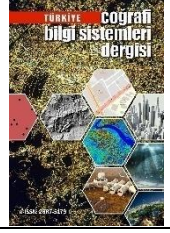




## Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/tucbis>

e-ISSN 2687-5179



# Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Alternatif Havalimanı Konumlarının Belirlenmesi; Ankara Örneği

Doğa Fidan<sup>\*1</sup>, Ali Ulvi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Ana Bilim Dalı, Mersin, Türkiye

### Anahtar Kelimeler:

Havalimanı  
AHP  
CBS  
Sürdürülebilirlik

### ÖZ

Havayolu modern dünyanın vazgeçilmez ulaşım yollarından biridir. Sağladığı güvenilirlik ve hızla beraber, insan ve kargo taşımacılığıyla ülkenin ve yerelin kalkınmasında büyük rol oynamaktadır. Günden güne artan talep doğrultusunda mevcut havalimanları ihtiyaçları karşılamakta yetersiz kalmakta bu da yeni havalimanlarının inşasını getirmektedir. İnşa edilecek havalimanlarının konumlandırılmasında birçok kriter etkili olmaktadır. Bu kriterlerin birlikte değerlendirilmesi ve önem derecelerine göre kıyaslaması çok kriterli karar verme yöntemleri kapsamında gerçekleşmektedir. Analitik hiyerarşi süreci (AHP) çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. Problemin çözülmesinde etkili olan kriterlerin ikili olarak karşılaştırılmasına ve bir hiyerarşik yapıda düzenlenmesine dayanmaktadır. Coğrafi bilgi sistemleri, (CBS) analiz, depolama, veri yönetimi, görselleştirme ve karar verme stratejilerinin geliştirilmesinde etkili bir yöntemdir. Aynı zamanda farklı yöntemlerle sağladığı uyum ile hızlı ve kullanışlıdır. Bu çalışmada inşa edilecek havalimanı için en elverişli konumun belirlenmesinde CBS ve AHP yöntemleri kullanılmıştır. Sürdürülebilir bir sonuç elde etmek amacıyla belirlenen teknik kriterlere çevresel ve kültürel kriterler de dâhil edilmiştir.

# Determination of Alternative Airport Locations with Geographic Information Systems and Multi-Criteria Decision-Making Methods; Ankara Example

### Keywords:

Airport  
AHP  
GIS  
Sustainability

### ABSTRACT

The airline is one of the indispensable means of transportation in the modern world. Along with the reliability and speed it provides, it plays a big role in the development of the country and the locality of human and cargo transportation. Due to the increasing demands day by day, the existing airports cannot meet the needs, and this situation brings the construction of new airports. Many criteria are effective in the positioning of the airports to be built. Evaluation of these criteria as a whole and comparison according to their importance takes place within the scope of multi-criteria decision-making methods. Analytical hierarchy process (AHP) is one of the multi-criteria decision making methods. It is based on the pairwise comparison of the criteria that are effective in solving the problem and their arrangement in a hierarchical structure. Geographic information systems (GIS) analysis is an effective method for developing storage data management, visualization and decision-making strategies. At the same time, it is fast and convenient thanks to its compatibility with different methods. In this study, GIS and AHP methods were used to determine the most suitable location for the airport to be built. In order to achieve a sustainable result, environmental and cultural criteria are also included in the technical criteria determined.

### \*Sorumlu Yazar

(dogafidan.61@gmail.com) ORCID ID 0000-0003-0856-5594  
(aliulvi@mersin.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-3005-8011

### Kaynak Göster:

Fidan D & Ulvi A (2022). Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Alternatif Havalimanı Konumlarının Belirlenmesi; Ankara Örneği. *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 4(2), 87-96.

## 1. GİRİŞ

Hava taşımacılığı, seyahat süresi, konfor ve güvenilirlik bakımından modern dünyanın vazgeçilmez ulaşım yollarından biridir ve günümüzde her geçen gün artan bir oranda tercih edilmektedir. Hava yolu ile ulaşım, küreselde ve yerelde ticaret için gerekli olan en önemli ulaşım ağını temsil etmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkeler için ekonomik büyümeyi arttırmada önemli bir rol oynamaktadır (Erkan & Elsharida, 2020). Hava ulaşımı, sağladığı diğer imkânların yanında nüfus hareketliliğiyle beraber turizmin artmasında, ulusal ve bölgesel ekonomilerin kalkınmasında ve gelişmesinde önemli katkılar sağlamaktadır.

