46	0,50	0,50	0,50	0,50

**Tablo 13.** Ağırlık ve sıralama için karşılaştırma vektörleri (Comparison vectors of final weights and rankings)

	Uzman katsayılarının dâhil edildiği		Uzman katsayılarının dâhil edilmediği	
	Ağırlıklar	Sıralama	Ağırlıklar	Sıralama
K1	0,1851	1	0,1838	1
K2	0,1784	2	0,1772	2
K3	0,1566	5	0,1540	6
K4	0,1561	6	0,1556	5
K5	0,1587	4	0,1608	4
K6	0,1652	3	0,1685	3

tutarlılığını belirtmektedir [27]. Bu tutarlılık indeksi uzmanlık katsayısı olarak kullanılabilir [22, 26]. Tablo 3’te verilen karar vericilerin karar matrisleri Aguarón ve Moreno-Jiménez’in önerdiği formata dönüştürülerek Tablo 14’teki değerler elde edilmiştir.

Tablo 14’teki uzmanlık katsayıları kullanılarak elde edilen toplam ağırlıklı karar matrisi Tablo 15’te, karşılaştırmalı sonuçlar ise Tablo 16’da sunulmuştur.

#### 4.4. Yaklaşım 4. Uzmanlık alanlarına göre uzmanlığın belirlenmesi

(Approach 4. Determining the expertise based on expertise field)

Bu yaklaşımda uzmanların herbir kriter için gerekli konuyu bilip bilmedikleri 1-0 esasına dayanarak belirlenir. Burada amaç, o konuyu ne kadar bilip bilmediği ve böylece yaptığı değerlendirmeyi nasıl etkileyeceğinin tespitidir. Tablo 17’de uzmanlar kendileri hakkında örnek bir değerlendirme

**Tablo 14.** Karar matrislerinin geometrik tutarlılık indeksi ve ilgili uzmanlık katsayıları  
(Geometric consistency index for judgment matrices and relative expertise coefficients)

	Karar Verici 1	Karar Verici 2	Karar Verici 3
GCI	0,30	0,06	0,18
Uzmanlık katsayısı	0,130	0,652	0,217

**Tablo 15.** Karar vericilerin kriterler için toplam ağırlıklı karar matrisi  
(Total aggregated judgment matrix of decision makers for each criterion)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	0,50	0,55	0,61	0,52	0,52	0,48
K2	0,44	0,50	0,62	0,54	0,56	0,56
K3	0,39	0,38	0,50	0,56	0,46	0,50
K4	0,47	0,45	0,43	0,50	0,50	0,50
K5	0,47	0,43	0,38	0,50	0,50	0,50
K6	0,44	0,43	0,50	0,50	0,50	0,50

**Tablo 16.** Ağırlık ve sıralama için karşılaştırma vektörleri (Comparison vectors of final weights and rankings)

	Uzman katsayılarının dâhil edildiği		Uzman katsayılarının dâhil edilmediği	
	Ağırlıklar	Sıralama	Ağırlıklar	Sıralama
K1	0,1798	2	0,1838	1
K2	0,1824	1	0,1772	2
K3	0,1575	5	0,1540	6
K4	0,1607	4	0,1556	5
K5	0,1572	6	0,1608	4
K6	0,1624	3	0,1685	3

**Tablo 17.** Herbir kriter için karar vericilerin 1-0 esasına dayanan bilgi düzeyleri  
(Knowledge level of decision makers depending on 1-0 for each criterion)

Kriterler	Karar Verici 1	Karar Verici 2	Karar Verici 3	Toplam	Ortalama	Karar Verici 1	Karar Verici 2	Karar Verici 3
K1	1	1	1	3	1,00	0,33	0,33	0,33
K2	1	1	0	2	0,67	0,50	0,50	0,00
K3	1	0	1	2	0,67	0,50	0,00	0,50
K4	1	0	0	1	0,33	1,00	0,00	0,00
K5	1	0	0	1	0,33	1,00	0,00	0,00
K6	1	0	1	2	0,67	0,50	0,00	0,50

**Tablo 18.** Karar vericilerin herbir kriter için normalize bilgi düzeyleri (Normalized knowledge levels of decision makers for each criterion)

