



# Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

## Türkiye’deki Astronomik Gözlemevlerinin Kuruluş Yerlerinin Bulanık AHS ile Değerlendirilmesi

 Gizem Dilan BOZTAŞ<sup>a,\*</sup>,  Ersin KARMAN<sup>b</sup>,  Cahit YEŞİLYAPRAK<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Dijital Dönüşüm Ofisi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, TÜRKİYE

<sup>b</sup> Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Ankara, TÜRKİYE

<sup>c</sup> Astronomi ve Uzay Bilimleri, Fen Fakültesi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, TÜRKİYE

\* Sorumlu yazarın e-posta adresi: gizemdilanzboztas@ktu.edu.tr

DOI: 10.29130/dubited.981444

### ÖZ

Gözlemevi kuruluş yeri kararı, yapılan incelemeler ve toplanan veriler uzmanlar tarafında değerlendirilerek yapılmaktadır. Yapılan bu çalışmada hali hazırda Türkiye’de konumlanmış gözlemevleri kuruluş yerleri açısından çok kriterli karar verme yöntemi ile değerlendirilmektedir. Değerlendirme sürecinde nitelik olarak meteorolojik, coğrafi ve antropojenik nitelikler ele alınmıştır. Belirlenen alternatifler ise Ulupınar Gözlemevi, Ege Üniversitesi Gözlemevi, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi, Ankara Üniversitesi Kreiken Gözlemevi ve Doğu Anadolu Gözlemevi olarak belirlenmiştir. Bu kriter ve alternatiflere bulanık analitik hiyerarşi süreci (AHS) uygulanarak ülkemizdeki gözlemevlerinin konum değerlendirilmesinin yapılması amaçlanmıştır. Karar analizi sonucunda seçilen kriterlere bağlı olarak mevcut gözlemevlerinin kuruluş yerleri ile ilgili değerlendirmeler elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Karar destek sistemleri, Bulanık AHS, Gözlemevi yer seçimi

## Evaluation of Location Decision of Astronomical Observatories in Turkey with Fuzzy AHP

### ABSTRACT

Decisions on observatory locations are made by professionals through observations and data analysis. In this study, the locations of observatories in Turkey are assessed using multiple-criteria decision-making. In this process, meteorological, geographical and anthropogenic qualities were taken in consideration. Ulupınar Observatory, Ege University Observatory, TUBITAK National Observatory, Ankara University Kreiken Observatory and Eastern Anatolian Observatory were chosen as alternatives. By applying fuzzy analytic hierarchy process (AHP) to the criteria and the alternatives, it was aimed to provide a location analysis of Turkish observatories. Through decision analysis, an evaluation of the locations of observatories based on the given criteria was obtained.

**Keywords:** Decision support systems, fuzzy AHP, Observatory site selection

# I. GİRİŞ

Sağlıklı gözlem yapmak astronominin temel yapıtaşlarından birini oluşturmaktadır. Bu nedenle gözlemlerinin mümkün olan en doğru lokasyonda konumlandırılması oldukça önemli bir konudur. Çünkü bir gözlemevinin hem kuruluşu sırasında hem de daha sonrasında ortaya oldukça yüksek bir maliyet çıkmaktadır. Örneğin kızıl ötesi dalga boyunda yapılan bir gözlemin gecelik maliyetinin 60.000 TL civarı olduğu düşünüldüğünde, maliyet etkinliği oluşturulabilmek açısından da gözlem evinin gerek atmosferik gerekse antropojenik (insan kaynaklı etkiler) olarak doğru konumlandırılması gerekliliği bir kere daha anlaşılmaktadır.

Temelde bir gözlemevinin yüksekte ve yerleşim alanından uzakta bulunması beklenmektedir. Fakat kuruluş yeri meteorolojik ( bulut örtüsü, sıcaklık, bağıl nem vs.), coğrafi (yükseklik, sismik aktivite, bitki örtüsü vs.) veya antropojenik ( yapay ışık, ulaşım, yerleşim alanları vs.) parametrelere göre de değerlendirilmektedir. Kriter sayısının artması bu verilerin birlikte değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır. Bu noktada karar destek sağlayabilmek için bilişim sistemleri çalışmalarında sıklıkla kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerine başvurulmaktadır. Burada kriterlerin ve alternatiflerin belirlenme süreci titizlikle gerçekleştirilmelidir. Çalışmanın ve seçilen kriterlerin anlaşılabilirliğinin sağlanması amacı ile gerek uzman görüşü ve gerekse alanyazın doğrultusunda gözlemevi yer seçiminde değerlendirilen bazı parametrelerin açıklamaları Tablo 1’de gösterilmiştir.

Alanyazında bulunan kuruluş yeri karar çalışmaları incelendiğinde çok kriterli karar verme yöntemlerinin sıklıkla kullanıldığı görülmüştür. Güler ve Yomralıoğlu’nun AHS ve bulanık AHS yöntemleri ile coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak elektrikli araç hızlı şarj istasyonu için uygun yer seçimi çalışması [1], Oruç ve Arıcan’ın bulanık AHS ile bulanık ARAS yöntemleriyle Isparta’da polis merkezi kuruluş yeri seçimi [2] veya Kazemi ve arkadaşlarının entegre bulanık bilişsel harita ve bulanık AHS yaklaşımı kullanılarak gerçekleştirdikleri maden işleme tesisi saha seçimi [3] söz konusu çalışmalara örnek gösterilebilir. Benzer şekilde bir gözlemevi için kuruluş yeri kararı alınırken bu iş için geliştirilen yazılımlar veya coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ile birleştirilmiş çok kriterli karar verme yöntemleri de kullanılmaktadır. Alanyazında konuyla ilgili farklı çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalardan özellikle güncel olanlara yer verilmiştir.