Havalimanları ürünlerin, hizmetin, sermayenin, teknolojilerin ve fikirlerin, ulusal ve uluslararası pazarlara erişimini kolaylaştırmakta, böylece ekonomileri desteklemektedir (Çelik, 2017). Ayrıca yeniden düzenlenen park yerleri, otoparklar, havalimanı bünyesindeki restoranlar kafeler gibi işletmeler sayesinde iş olanakları bakımından dolaylı olarak yerelde büyümenin artmasına ve bölgelerin kalkınmasını sağlamaktadır (Turan & Turan, 2008; Erkan & Elsharida, 2020).

Türkiye’de havalimanları, birçok kişiye hizmet etmekte ve önemini günden güne artırmaktadır. Uçak hareketliliğindeki artış, büyük uçakların üretilmesi, artan yolcu ve kargo trafiği, mevcut havalimanlarının geliştirilmesi ya da yeni havalimanları inşa edilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Mevcuttaki havalimanının talepleri karşılayamadığı durumlarda yeni havalimanlarının inşa edilmesi kaçınılmazdır (Fidan vd., 2021). Bu aşamada inşası planlanan havalimanı tesisinin konumunun belirlenmesi gereklidir. İnşa edilecek havalimanı konumunun belirlenmesi yörenin spesifik özelliklerini ve çoklu kriterlerin değerlendirmesini içeren kapsamlı bir süreçtir (Erkan & Elsharida, 2019).

En elverişli konumun belirlenmesinde havaalanlarının uzun süreler boyunca hizmet vermesi gereken tesisler olduğu unutulmamalı gelecekteki ihtiyaçlar ve değişen durumlar göz önünde bulundurulmalı, finansal kaynaklar boşa harcanmamalı ve sürdürülebilirliğin ilkeleri göz ardı edilmeden stratejiler geliştirilmelidir (Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, 1987).

Uygun konumun belirlenmesi için çevresel, topoğrafik, ekonomik ve sosyal faktörlerin bir arada değerlendirilmesi gereklidir (Yakar & Fidan 2019). Ancak bu gibi projelerde ekonomik ve çevresel hedefler arasında çeşitli ödünleşimler gerçekleşmektedir. Örnekle, yeni bir havalimanı, talepleri tamamen karşılayarak en üst düzeyde ekonomik faydalar sağlayabilirken, çevrenin kirlenmesine, ormanların kesilmesine, artan gürültü ve sera gazı salınımları vb. etkiler ile yerel sakinlere ve çevreye çeşitli zararlar verebilmektedir. Bu durum planlanan projeye yönelik iki farklı tutuma yol açmaktadır. Bu sebeple havalimanının sürdürülebilir kalkınma ilkelerine göre konumlandırılması, çevresel, ekonomik, sosyal etkenler ve gelecekteki ihtiyaçlar analiz edilerek problem bütüncül olarak ele alınmalıdır (Russu, 2021).

Genelde aynı tür ve aynı önem düzeyinde olmayan birden çok kriterle beraber, problemin karmaşıklığı artmakta ve karara ulaşmak daha da zorlaşmaktadır (Fidan vd., 2022). Çözümde etkili olan kriterlerin önem derecelerini belirlemek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Problemlerin çözülmesi ve karar verme sürecine yardımcı olmak için çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılmaktadır (Palczewski & Salabun, 2019). Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. 1977’de Saaty tarafından geliştirilen yöntem, çoklu kriterlerin ikili olarak karşılaştırılmasına ve kriterlerin hiyerarşik yapıda ağırlıklandırılmasına dayanmaktadır. AHP çok kriterli, büyük ölçekli ve karmaşık problemlere kolay uygulanabilirliğinin yanı sıra farklı yöntemler ile de başarılı bir şekilde çalışabilmektedir (Erkan & Elsharida, 2019). Farklı kaynaklardan edinilen büyük hacimli mekânsal verinin varlığıyla beraber, karar vericiler ve planlayıcılar, verilerin depolanması, entegrasyonu, analizi ve görüntülenmesinde zor bir süreçten geçmektedir (Fidan & Fidan, 2021).