Kriterler	Karar Verici 1	Karar Verici 2	Karar Verici 3
K1	0,09	0,40	0,25
K2	0,13	0,60	0,00
K3	0,13	0,00	0,38
K4	0,26	0,00	0,00
K5	0,26	0,00	0,00
K6	0,13	0,00	0,38

yapmışlardır. Daha sonra genel ortalamalar ve herbir kriter için uzmanların bilgi düzeyleri saptanmaktadır. Tablo 18’de herbir karar vericinin hangi kriter üzerinde ne kadar bilgi sahibi olduğu normalize şekilde verilmiştir. Neticede karar vericilerin kriterler için toplam ağırlıklı karar matrisi oluşturulmuştur (Tablo 19). Tablo 20’de ise sonuçlar ilk durumla karşılaştırılmıştır. Burada şunu belirtmek gerekir ki uzmanların bir konudaki bilgi düzeyleri her zaman o konuyu tamamen bilme veya hiç bilmeme üzerine olmayabilir. Buna alternatif olarak uzman bilgi düzeyleri Tablo 21’de gösterildiği gibi 0-100 arasında bir değer ile de ifade edilebilir. Tablo 22-24’te sırasıyla karar vericilerin normalize bilgi düzeyleri, toplam ağırlıklı karar matrisi ve ağırlık/sıralama karşılaştırma vektörleri yer almaktadır.

## 5. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Bu çalışmada uzmanlık katsayılarının belirlenmesinde kullanılan dört farklı yaklaşım GBAHS metodu üzerine uygulanarak etkileri analiz edilmiştir. Bu makalede sunulan herbir yaklaşımın farklı kombinasyonları tasarlanarak ilgili çalışmalarda kullanılabilir. Buradaki yaklaşımların herbiri kendi içerisinde geliştirilebileceği gibi diğer yaklaşımlarla da birleştirilerek ilgili problemlere uyarlanabilir. 2. ve 4. yaklaşımlarda nihai olarak moderatörün de görüşünün

yansıtılabileceği beta katsayısı önerilmiştir. 2. Yaklaşımda beta katsayısı 0,5 alınmak suretiyle moderatörün etkisi karar verme sürecine yansıtılmamıştır. Moderatör etkisi 4. yaklaşım için Tablo 25’teki gibi örnek olarak gösterilebilir. Tablo 17’de verilen uzman bilgi düzeyinde çalışmayı yöneten moderatör uzmanların kendi bilgi düzeyleri ile yapmış oldukları değerlendirmeleri aşağıdaki gibi revize etme gereği duyulabilir.

Moderatörün uzman değerlendirmelerinin üzerine böyle bir değerlendirme daha yapmasının nedeni, uzmanların kendileri hakkında değerlendirme yaparken o anki psikolojilerini de hesaba katması olabilir. Pratikte yaşanan uygulamalardan bazı örnekler vermek gerekirse, mesela uzmanlar, bazen kendileri hakkında alçakgönüllü olabildikleri gibi bazen de kendilerini o konunun yegâne hâkimi olarak görebilirler. Benzer şekilde kimileri anketlerin doğuracağı sonuçları düşünerek kendisini o konuda tam bilgi sahibi görmeyebilir. Bazı uzmanlar da kendisi hakkında yorum yapmanın gerçekçi olmayacağını, asıl kararı moderatörün vermesinin daha mantıklı olabileceğini öngörmektedir. Bu ve buna benzer gerekçelerle moderatörlerin de karar verme sürecine etkisi sözkonusudur. Tablo 26, Tablo 25’in etkisinde ortaya konan nihai toplam ağırlıklı karar matrisini göstermektedir. Uzmanlık katsayılarının karar matrisleri üzerine uygulanması

**Tablo 19.** Karar vericilerin kriterler için toplam ağırlıklı karar matrisi  
(Total aggregated judgment matrix of decision makers for each criterion)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	0,60	0,66	0,69	0,62	0,62	0,58
K2	0,59	0,60	0,69	0,63	0,67	0,67
K3	0,60	0,56	0,70	0,70	0,71	0,70
K4	0,73	0,73	0,84	0,84	0,84	0,84
K5	0,73	0,84	0,97	0,84	0,84	0,84
K6	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70

**Tablo 20.** Ağırlık ve sıralama için karşılaştırma vektörleri (Comparison vectors of final weights and rankings)

	Uzman katsayılarının dâhil edildiği		Uzman katsayılarının dâhil edilmediği	
	Ağırlıklar	Sıralama	Ağırlıklar	Sıralama
K1	0,1388	6	0,1838	1
K2	0,1425	5	0,1772	2
K3	0,1490	4	0,1540	6
K4	0,1962	2	0,1556	5
K5	0,2130	1	0,1608	4
K6	0,1606	3	0,1685	3