*Tablo 1. Parametreler ve tanımları*

	<b>Parametre</b>	<b>Tanım</b>
<b>Meteorolojik- Coğrafik</b>	<b>Bulut Örtüsü/ Bulutluluk</b>	“Aralıksız ve nispeten ince bir tabaka şeklinde yatay olarak geniş bir alanı kaplayan bulut tabakasıdır” [4].
	<b>Rüzgâr Hızı</b>	“Yelin belirli bir yöndeki esme hızıdır” [4].
	<b>Bağıl Nem</b>	“Belli sıcaklıkta bir hava ya da gaz kütlelerinde bulunan su buharı miktarının, o sıcaklıkta bir hava ya da gaz kütlelerinde bulunabilecek en yüksek su buharı miktarına olan oranının yüzde olarak ifadesidir” [4].
	<b>Toz</b>	“Havada başıboş ve serbestçe dolaşan toprak veya diğer madde parçacıkları” [5].
	<b>Atmosferik Dönüşüm Katmanı</b>	“Atmosferin yeryüzü şekillerinden etkilenen alt sürtünmeli seviyesi ile yeryüzü şekillerinin hiç etkin olmadığı üst sürtünmesiz seviye arasındaki sınır” [5].

<b>Türbülans/Atmosferik Görüş</b>	<i>“Isının, su buharının, dumanların ve diğer bileşenlerin atmosferde dağılmasında rol oynayan, yönleri ve hızları düzensiz bir şekilde hava hareketleri ve rüzgârlar” [4].</i>
<b>Gökyüzü Parlaklığı/ Arkaalan Parlaklığı</b>	<i>“Gökyüzünün görsel parlaklığı, ışığı nasıl yansıttığı ve yaydığı” ifade eder. [6]</i>
<b>Yükseklik/Rakım</b>	<i>“Karalar üzerindeki herhangi bir nokta ile deniz yüzü arasındaki düşey uzaklıktır” [4].</i>
<b>Işık Kirliliği/Yapay Işık</b>	<i>“Işığın canlıları rahatsız edecek şekilde yanlış kullanılmasıdır.” [7]</i>
<b>Antropojenik Altyapısal Yeterlilik (Elektrik, Su, İnternet, Ulaşım)</b>	

Bu çalışmalar ülke bazında yapıldığı gibi küresel çapta da yapılmaktadır. Örneğin; Aksaker ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği çalışmada meteorolojik-coğrafi parametreler olarak bulutluluk, yoğunlaşabilir su buharı, aerosol, rüzgâr hızı ve yükseklik ele alınırken antropojenik parametre olarak da yapay ışık baz alınmıştır. Bu parametreler doğrultusunda CBS ile birlikte ağırlıklı toplam yöntemi kullanılarak Türkiye üzerinde bir gözlemevi yer seçimi yapmışlardır [8]. Daniyal ve Kazmi 2019’da yaptıkları çalışmada meteorolojik olarak bulut örtüsü, rüzgâr hızı ve aerosol; coğrafi olarak eğim, yükseklik, fay kuşağı ve arazi kullanımı/arazi örtüsü; antropojenik olarak ise yapay ışık ve ulaşım parametrelerini AHS yöntemini CBS entegrasyonu ile birlikte değerlendirerek Pakistan için gözlemevi yeri önerisinde bulunmuşlardır [9]. Ülkesel çapta yapılan diğer bir çalışma da Freire ve arkadaşları tarafından Arjantin’de gerçekleştirilmiştir. Sadece aerosol, bulut örtüsü, yoğunlaşabilir su, sıcaklık, bağıl nem ve rüzgâr hızı ve yönü parametrelerini analiz ederek en uygun yeri belirlemeye çalışmışlardır [10].

Nasiri ve arkadaşlarının İran üzerinde yürüttükleri çalışmalarında meteorolojik olarak yağış, bulut örtüsü, bağıl nem, rüzgâr yönü, inversiyon yüksekliği, inversiyon (frekans), toz ve gökyüzü parlaklığı; coğrafi olarak yerel özellikler (yükseklik vs.), topografya, sismisite ve antropojenik olarak ise ışık kirliliği parametrelerini öznal ağırlıklar ile değerlendirip belirledikleri alanlara üstünlük sırası atayarak en doğru yeri bulmayı hedeflemişlerdir [11]. Öte yandan Danesh ve arkadaşları yine İran üzerinde yaptıkları çalışmalarında sadece, sıcaklık, rüzgâr hızı ve yönü ve bağıl nem meteorolojik parametrelerini dikkate almışlardır. Bu parametrelere istatistiksel analiz uygulayarak bölgedeki en uygun yeri bulmak istemişlerdir [12]. Aboushelib ve arkadaşlarının 2019 yılında yaptıkları çalışmada meteorolojik olarak, aerosol ve gece gökyüzü parlaklığı; coğrafi olarak yükseklik ve antropojenik olarak ulaşım ve gelecekteki risk faktörleri parametrelerini baz almışlardır. Söz konusu parametrelerle ilgili gerekli ölçüm değerlerini karşılaştırarak Mısır için ideal alanı bulmayı amaçlamışlardır [13].