Coğrafi bilgi sistemleri (CBS), farklı türden verilerle kesintisiz çalışma ve depolama olanağı, modelleme, simülasyon, karar destek, anlık görselleştirme yetenekleri sayesinde günümüzde pek çok alanda kullanımını artırmıştır. CBS çeşitli sorunları ele almak, politikaları yönetmek, yenilikçi yöntemsel yaklaşımları ortaya koymak, planlar yapmak, stratejiler geliştirmek, hızlı ve sürdürülebilir çözümler ortaya koymak için sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Analiz ve planlama sürecinde, verilerin birbirlerine entegre edilmesinde ve çok sayıda farklı türden mekânsal verinin kullanıldığı projelerde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Li et al., 2020). CBS veri yönetimi ve stratejilerinin geliştirilmesinde aynı zamanda farklı yöntemlerle sağladığı uyum ile çok yönlü ve hızlı bir yöntem olduğu için bu gibi konum belirleme problemlerinin çözümünde etkili olmaktadır (Erkan & Elsharida, 2019).

Erkan & Elsharida, (2019) tarafından 1969-2017 yılları arasında bilimsel dergilerdeki havaalanı konum belirlenmesine ilişkin makaleleri araştırmış ve elde ettikleri bilgileri derlemişlerdir. Araştırmada havalimanı dışındaki tesisler ile ilgili yapılan diğer çalışmalar göz ardı edilmiştir. Makalelerde kullanılan ve en fazla tekrar eden kriterlerin yüzdeler değeri ortaya koyulmuştur. Havalimanlarının konumlarının belirlenmesinde en çok kullanılan kriterler %15.2 ile erişim, % 11.4 ile maliyet, %8.6 ile çevresel kriterler olarak tespit edilmiştir. Tesisin yerini belirlemek için genellikle AHP, Monte Carlo, Ağırlıklı Toplam Model (SAW), ideal Çözüme Ulaşmada Benzerlik Bakımından Sıralama Performansı Tekniği (TOPSIS), Bulanık TOPSIS, Delphi Yöntemi, Eleme ve Seçimleri Gerçeğe Çevirme Yöntemi (ELECTRE), bazen de bu yöntemlerin kombinasyonlarının uygulandığı tespit edilmiştir. Çalışmada yöntemlerin güçlü ve zayıf yönleri incelenmiş problemin çözümünde CBS’nin güçlü yönleri ile bulanık mantığın birleştirilmesi ile kısa sürede doğru sonuca ulaşılacağına sonucuna varılmıştır.

Sennaroglu & Celebi (2018), çalışmada çok kriterli karar verme yöntemleri kullanarak askeri havaalanı için en uygun konumun belirlenmesini amaçlanmıştır. Konumun belirlenmesinde; iklim, coğrafya, altyapı,

güvenlik, ulaşım gibi gereksinimlerinin yanı sıra çevresel ve sosyal etkiler de dikkate alınarak dokuz ana kriter ve otuz üç alt kriter belirlenmiştir. Kriterlerin kendi aralarındaki önem derecelerine göre ağırlıkları AHP kullanılarak belirlenmiştir. Önceden belirlenen dört alternatif bölgenin sıralama ve seçim işlemleri ÇKKV yöntemlerinden Zenginleştirme Değerlendirmesi için Tercih Derecelendirme Yöntemi (PROMETHEE), Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşmalı Çözüm (VIKOR), Karmaşık Orantılı Değerlendirme (COPRAS), Çoklu Nitelikli İdeal-Gerçek Karşılaştırmalı Analiz (MAIRCA) ve Çok Nitelikli Sınır Yaklaşım Karşılaştırması (MABAC) yöntemleriyle gerçekleştirilmiştir. Yöntemlerinin sonuçları karşılaştırılmıştır ve sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı korelasyonlar olduğu görülmüştür. Kullanılan yöntemlerin, yer seçimi problemlerinde ve sonlu sayıda alternatifli diğer çok kriterli karar problemlerinde başarılı bir şekilde kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır (Tablo 1).