**Tablo 21.** Herbir kriter için karar vericilerin 0-100 esasına dayanan bilgi düzeyleri  
(Knowledge level of decision makers depending on 0-100 for each criterion)

Kriterler	Karar Verici 1	Karar Verici 2	Karar Verici 3	Toplam	Ortalama	Karar Verici 1	Karar Verici 2	Karar Verici 3
K1	100	100	100	300	100,00	0,33	0,33	0,33
K2	90	80	20	190	63,33	0,47	0,42	0,11
K3	35	0	75	110	36,67	0,32	0,00	0,68
K4	75	15	15	105	35,00	0,71	0,14	0,14
K5	85	25	35	145	48,33	0,59	0,17	0,24
K6	75	45	95	215	71,67	0,35	0,21	0,44

**Tablo 22.** Karar vericilerin herbir kriter için normalize bilgi düzeyleri  
(Normalized knowledge levels of decision makers for each criterion)

Kriterler	Karar Verici 1	Karar Verici 2	Karar Verici 3
K1	0,12	0,26	0,17
K2	0,17	0,33	0,05
K3	0,11	0,00	0,35
K4	0,26	0,11	0,07
K5	0,21	0,13	0,12
K6	0,13	0,16	0,23

**Tablo 23.** Karar vericilerin kriterler için toplam ağırlıklı karar matrisi  
(Total aggregated judgment matrix of decision makers for each criterion)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	0,68	0,74	0,77	0,71	0,71	0,61
K2	0,64	0,68	0,76	0,73	0,73	0,73
K3	0,64	0,59	0,73	0,73	0,75	0,73
K4	0,65	0,64	0,72	0,74	0,74	0,74
K5	0,65	0,71	0,68	0,73	0,73	0,73
K6	0,69	0,67	0,70	0,70	0,70	0,70

**Tablo 24.** Ağırlık ve sıralama için karşılaştırma vektörleri (Comparison vectors of final weights and rankings)

	Uzman katsayılarının dâhil edildiği		Uzman katsayılarının dâhil edilmediği	
	Ağırlıklar	Sıralama	Ağırlıklar	Sıralama
K1	0,1677	2	0,1838	1
K2	0,1701	1	0,1772	2
K3	0,1641	5	0,1540	6
K4	0,1670	4	0,1556	5
K5	0,1674	3	0,1608	4
K6	0,1638	6	0,1685	3

**Tablo 25.** Herbir kriter için moderatörün karar vericiler için atadığı 0-1 esasına dayanan bilgi düzeyleri  
(Knowledge level of decision makers depending on 1-0 assigned by moderator for each criterion)

Kriterler	Karar Verici 1	Karar Verici 2	Karar Verici 3
K1	1	1	1
K2	0	0	1
K3	1	1	1
K4	1	0	1
K5	1	1	1
K6	1	1	1

**Tablo 26.** Nihai toplam ağırlıklı karar matrisi (Final aggregated judgment matrix)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	1,00	0,82	1,00	0,93	1,00	1,00
K2	0,80	0,60	0,90	0,87	0,87	0,45
K3	1,00	0,82	1,00	1,00	1,00	1,00
K4	0,93	0,72	1,00	1,00	1,00	1,00
K5	1,00	0,81	1,00	1,00	1,00	1,00
K6	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

kesinlikle sonuca etki etmekte, ağırlıkları ve sıralamayı değiştirebilmektedir. Aynı şekilde moderatör etkisi de çalışmanın sonuçlarını etkilemektedir. Uzman katsayısının kullanılması çalışmanın daha doğru ve tutarlı sonuç

vermesine katkı sunmaktadır. Moderatör tarafından hangi yaklaşımın kullanılacağı ve moderatörün karar matrisine etkisi; çalışmanın hitap ettiği kitle, sektörün ihtiyaçları ve problemin tasarımına göre belirlenmektedir.

**Tablo 26.** Ağırlık ve sıralama için karşılaştırma vektörleri (Comparison vectors of final weights and rankings)

	Moderatör katsayılarının dâhil edildiği		Yalnızca uzman katsayılarının etki ettiği		Moderatör etkisi ve uzman katsayılarının dâhil edilmediği	
	Ağırlıklar	Sıralama	Ağırlıklar	Sıralama	Ağırlıklar	Sıralama
K1	0,1739	4	0,1677	2	0,1838	1
K2	0,1134	6	0,1701	1	0,1772	2
K3	0,1780	2	0,1641	5	0,1540	6
K4	0,1681	5	0,1670	4	0,1556	5
K5	0,1774	3	0,1674	3	0,1608	4
K6	0,1891	1	0,1638	6	0,1685	3