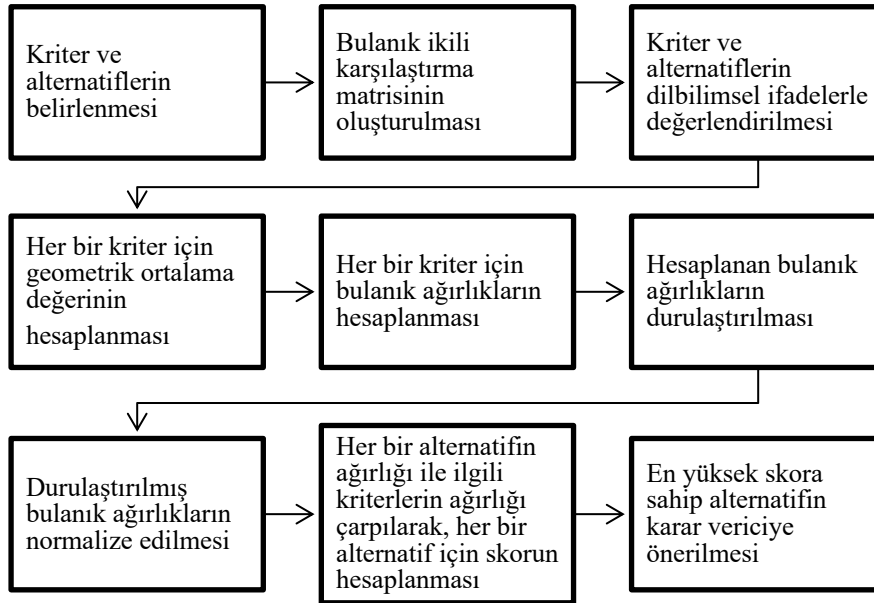
2017 yılında Abdelaziz ve arkadaşları MENA’ da (Orta Doğu ve Kuzey Afrika) gözlemevi yer seçimi için yaptıkları çalışmada meteorolojik olarak bulutluluk, yoğunlaşabilir su buharı, aerosol optik derinliği, bağıl nem, rüzgâr hızı ve günlük sıcaklık aralığı; coğrafi olarak yükseklik ve antropojenik olarak ise ışık kirliliği parametrelerini dikkate almışlardır. Burada her bir konum için ağırlıklı ortalama yaklaşımını kullanıp genel bir puan hesaplayarak en uygun yeri bulmayı amaçlamışlardır [14].

Aksaker ve arkadaşlarının 2020 yılında yaptıkları çalışmada ise meteorolojik olarak bulut örtüsü, yoğunlaşabilir su buharı, aerosol optik derinliği, rüzgâr hızı; coğrafi olarak arazi kullanımı ve arazi örtüsü, yükseklik ve antropojenik olarak yapay ışık parametreleri kullanılmıştır. Bu parametrelere CBS ile basit toplamlı ağırlıklandırma yöntemi uygulanarak küresel çapta en uygun gözlemevi yerinin bulunması hedeflenmiştir [15].

Alanyazına bakıldığında gerek bölgesel yapılan çalışmaların artırılmasına yönelik gerekse yeni yöntemlerin değerlendirilmesi ile ilgili önerilerde bulunduğu görülmüştür. Bu durum, nispeten kuruluş yeri kararı süreçlerinde çok fazla kullanılmadığından bulanık çok kriterli karar verme yöntemi ile Türkiye’de konumlanmış gözlemlerinin kuruluş yeri kararlarının değerlendirilmesi fikrini oluşturmuştur. Bu çalışmada bulanık AHS kullanılarak Türkiye’de ki astronomik gözlemlerinin kuruluş yeri ile ilgili değerlendirme yapılması amaçlanmıştır.

## **II. MATERYAL VE YÖNTEM**

Çalışmanın bu bölümünde, kullanılan yöntem ile ilgili temel bilgi sunulacaktır. Çalışma kapsamında bulanık AHS yaklaşımı kullanılacağı için öncesinde bulanık küme teorisinin kısaca anlatılması ve çok kriterli karar verme yöntemlerine değinilmesi yerinde olacaktır. Sonrasında bu çalışmada kullanılan Bulanık Analitik Hiyerarşik Sürecine (B-AHS) kısaca yer verilecektir. Çalışmanın şematik gösterimi Şekil 1 de gösterilmiştir.



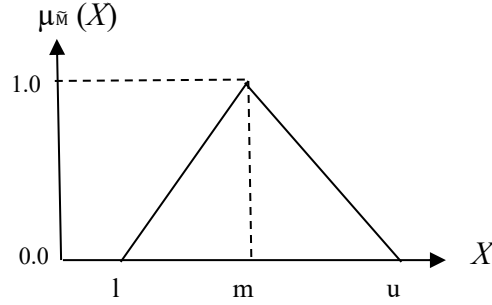
*Şekil 1. Astronomik Gözlemlerinin Değerlendirilmesi Süreci*

Kriter ve alternatiflerin belirlenmesi süreci veri toplama başlığı altında detaylıca açıklanmıştır. Belirlenen kriter ve alternatifler için bulanık ikili karşılaştırma matrisleri oluşturularak Tablo 2 yardımıyla dilbilimsel olarak karşılaştırmalı şekilde değerlendirilmiştir. Daha sonra Denklem (3) yardımıyla her bir kriterin geometrik ortalaması hesaplanarak Denklem (4) ile her bir kriterin bulanık ağırlığı belirlenmiştir. Üçgen sayılardan oluşan bulanık ağırlıklar Denklem (5) kullanılarak durulaştırılır. Elde edilen durulaştırılmış bulanık ağırlıkların normalizasyonu Denklem (6) yardımıyla gerçekleştirilir. Son olarak her bir alternatif için hesaplanmış ağırlık ile ilgili kriterin ağırlığı çarpılarak alternatifler için bir skor hesaplanır. En yüksek skora sahip karar vericiye önerilir.

### **A. BULANIK KÜME TEORİSİ**

Bulanık küme kavramı ilk olarak 1965 yılında Zadeh ortaya atmıştır. Bu kavrama göre bir nesne bir kümeye kısmen üye olabilir. Bulanık kümede nesnenin üyelik değeri 0 ile 1 yani üye olmama ve tam üye olma arasında bir değer alır. Bu iki sınır arasındaki değerler ara üyelik dereceleri olarak tanımlanır. Üyelik dereceleri bir nesnenin kümeye ne derece ait olduğunu gösterir [16]. Bulanık mantık, insana ait sübjektifliği ve davranışların belirsizliğini göz önünde bulundurarak yaklaşık çözüm bulmaya çalışır [17], [18].

Gerçek sayılardan oluşan üçgen bulanık sayılar özel bir bulanık sayı türüdür [19]. Bir bulanık sayı  $(l, m, u)$  şeklinde ifade edilebilir. Bulanık bir olayda sırasıyla  $l$  alt sınırı,  $m$  net değeri ve  $u$  ise üst sınırı temsil eder [20]. Şekil 1 bir üçgen bulanık sayıyı gösterirken, (1) numaralı eşitlik ise üçgen bulanık sayının üyelik derecelerine göre lineer gösterimini ifade eder [21].