Russu (2021), Portekiz’de yeni havalimanı için alternatif konumlar olarak Lizbon, Montijo, Beja ve Alcochete bölgelerini belirlemiştir. Kriterler ise; Lizbon’a olan mesafe, transfer sistemleri, altyapı durumu, korunan alanlara yakınlık (Çoruhlu & Çelik, 2022), arazinin topografik durumu, meteorolojik özellikler, sismolojik özellikler, hidrolojik özellikler, uçuş güvenliği, gürültü, alansal olarak büyüme (genişleme) potansiyeli, insan kaynağı, satın alma gücü, bölgesel kalkınma ve maliyet olarak belirlenmiştir. MACBETH yazılımında yapılan analiz sonucunda en uygun konumun Beja bölgesi olduğu tespit edilmiştir.

Erkan & Elsharida (2020), yaptıkları çalışmada, Afrika Kitası’nın kuzeyinde bulunan Libya’da yeni

havaalanı için uygun konumları araştırmıştır. Çalışmada karar etki eden kriterler beş ana kategoride sınıflandırılmıştır; bunlar, çevresel faktörler topografik koşullar, iklim faktörleri, altyapı tesisleri ve havalimanı işletme koşullarıdır. Her bir ana kriter alt kriterleri içermektedir. Toplam alt kriter sayısı 23’tür. Çalışmada ÇKKV yöntemi olarak AHP ve ROC yöntemleri kullanılmıştır. İki farklı yöntemle elde edilen sonuç haritalarının karşılaştırması yapılmış ve eşleşen piksellerin oranı %80.3 eşleşmeyen piksellerin oranı ise %19.7 olarak tespit edilmiştir.

Palczewska & Salabun (2019), Havalimanı konumunun belirlenmesinde PROMETHEE yöntemini kullanmıştır. Çalışmada ÇKKV modelinin çözümlenmesinde matrislerinin normalleştirilmesi aşamasında farklı yöntemleri işleme dâhil etmenin doğruluğu arttıracağını savunmuştur. Farklı kombinasyonlarda normalleştirme teknikleri üzerine çalışmıştır.

Badi et al. (2022), Kuzey Afrika’da inşa edilecek yeni havalimanının ÇKKV ile belirlenmesi üzerine çalışmıştır. Bu çalışmada Birleşik Mesafeye Dayalı Değerlendirme (Grey-CODAS) yöntemi kullanılmıştır.

Janic & Reggiani (2002), Avrupa Birliği için inşa edilmesi planlanan yeni havalimanının konumunun belirlenmesi üzerine çalışmıştır. Çalışmada üç farklı ÇKKV yöntemi kullanılmıştır. Bunlar, SAW, TOPSIS ve AHP yöntemleridir. ÇKKV yönteminin seçiminden ziyade, kullanılan kriterlerin ve kriter ağırlıklarının titiz bir şekilde belirlenmesinin çok daha önemli olduğunu vurgulamıştır.

**Tablo 1.** Havalimanı konumunun belirlenmesinde kullanılan yöntemler ve seçilen kriterler

Referans	Yöntem	Çalışma bölgesi	Kriterler
Sennaroglu & Celebi (2018)	PROMETHEE, VIKOR, COPRAS, MAIRCA, MABAC	Türkiye	Askeri ihtiyaçlar, genişleme potansiyeli, maliyet, çevresel ve sosyal etki, iklim koşulları, altyapı tesisleri, arazi durumu, arazi yapısı
Palczewska & Salabun (2019)	PROMETHEE	Polonya	Nüfus, kent merkezine mesafe, altyapı durumu, doğal kaynaklara ve koruma alanlarına yakınlık, coğrafya, toplu taşımaya yakınlık
Ertunç & Çay (2019)	AHP	Türkiye, Gümüşhane-Bayburt	Nüfus yoğunluğu, sıcaklık, yağış koşulları, kent merkezine mesafe, karayollarına mesafe, yükseklik durumu, eğitim durumu
Erkan & Elsharida (2020)	AHP, ROC	Libya	Çevresel faktörler, topografik koşullar, iklim durumu, altyapı tesisleri,
Russu (2021)	SWOT, MACBETH	Portekiz, Lizbon	Ulaşılabilirlik, kent merkezine yakınlık, toplu taşımaya yakınlık, altyapı durumu, doğa ve çevreye etki durumu, korunan alanlara yakınlık, meteorolojik şartlar, hidrolojik durum, depremsellik, uçuş güvenliği, gürültü durumu, genişleme potansiyeli, finansal faktör