## 6. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Karar verme metodlarında genellikle anketler, yüzyüze görüşmeler veya internet ortamında hazırlanan sorveyler yoluyla uzman görüşlerinden faydalanılmaktadır. Literatürdeki çalışmaların çok büyük bölümünde uzmanlar anonim olarak belirtilip özdeş kabul edilmekte ve uzmanların birçok farklı boyutu olan incelenen problemdeki konuları tam anlamıyla bildiği varsayılmaktadır. Hâlbuki pratikte böyle bir yaklaşım teknik olarak mümkün olmadığından literatürde doğrudan uzman katsayılarının dâhil edilmediği çalışmaların sonuçları tartışmalıdır. Bu çalışmada literatürde yer alan dört farklı uzmanlık katsayısı belirleme yaklaşımı GBAHS metodu üzerine uygulanmış, sonuçlar karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Uzmanlık katsayısı belirleme yaklaşımlarının herbiri tek başına geçerli ve yeterlidir. Hangi yaklaşımın seçileceği, çalışmayı yürütenlerin insiyatifinde olup sektörün veya hedef kitlenin ihtiyaçları doğrultusunda ve karar verme probleminin tasarımına bağlı olarak farklılık arz etmektedir. Gelecekte araştırmacılar, uzmanların önceliklendirilmesi kavramını diğer karar verme süreçlerinde de kullanabilirler. Burada GBAHS metodu üzerinde uygulanan bu yaklaşımları başka yöntemler üzerinde de uygulayarak karşılaştırmalı olarak sonuçları gözlemleyebilirler. Uzmanlık katsayısının belirlenmesi üzerine kendi problemlerine özgü farklı yaklaşımlar da geliştirebilirler.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Kabak M., Sağlam F., Aktas A., Usability analysis of different distance measures on TOPSIS, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 32 (1), 35-43, 2017.
- Connolly T., Hammond K.R., Arkes H.R., Judgment and decision making: An interdisciplinary reader, 1999.
- Sahin B., Yip T.L., Shipping technology selection for dynamic capability based on improved gaussian fuzzy AHP model, Ocean Engineering, 136, 233-242, 2017.
- Sahin B., Senol Y.E., Bulut E., Duru O., Optimizing technology selection in maritime logistics, Research in Logistics and Production, 5 (3), 299-309, 2015.
- Kabak M., Burmaoğlu S., Kazançoğlu Y., A fuzzy hybrid MCDM approach for professional selection, Expert Systems with Applications, 39 (3), 3516-3525, 2012.
- Büyüközkan G., Güteryüz S., Multi criteria evaluation of logistics firms' web site performance, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 31 (4), 889-902, 2016.
- Aksakal E., Dağdeviren M., Talent management based personnel assignment model and solution proposal, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 30 (2), 249-262, 2015.
- Üstün A.K., Anagün A.S., Determination of importance weights of Istanbul's districts using analytic hierarchy process, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 31 (1), 119-128, 2016.
- Şenol M.B., Yılmaz N., A model and application of occupational health and safety risk assessment, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 32 (1), 77-87, 2017.
- Yerlikaya M.A., Arıkan F., Constructing the performance effectiveness order of SME supports programmes via Promethee and Oreste techniques, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 31 (4), 1007-1016, 2016.
- Karabulut S., Öcalır-Akünel E.V., Geographical information system based environmental risk analysis for road transportation of hazmats, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 30 (3), 351-359, 2015.
- İç Y.T., Tekin M., Pamukoğlu F.Z., Yıldırım S.E., Determination of importance weights of Istanbul's districts using analytic hierarchy process, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 30 (1), 71-85, 2015.
- Kabak M., Köse E., Kırılmaz O., Burmaoğlu S., A fuzzy multi-criteria decision making approach to assess building energy performance, Energy And Buildings, 72, 382-389, 2014.
- Delice E.K., A fuzzy multicriteria model for airline companies selection, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 31 (2), 263-276, 2016.
- Yüksel M., An integrated approach for evaluating performance by multi-criteria, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 30 (3), 429-441, 2015.
- Çetinkaya C., Özceylan E., Erbaş M., Kabak M., GIS-based fuzzy MCDA approach for siting refugee camp:

- A case study for southeastern Turkey, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 18, 218-231, 2016.
17. Karaman B., Çerçioğlu H., 0-1 goal programming aided AHP-VIKOR integrated method: An application of hospital investment project selection, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 30 (4), 567-576, 2015.
  18. Miri L.M.R., Wang J., Yang Z., Finlay J., Application of fuzzy fault tree analysis on oil and gas offshore pipelines, *International Journal of Marine Science and Engineering*, 1 (1), 29-42, 2011.
  19. Senol Y.E., Aydogdu Y.V., Sahin B., Kilic I., Fault tree analysis of chemical cargo contamination by using fuzzy approach, *Expert Systems with Applications*, 42 (12), 5232-5244, 2015.
  20. Kum S., Sahin B., A root cause analysis for arctic marine accidents from 1993 to 2011, *Safety Science*, 74, 206-220, 2015.
  21. Yazdi M., Nikfar F., Nasrabadi M., Failure probability analysis by employing fuzzy fault tree analysis, *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 8 (2), 1177-1193, 2017.
  22. Bulut E., Duru O., Keçeci T., Yoshida S., Use of consistency index, expert prioritization and direct numerical inputs for generic fuzzy-AHP modelling: A process model for shipping asset management, *Expert Systems with Applications*, 39 (2), 1911-1923, 2012.
  23. Sahin B., Senol Y.E., A novel process model for marine accident analysis by using generic fuzzy-AHP algorithm, *Journal of Navigation*, 68 (1), 162-183, 2015.
  24. Satir T., Ballast water treatment systems: Design, regulations, and selection under the choice varying priorities, *Environmental Science and Pollution Research*, 21 (18), 10686-10695, 2014.
  25. Bulut E., Duru O., Koçak G., Rotational priority investigation in fuzzy analytic hierarchy process design: An empirical study on the marine engine selection problem, *Applied Mathematical Modelling*, 39 (2), 913-923, 2015.
  26. Duru O., Bulut E., Yoshida S., Regime switching fuzzy AHP model for choice-varying priorities problem and expert consistency prioritization: A cubic fuzzy-priority matrix design, *Expert Systems with Applications*, 39 (5), 4954-4964, 2012.
  27. Aguarón J., Moreno-Jiménez J.M., The geometric consistency index: Approximated thresholds, *European Journal of Operational Research*, 147 (1), 137-145, 2003.
  28. Sahin B., Senol Y.E., Bulut E., Duru O., An approach for technology selection problem in maritime logistics. LM-SCM XII. *International Logistics and Supply Chain Congress*, Istanbul-Turkey, 684-697, 30-31 October, 2014.
  29. Sahin B., Yip T.L., Shipping technology selection for dynamic capability based on improved gaussian fuzzy AHP model, *Ocean Engineering*, 136, 233-242, 2017.
  30. Sahin B., Consistency control and expert consistency prioritization for FFTA by using extent analysis method of trapezoidal FAHP, *Applied Soft Computing*, 56, 46-54, 2017.
  31. Sahin B., Bulut E., An analysis of ship investment by using expert classification fuzzy analytical hierarchy process method, *Annual Conference of The International Association of Maritime Economists*, Hamburg-Germany, 23-26 August, 2016.
  32. Sahin B., Chan Y., Risk assessment of the Istanbul Strait by using ports and waterways safety assessment (PAWSA) method, *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 24 (4), 730-738, 2018.
  33. Li Y., Hu X.H., Qiao J., An improved fuzzy AHP method, *Journal of Northwest University (Natural Science Edition)*, 1, 3, 2005.
  34. Chen Y., Fuzzy AHP-based method for project risk assessment, *Seventh International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, 3, 1249-1253, 9 September, 2010.
  35. Sahin B., Kum S., Risk assessment of Arctic navigation by using improved fuzzy-AHP approach, *International Journal of Maritime Engineering*, 157, 241-250, 2015.
  36. Feng H., Lim C.W., Chen L., Zhou X., Zhou C., Lin Y., Sustainable deforestation evaluation model and system dynamics analysis, *The Scientific World Journal*, 2014.
  37. Tang B., Gao J. System simulation and reliability assessment of Chinese carbon sequestration market. *Journal of Systems Science and Complexity*, 27 (4), 760-776, 2014.
  38. Senol Y.E., Sahin B., A novel real-time continuous fuzzy fault tree analysis (RC-FFTA) model for dynamic environment, *Ocean Engineering*, 127, 70-81, 2016.
  39. Hsu H.M., Chen C.T., Aggregation of fuzzy opinions under group decision making, *Fuzzy Sets and Systems*, 79 (3), 279-285, 1996.
  40. Forman E., Peniwati K., Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process, *European Journal of Operational Research*, 108 (1), 165-169, 1998.