Şekil 2. Üçgen Bulanık Sayı

Üçgen bulanık sayının üyelik derecelerine göre lineer gösterimi:

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

Bunun yanında bilişim sistemleri alanında özellikle karar verme süreçlerinde sıkça kullanılan çok kriterli karar verme yöntemleri bulunmaktadır. Çok kriterli karar verme (ÇKKV), parametreleri birlikte değerlendirilerek belirlenen alternatifleri değerlendirme süreci olarak tanımlanabilir [22]. Çok kriterli karar verme, bir karar sürecine birçok yöntemle yardımcı olabilir. Bütün bu yöntemlerin ortak amacı karar vericilerin optimum kararı almalarını sağlamaktır [23]. Fakat ÇKKV' de nitel kriterlerin değerlerinin net olarak tanımlanmamış olması karar vericiler için sorun olmaktadır. Bu sorunun aşılabilmesi amacıyla nitel kriterler değerlendirilirken genellikle dilbilimsel ifadeler kullanılır [24]. Ayrıca dilbilimsel ifadeler, geleneksel ifadelerle kıyasla belirsizlikle başa çıkmada daha etkilidirler [25]. Bütün bu durumlar göz önüne alındığında farklı kriter ve alternatifleri değerlendirmek amacıyla ÇKKV' de bulanık küme teorisinin uygulanması, daha iyi sonuçlar alınabilmesi bakımından oldukça uygundur [25], [26], [27], [28].

## B. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİK SÜREÇ (B-AHS)

Klasik AHS' in önceliklere karar verirken belirsizliği giderememesi eleştirilmesine neden olmuştur. AHS' nin bu dezavantajı bulanık mantık kullanılarak iyileştirilmiştir. Bulanık AHS' te kriterler ve alternatifler için oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerinde bulanık üçgen sayılar ile ifade edilen dilsel değişkenler kullanılır [29]. Alanyazında çeşitli bulanık AHS uygulamaları tanımlıdır [20], [30], [31]. Bu çalışma kapsamında [31] tarafından önerilen geometrik ortalama yöntemi kullanılmıştır. Yöntemin adımları aşağıdaki gibidir [31], [32]. Uygulama için kullanılacak dilbilimsel ifadeler Tablo 2' de gösterilmiştir.

Adım 1: Bulanık ikili karşılaştırma matrisi  $\tilde{D} = [\tilde{a}_{ij}]$  aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} (1,1,1) & \tilde{a}_{12} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & (1,1,1) & \cdots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \cdots & (1,1,1) \end{bmatrix}$$

$$\tilde{a}_{ij} * \tilde{a}_{ji} = 1 \text{ ve } w_i / w_j, i, j=1,2,\dots,n. \quad (2)$$

Adım 2: Her kriter için geometrik ortalama Denklem (3) deki gibi hesaplanır.

$$\tilde{r}_i = (\tilde{a}_{i1} * \tilde{a}_{i2} * \dots * \tilde{a}_{in})^{1/n} \quad (3)$$

Adım 3: Her kriter için bulanık ağırlık Denklem (4) yardımıyla hesaplanır.

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i * (\tilde{r}_1 + \tilde{r}_2 + \dots + \tilde{r}_n)^{-1} \quad (4)$$

$$\tilde{r}_k = (l_k, m_k, u_k) \text{ ve } (\tilde{r}_k)^{-1} = (1/u_k, 1/m_k, 1/l_k)$$

Adım 4:  $\tilde{w}_i = (l_i, m_i, u_i)$  bulanık ağırlıklar herhangi bir bulanıklaştırma yöntemiyle durulaştırılır. Burada alan merkezi (centre of area) yöntemi kullanılmıştır.

$$M_i = \frac{lw_i + mw_i + uw_i}{3} \quad (5)$$

Adım 5: Bulanık olmayan  $M_i$  sayının normalizasyonu yapılır. [33]

$$N_i = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \quad (6)$$

**Tablo 2.** Dilbilimsel ifadeler ve karşılık gelen üçgen bulanık sayılar [34], [35]

Önem Tanımları	Önem Değerleri	Üçgen Bulanık Ölçek	Üçgen Bulanık Ölçeğin Tersi
Eşit Önemlilik	1	(1,1,1)	(1,1,1)
Diğerlerine Göre Biraz Üstün	2	(1,2,4)	(1/4,1/2,1)
Hemen Hemen Önemli	3	(1,3,5)	(1/5,1/3,1)
Güçlü Önemli	5	(3,5,7)	(1/7,1/5,1/3)
Çok Güçlü Önemli	7	(5,7,9)	(1/9,1/7,1/5)
Aşırı Önemli	9	(7,9,11)	(1/11,1/9,1/7)

### C. VERİ TOPLAMA

Çalışma 10 kriter ve 5 alternatif üzerinden yürütülecektir. Alanyazın taramasından elde edilen bütün kriterler içerisinde Türkiye’de konumlu gözlemlerini değerlendirmek için kullanılacak olanlar uzman görüşü doğrultusunda belirlenmiştir. Kriterler ile ilgili tanımlamalar Tablo 1’de gösterilmiştir. Alternatifler ise Türkiye’deki gözlem evleri arasından seçilmiştir. Gözlemlerine ait yükseklik bilgileri gözlemlerine ait sitelerden, kuruluş tarihleri Türk Astronomi Derneği’ nin sitesinden, boylam-enlem bilgisi ise Google Earth yardımıyla elde edilmiştir. Çalışma kapsamında değerlendirilecek gözlemlerinin lokasyon bilgileri Tablo 3’de verilmiştir.