Bu çalışmada inşa edilecek yeni havalimanının konumlanacağı en elverişli konumunun belirlenmesi için CBS ve AHP yöntemleri kullanılmıştır. Uygulama bölgesi Ankara ili olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada üç ana kriter ve on sekiz adet alt kriter grubu kullanılmıştır. AHP yöntemi kullanılarak teknik, çevresel ve kültürel kriter

gruplarına giren alt kriterler kendi aralarında karşılaştırılmış, hiyerarşik yapı oluşturulmuştur ve ağırlıklar elde edilmiştir. Daha sonra ağırlıkların CBS ortamına entegrasyonu gerçekleştirilmiştir. Kriter haritaları üzerinde sınıflandırma, analiz ve görüntüleme işlemi gerçekleştirilmiştir. CBS yazılımı olarak ArcGIS 10.4

kullanılmıştır. Kriterlerin seçimi ve ağırlıkların hesaplanması çalışma bölgesinin spesifik özelliklerine, günümüzdeki geçerli kurallara (Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı Havaalanları Master Planlama Esasları) ve literatür araştırmasına dayanmaktadır.

## 2. YÖNTEMLER

### 2.1. Analitik Hiyerarşi Süreci

**Tablo 2.** AHP derecelendirme ölçeği ve tanımlar (Saaty, 1980)

Daha az önemli			Eşitlik				Daha çok önemli					
1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9				
Aşırı	Çok güçlü	Güçlü	Orta	Aynı derece	Orta	Güçlü	Çok güçlü	Aşırı				
İndeks değerleri												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	

Birincil olarak kriterlerin önem derecelerine göre ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur (Eşitlik 1). Ardından her bir hücre değeri sütunlar toplamı değerine bölünür. Daha sonra oluşan matristeki satırlar toplamının ortalaması alınır. Elde edilen  $n \times 1$  boyutundaki matris ağırlık matrisi olarak adlandırılmaktadır (Eşitlik 2) (Saaty, 1980).

$$K = \begin{bmatrix} 1 & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & 1 & c_{23} & \dots & x_{2n} \\ x_{31} & x_{32} & 1 & \dots & x_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & x_{n3} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$A = \begin{bmatrix} y_{11} \\ y_{21} \\ \vdots \\ y_{n1} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Tutarlılık vektörünü elde etmek için Ağırlık matrisiyle (A) karşılaştırma matrisi (K) çarpılır. Elde edilen matrisin satırlarının aritmetik ortalaması  $\lambda_{max}$  değerini vermektedir. Burada  $\lambda_{max}$ , ikili karşılaştırma matrisinin maksimum özdeğeridir ve karşılaştırma matrisinin tutarlılık analizinde kullanılmaktadır. Bu analizde ikili karşılaştırma matrisinde kullanılan derecelendirme değerlerinin tutarlılığı test edilmektedir. Tutarlılık oranı (CR) Eşitlik 3 ve 4 kullanılarak hesaplanmaktadır (Saaty, 1980; Malczewski, 1999).

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4)$$

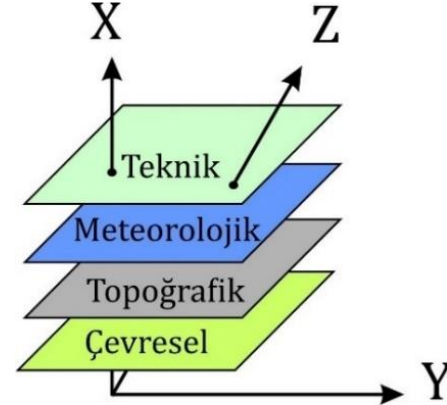
Eşitlik 4'te RI değeri rastgele indeks değeridir. Farklı kriter sayıları için RI değeri Tablo 2'de gösterilmektedir. Tutarlılık oranının 0.1 değerine eşit ya da daha küçük bir değer olması durumu karşılaştırma matrisindeki derecelendirme değerlerinin tutarlı olduğunu göstermektedir. Eğer tutarlılık oranı 0.1 değerinden büyük tespit edilir ise derecelendirme