**Tablo 3.** Gözlemleri lokasyon bilgileri

Gözlemevi	Kısaltma	Kuruluş tarihi	Şehir	Boylam (Güney)	Enlem (Kuzey)	Yükseklik (m)
Ulupınar Gözlemevi	UG	2002	Çanakkale	26.48	40.10	410
Ege Üniversitesi Gözlemevi	EÜG	1965	İzmir	27.28	38.40	800
TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi	TUG	1997	Antalya	30.34	36.82	2500
Ankara Üniversitesi Kreiken Gözlemevi	AÜKG	1965	Ankara	32.78	39.84	1256
Doğu Anadolu Gözlemevi	DAG	Devam ediyor	Erzurum	41.23	39.78	3170

### III. BULGULAR

Veriler üzerinde B-AHS yöntemi uygulanmış ve Tablo 2 yardımıyla oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerine uygulanan Denklem (5) ve (6) yardımıyla elde edilen bulgular bu bölümde sunulacaktır.

*Tablo 4. Meteorolojik-Coğrafik ve Antropojenik kriterlerin ortalama ve normalleştirilmiş bağıl ağırlıkları*

Meteorolojik-Coğrafik Kriter	$M_i$	$N_i$
<b>Bulut Örtüsü/ Bulutluluk</b>	0,35	0,30
<b>Rüzgâr Hızı</b>	0,06	0,05
<b>Bağıl Nem</b>	0,23	0,20
<b>Toz</b>	0,07	0,06
<b>Atmosferik Dönüşüm Katmanı</b>	0,06	0,05
<b>Türbülans /Atmosferik Görüş</b>	0,32	0,27
<b>Gökyüzü Parlaklığı /Arkaalan Parlaklığı</b>	0,06	0,05
<b>Yükseklik/Rakım</b>	0,03	0,02
Antropojenik Kriter	$M_i$	$N_i$
<b>Işık Kirliliği/Yapay Işık</b>	0,90	0,87
<b>Altyapısal Yeterlilik (Elektrik, Su, İnternet, Ulaşım)</b>	0,13	0,13

Tablo 4'e bakıldığında Meteorolojik-Coğrafik kriterlerden Bulutluluk Örtüsü/ Bulutluluk kriterinin ortalama ( $M_i=0,35$ ) ve normalleştirilmiş ( $N_i=0,30$ ) bağıl ağırlığıyla ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Bu kriteri Türbülans /Atmosferik Görüş ( $M_i=0,32$  ve  $N_i=0,27$ ) ve Bağıl Nem ( $M_i=0,23$  ve  $N_i=0,20$ ) kriterleri takip etmektedir. Antropojenik kriterlerde ise Işık Kirliliği/Yapay Işık ( $M_i=0,90$  ve  $N_i=0,87$ ) kriteri ilk sırada yer almaktadır.

Meteorolojik-Coğrafik kriterlere göre alternatiflerin ağırlıklarının belirlenmesi ile ilgili bulgular;

*Tablo 5. Bulut Örtüsü/ Bulutluluk, Rüzgâr Hızı ve Bağıl Nem Kriterine göre her alternatifin ortalama ve normalleştirilmiş bağıl ağırlıkları*

Bulut Örtüsü/ Bulutluluk Kriteri			Rüzgâr Hızı Kriteri			Bağıl Nem Kriteri		
Alternatif	$M_i$	$N_i$	Alternatif	$M_i$	$N_i$	Alternatif	$M_i$	$N_i$
<b>UG</b>	0,04	0,03	UG	0,04	0,04	UG	0,04	0,04
<b>EÜG</b>	0,08	0,07	EÜG	0,09	0,08	EÜG	0,07	0,06
<b>TUG</b>	0,37	0,33	TUG	0,41	0,37	TUG	0,28	0,26
<b>AÜKG</b>	0,06	0,06	AÜKG	0,16	0,15	AÜKG	0,09	0,08
<b>DAG</b>	0,58	0,52	DAG	0,41	0,37	DAG	0,62	0,56

Tablo 5'e göre Bulutluluk Örtüsü/ Bulutluluk ve Bağıl Nem kriterlerine göre ilk sırayı DAG ( $M_i=0,58$  ve  $N_i=0,52$ ;  $M_i=0,62$  ve  $N_i=0,56$ ) alırken, Rüzgâr Hızı kriterine göre  $M_i=0,41$  ve  $N_i=0,37$  ağırlıklarıyla DAG ve TUG ilk sırayı paylaşmışlardır. TUG ( $M_i=0,37$  ve  $N_i=0,33$ ;  $M_i=0,28$  ve  $N_i=0,26$ ), Bulutluluk Örtüsü/ Bulutluluk ve Bağıl Nem kriterlerine göre ikinci sıradayken, Rüzgâr hızı kriterine göre bu sıra AÜKG'ne ( $M_i=0,16$  ve  $N_i=0,15$ ) aittir. Üçüncü sırayı ise Bulut Örtüsü/Bulutluluk ve Rüzgâr Hızı kriterlerine göre EÜG ( $M_i=0,08$  ve  $N_i=0,07$ ;  $M_i=0,09$  ve  $N_i=0,08$ ), Bağıl Nem kriterine göre de AÜKG ( $M_i=0,09$  ve  $N_i=0,08$ ) almıştır.

*Tablo 6. Toz, Atmosferik Dönüşüm Katmanı ve Türbülans/Atmosferik Görüş kriterine göre her alternatifin ortalama ve normalleştirilmiş bağıl ağırlıkları*

Toz			Atmosferik Dönüşüm Katmanı			Türbülans/Atmosferik Görüş		
Alternatif	$M_i$	$N_i$	Alternatif	$M_i$	$N_i$	Alternatif	$M_i$	$N_i$
UG	0,09	0,08	UG	0,03	0,03	UG	0,03	0,03
EÜG	0,08	0,07	EÜG	0,09	0,09	EÜG	0,08	0,08
TUG	0,19	0,18	TUG	0,24	0,23	TUG	0,27	0,25
AÜKG	0,06	0,05	AÜKG	0,06	0,05	AÜKG	0,06	0,05
DAG	0,68	0,62	DAG	0,65	0,60	DAG	0,63	0,59

Tablo 6 değerlendirildiğinde her üç kriterde de DAG'nin ( $M_i=0,68$  ve  $N_i=0,62$ ;  $M_i=0,65$  ve  $N_i=0,60$ ;  $M_i=0,63$  ve  $N_i=0,59$ ) ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Bunu yine her üç kriterde de TUG ( $M_i=0,19$  ve  $N_i=0,18$ ;  $M_i=0,24$  ve  $N_i=0,23$ ;  $M_i=0,27$  ve  $N_i=0,25$ ) takip etmektedir. Toz kriterinde UG'nin ( $M_i=0,09$  ve  $N_i=0,08$ ) üçüncü sırada yer aldığı saptanırken, Atmosferik Dönüşüm Katmanı ve Türbülans/Atmosferik Görüş kriterlerinde ise EÜG'nin ( $M_i=0,09$  ve  $N_i=0,09$ ;  $M_i=0,08$  ve  $N_i=0,08$ ) üçüncü sırada yer aldığı saptanmıştır.

**Tablo 7.** Gökyüzü Parlaklığı/Arkaalan parlaklığı ve Yükseklik/Rakım her alternatifin ortalama ve normalleştirilmiş bağlı ağırlıkları

Gökyüzü Parlaklığı/Arkaalan parlaklığı			Yükseklik/Rakım		
Alternatif	$M_i$	$N_i$	Alternatif	$M_i$	$N_i$
UG	0,04	0,03	UG	0,04	0,04
EÜG	0,11	0,10	EÜG	0,08	0,07
TUG	0,25	0,23	TUG	0,23	0,21
AÜKG	0,07	0,06	AÜKG	0,08	0,07
DAG	0,65	0,58	DAG	0,67	0,61

Tablo 7 incelendiğinde hem Gökyüzü Parlaklığı/Arka Alan Parlaklığı hem de Yükseklik/Rakım kriterinde sırasıyla DAG ( $M_i=0,65$  ve  $N_i=0,58$ ;  $M_i=0,67$  ve  $N_i=0,61$ ) ve TUG ( $M_i=0,25$  ve  $N_i=0,23$ ;  $M_i=0,23$  ve  $N_i=0,21$ ) ilk iki sırayı oluşturmaktadır. Onları, Gökyüzü Parlaklığı/Arka Alan Parlaklığı kriterinde EÜG ( $M_i=0,11$  ve  $N_i=0,10$ ), Yükseklik/Rakım kriterinde ise  $M_i=0,08$  ve  $N_i=0,07$  eşit ağırlıklarla EÜG ve AÜKG takip etmektedir.

Antropojenik kriterlere göre alternatiflerin ağırlıklarının belirlenmesi ile ilgili bulgular;

**Tablo 8.** Işık kirliliği / Yapay Işık ve Altyapısal Yeterlilik (Elektrik, Su, İnternet, Ulaşım) kriterine göre her alternatifin ortalama ve normalleştirilmiş bağlı ağırlıkları

Işık kirliliği / Yapay Işık			Altyapısal Yeterlilik		
Alternatif	$M_i$	$N_i$	Alternatif	$M_i$	$N_i$
UG	0,05	0,04	UG	0,05	0,04
EÜG	0,08	0,07	EÜG	0,09	0,08
TUG	0,29	0,27	TUG	0,32	0,28
AÜKG	0,05	0,04	AÜKG	0,08	0,07
DAG	0,62	0,57	DAG	0,63	0,54

Tablo 8'de görüldüğü üzere Işık Kirliliği/Yapay Işık ve Altyapısal Yeterlilik kriterlerine göre DAG ( $M_i=0,62$  ve  $N_i=0,57$ ;  $M_i=0,63$  ve  $N_i=0,54$ ) ilk sırada yer alırken, TUG ( $M_i=0,29$  ve  $N_i=0,27$ ;  $M_i=0,32$  ve  $N_i=0,28$ ) ikinci sırada ve EÜG ( $M_i=0,08$  ve  $N_i=0,07$ ;  $M_i=0,09$  ve  $N_i=0,08$ ) üçüncü sırada yer almıştır. Meteorolojik-coğrafi ve antropojenik kriterlere göre her bir alternatif için toplam sonuçlar Tablo 9 ve Tablo 10 da gösterilmiştir.

**Tablo 9.** Meteorolojik-coğrafi kriterlere göre toplam sonuçlar



	Ağırlık	UG	EÜG	TUG	AÜKG	DAG
<b>Bulut Örtüsü/ Bulutluluk</b>	0,30	0,03	0,07	0,33	0,06	0,52
<b>Rüzgâr Hızı</b>	0,05	0,04	0,08	0,37	0,15	0,37
<b>Bağıl Nem</b>	0,20	0,04	0,06	0,26	0,08	0,56
<b>Toz</b>	0,06	0,08	0,07	0,18	0,05	0,62
<b>Atmosferik Dönüşüm Katmanı</b>	0,05	0,03	0,09	0,23	0,05	0,60
<b>Türbülans/ Atmosferik görüş</b>	0,27	0,03	0,08	0,25	0,05	0,59
<b>Gökyüzü /Arkapan parlaklığı</b>	0,05	0,03	0,10	0,23	0,06	0,58
<b>Yükseklik</b>	0,02	0,04	0,07	0,21	0,07	0,61
<b>Toplam</b>	<b>1,00</b>	<b>0,04</b>	<b>0,07</b>	<b>0,27</b>	<b>0,07</b>	<b>0,55</b>

Tablo 9 değerlendirildiğinde toplam ağırlıklara göre 0,55 ile DAG'nin ilk sırada olduğu görülmüştür. DAG'ni 0,27 ile TUG takip etmektedir. EÜG ve AÜKG ise 0,07 eşit ağırlıkları ile üçüncü sırada yer almaktadırlar.

*Tablo 10. Antropojenik kriterlere göre toplam sonuçları*

	Ağırlık	UG	EÜG	TUG	AÜKG	DAG
<b>Işık Kirliliği/ Yapay Işık</b>	0,87	0,04	0,07	0,27	0,04	0,57
<b>Altyapısal Yeterlilik</b>	0,13	0,04	0,08	0,28	0,07	0,54
<b>Toplam</b>	<b>1,00</b>	<b>0,04</b>	<b>0,07</b>	<b>0,27</b>	<b>0,05</b>	<b>0,57</b>

Tablo 10'dan anlaşılacağı üzere DAG 0,57 ile ilk sıradadır. 0,27 ile TUG ikinci sıradadır. Üçüncü sırada ise 0,07 ile EÜG yer almaktadır.

## **IV. TARTIŞMA ve SONUÇ**

Son zamanlarda ülkenizde de önem kazanan uzay çalışmalarının temel parametrelerinden olan gözlemvlerinin doğru yerde kurulması hem sağlıklı gözlem sonuçları için hem de maliyet açısından oldukça önemlidir. Bu doğrultuda küresel, bölge ve ülke çapında farklı çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda gözlemevi yer seçimi yapılırken CBS ile birleştirilmiş çok kriterli karar verme yöntemleri, istatistiksel analizler, ilgili parametre ölçümlerinin karşılaştırılması veya öznel bir puanlama sistemi kullanılmıştır. Fakat çalışmalar incelendiğinde bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanılmadığı görülmüştür. Alanyazında ki bu boşluğun çalışmanın özgün tarafını oluşturduğu düşünülmektedir. Söz konusu boşluğun doldurulması bağlamında çalışmada ülkedeki gözlemvlerinin konumlarının bulanık AHS yöntemi kullanılarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Bu amaç doğrultusunda yapılan karar analizi sonucunda Doğu Anadolu Gözlemevi'nin (DAG) hem meteorolojik-coğrafik hem de antropolojik kriterler açısından en doğru konumlandırılmış gözlemevi olduğu sonucuna varılmıştır. Sadece Rüzgâr Hızı kriteri kapsamında Doğu Anadolu Gözlemevi ile TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nin (TUG) eşit normalleştirilmiş ağırlıkta olduğu belirlenmiştir. Ayrıca TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nin genel olarak en doğru konum sıralamasında ikinci sırada yer aldığı görülmektedir. Ege Üniversitesi Gözlemevi (EÜG) üçüncü sırada stabilitesini korurken, Toz kriterinde Ulupınar Gözlemevi (UG), Yükseklik/Rakım kriterinde ise Ege Üniversitesi Gözlemevi ile eşit ağırlığa sahip olan Ankara Üniversitesi Kreiken Gözlemevi (AÜKG) üçüncü sırada yer almıştır. Alanyazına bakıldığında da elde edilen sonuçların 2015 yılında Aksaker ve arkadaşlarının [8] ağırlıklı toplam yöntemi kullanarak yaptıkları çalışmanın sonuçları ile paralel olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar her ne kadar gözlemvlerinin işleyişine yönelik bir sıralama vermese de yatırımların maliyet etkinliğinin ve gözlemlerden elde edilen veri kalitesinin değerlendirilmesi açısından önemlidir.

Çalışma gelecekte, alternatif ve kriter sayısı değiştirilerek, uzman sayısı artırılarak, farklı bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri veya makine öğrenmesi kullanılarak tekrarlanabilir. Bulunan sonuçlar mevcut sonuçlarla karşılaştırılarak daha doğru sonuçlar elde edilebilir. Ayrıca her ne kadar yer seçimi yerinde ölçüm gibi çok daha detaylı fizibilite çalışmaları gerektirse de sahip oldukları meteorolojik-coğrafik ve antropojenik özellikler doğrultusunda inşa edilecek yeni bir gözlemevi için Doğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu Bölgeleri ve Akdeniz'in doğu kısımlarının değerlendirilmesi önerilmektedir.

## **V. KAYNAKLAR**

- [1] D. Güler ve T. Yomralıoğlu, "Suitable location selection for the electric vehicle fast charging station with AHP and fuzzy AHP methods using GIS," *Annals of GIS*, vol. 26, no. 2, pp. 169-189, 2020.
- [2] K. O. Oruç ve M. Arıcan, "Bulanık analitik hiyerarşi süreci ve Bulanık Aras yöntemleri ile polis merkezi kuruluş yeri seçimi: Isparta örneği," *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, c. 24, s. 3, ss. 715-734, 2019.
- [3] F. Kazemi, A. Bahrami ve J. A. Sharif, "Mineral processing plant site selection using integrated fuzzy cognitive map and fuzzy analytical hierarchy process approach: A case study of gilsonite mines in Iran," *Minerals Engineering*, vol. 147, p. 106143, 2020.
- [4] Anonim. (2020, 17 Ağustos). *TÜBA Türkçe Bilim Terimleri Sözlüğü*, [Çevrimiçi]. Erişim: <http://terim.tuba.gov.tr/>
- [5] Anonim. (2020, 17 Ağustos). *Meteoroloji Genel Müdürlüğü* [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojisozlugu.aspx>.
- [6] Anonim. (2020, 3 Kasım). *Wikipedia* [Çevrimiçi]. Erişim: [https://tr.wikipedia.org/wiki/G%C3%B6ky%C3%BCz%C3%BC\\_parlakl%C4%B1%C4%9F%C4%B1](https://tr.wikipedia.org/wiki/G%C3%B6ky%C3%BCz%C3%BC_parlakl%C4%B1%C4%9F%C4%B1).
- [7] N. Demircioğlu Yıldız ve H. Yılmaz, "Işık kirliliği, ortaya çıkardığı sorunlar ve çözüm önerileri," *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, c. 1, s. 36, ss. 117-123, 2005.
- [8] N. Aksaker, S. K. Yerli, M. A. Erdoğan, E. Erdi, K. Kaba, T. Ak, Z. Aslan, V. Bakış, O. Demircan, S. Evren, V. Keskin, İ. Küçük, T. Özdemir, T. Özışık ve S. O. Selam, "Astronomical site selection for turkey using GIS techniques," *Experimental Astronomy*, vol. 39, no. 3, pp. 547-566, 2015.
- [9] Daniyal ve S. J. H. Kazmi, "Optimal site selection for an optical-astronomical observatory in Pakistan using Multicriteria Decision Analysis," *Research in Astronomy and Astrophysics*, vol. 19, no. 9, p. 129, 2019.
- [10] M. Freire, L. Della Ceca, M. Micheletti, I. Novara, B. Garcı'a ve A. Mancilla, "Site analysis in the Argentinean Andean region for the placement of astrophysical observatories and solar photovoltaic power plants. The case of the "Leoncito 2" site," *Advances in Space Research*, vol. 64, no. 2, pp. 551-566, 2019.
- [11] S. Nasiri, A. Darudi, H. G. Khosroshahi ve M. Sarazin, "Site selection for the 3.4 m optical telescope of the Iranian National Observatory," *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 486, no. 3, pp. 4226-4232, 2019.
- [12] A. Danesh, H. G. Khosroshahi, B. A. M. Javanmardi, . Y. Abedini, H. Altafi, M. Taghavinamin ve S. Sheikhanı, "Iranian national observatory project: seeing measurements at mount Gargash," *Experimental Astronomy*, vol 12, no. 1-2, pp. 145-160, 2019.

- [13] M. F. Aboushelib, A. A. Abozaid, S. Nawar, Y. Hendy ve A. Morcos, "Preliminary site selection for an observatory in the Egyptian Eastern Desert," *Astrophysics and Space Science*, vol. 364, no. 10, pp. 163, 2019.
- [14] G. Abdelaziz, R. Guebsi, N. Guessoum ve C. Flamant, "Search for best astronomical observatory sites in the MENA region using satellite measurements," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 869, pp. 012070, 2017.
- [15] N. Aksaker, S. K. Yerli, M. A. Erdoğan, Z. Kurt, K. Kaba, M. Bayazit ve C. Yesilyaprak, "Global site selection for astronomy," *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 493, no. 1, pp. 1204-1216, 2020.
- [16] İ. Ertuğrul ve N. Karakaşoğlu, "Performance evaluation of Turkish cement firms with fuzzy analytic hierarchy process and TOPSIS methods," *Expert Systems with Applications*, vol. 36, no. 1, pp. 702-715, 2009.
- [17] G. Bojadziev ve M. Bojadziev, *Fuzzy sets fuzzy logic applications*, Singapore: World Scientific Publishing, 1998.
- [18] A. Onay, C. Karamasa ve B. Sarac, "Application of fuzzy AHP in selection of accounting elective courses in undergraduate and graduate level," *Journal of Accounting, Finance and Auditing Studies*, vol. 2, no. 4, pp. 20-42, 2016.
- [19] H. Deng, "Multicriteria analysis with fuzzy pairwise comparison," *International journal of approximate reasoning*, vol. 21, no. 3, pp. 215-231, 1999.
- [20] D. Y. Chang, "Applications of the extent analysis method on Fuzzy AHP," *European Journal of Operational Research*, vol. 95, no. 3, pp. 649-655, 1996.
- [21] G. Akman ve A. Alkan, "Tedarik zinciri yönetiminde Bulanık AHP yöntemi kullanılarak tedarikçilerin performansının ölçülmesi: Otomotiv yan sanayiinde bir uygulama," *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, c. 5, s. 9, ss. 23-46, 2006.
- [22] M. Karaatlı, N. Ömürbek, İ. Budak ve O. Dağ, "Çok kriterli karar verme yöntemleri ile yaşanabilir illerin sıralanması," *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, c. 33, pp. 215-228, 2015.
- [23] A. Guitouni ve J. Martel, "Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method," *European journal of operational research*, vol. 109, no. 2, pp. 501-521, 1998.
- [24] C. Kahraman ve F. Tüysüz, "Group Decision-Making under Uncertainty: FAHP Using Intuitionistic and Hesitant Fuzzy Sets," in *Fuzzy Analytic Hierarchy Process*, Boca Raton, CRC Press, 2017, pp. 103-138.
- [25] T. Kaya ve C. Kahraman, "Fuzzy multiple criteria forestry decision making based on an integrated VIKOR and AHP approach," *Expert Systems with Applications*, vol 38, no. 6, pp. 7326-7333, 2011.
- [26] L. A. Zadeh, "Fuzzy sets," *Information and Control*, vol. 8, no. 3, pp. 338-353, 1965.
- [27] A. Beskese, C. Kahraman ve Z. Irani, "Quantification of flexibility in advanced manufacturing systems using fuzzy concept," *International Journal of Production Economics*, vol. 89, no. 1, pp. 45-56, 2004.
- [28] O. Kulak, S. Cebi ve C. Kahraman, "Applications of axiomatic design principles: A literature review," *Expert Systems with Applications*, vol. 37, no. 9, pp. 6705-6717, 2010.

- [29] F. T. S. Chan ve N. Kumar, "Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach," *Omega*, vol. 35, no. 4, pp. 417-431, 2007.
- [30] P. Van Laarhoven ve W. Pedrycz, "A fuzzy extension of Saaty's priority theory," *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 11, no. 3, pp. 199-227, 1983.
- [31] J. J. Buckley, "Fuzzy hierarchical analysis," *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 17, no. 3, pp. 233-247, 1985.
- [32] N. Y. Pehlivan, T. Paksoy ve A. Çalik, "Comparison of Methods in FAHP with Application in Supplier Selection," in *Fuzzy Analytic Hierarchy Process*, Boca Raton, CRC Press, 2017, pp. 45-72.
- [33] M. B. Ayhan, "Fuzzy ahp approach for supplier selection problem: a case study in a gearmotor company," *International Journal of Managing Value and Supply Chains (IJMVSC)*, vol. 4, no. 3, pp. 11-23, 2013.
- [34] T. Prakash, "Land suitability analysis for agricultural crops: A fuzzy multicriteria decision making approach," ITC Institute, 2003.
- [35] T. Çakar, "Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri," İstanbul: İstanbul Gelişim Üniversitesi Yayınları, 2020.