AHP, temelde problemin çözümünde etkili olan kriterlerin kendi aralarında önem derecelerine göre karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Kriterlerin önem derecelerini belirlenirken göreceli önem ölçeği kullanılmaktadır (Tablo 2). Ölçekte bir puan, iki kriter arasında eşit önemi temsil ederken dokuz puan ise, bir kriterin diğerine göre aşırı derecede önemli olduğunu göstermektedir (Saaty, 2008).

değerlerini gözden geçirmek ve tekrar revize etmek gerekmektedir (Saaty, 1980; Malczewski, 1999).

### 2.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri

CBS, grafik ya da grafik olmayan verileri birleştirme, depolama, değiştirme, analiz etme ve görüntüleme işlemlerini bir bütün içerisinde gerçekleştirme yeteneğine sahip bir yöntemdir (Clarke, 1986; Avcı & Kuşak, 2010). Verilerin işlenmesinde, yönetimde ve entegrasyonunda, sorgulamada ve analizlerde etkin rol oynamaktadır. Farklı verilerin katmanlar olarak depolanması aynı zamanda karmaşık analizlerin yapılması CBS sayesinde oldukça kolaylaşmaktadır (Tona vd., 2022). Şekil 1'de CBS'nin çok katmanlı mimarisi gösterilmektedir.



**Şekil.1** CBS'nin çok katmanlı yapısı

CBS karmaşık problemlerin çözümünde çok yönlülüğü sayesinde karar verme stratejilerinin geliştirilmesinde kolaylıklar sağlamaktadır. CBS, havaalanı tesisinin inşası için en elverişli alanın belirlenmesi probleminde, çeşitli teknik, meteorolojik, topoğrafik, çevresel, afet durumları vb. mekânsal kriterleri oluşturulan karar verme modeline kolayca dâhil edilebilmektedir. Ayrıca veriler üzerinde düzeltme, analiz sınıflandırma ve verilerin birbirleri arasında ilişkiler kurulmasında etkin olarak rol almakta, karar verme sürecine katkıda bulunmaktadır (Cheng et al., 2007).

### 3. UYGULAMA

#### 3.1. Uygulama Bölgesi

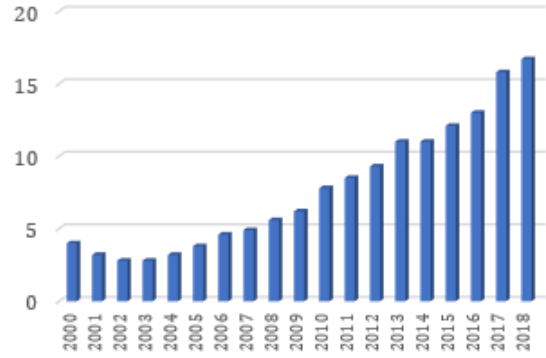
Uygulama bölgesi Türkiye Cumhuriyeti'nin başkenti ve en kalabalık ikinci kenti olan Ankara ili olarak belirlenmiştir. Ankara, başkent ilan edilmesinden bu yana özel ve kamu yatırımları bu bölgede yoğunlaşmış ve bu nedenle gerçekleşen göçlerle beraber kent nüfusunu günden güne artırmıştır. Kentin nüfusu 2021 yılı itibarıyla adrese dayalı nüfus kayıt sistemi verilerine göre 5,747,325'tir (Türkiye İstatistik Kurumu, 2021). Kent 25 ilçeden oluşmaktadır. Ankara, kuzeyde Batı Karadeniz Bölgesi'nde kalan kısımları hariç genel olarak Anadolu'nun orta kısmında ve İç Anadolu Bölgesi'nde yer almaktadır. Konya ve Sivas'tan sonra yüz ölçümü olarak Türkiye'nin üçüncü büyük kentidir.

Ankara kentinin yüzölçümü 26,281 kilometrekaredir. Kentin doğusunu Kızılırmak batısını ise Sakarya Irmağı beslemektedir. Kentin güneyinde Türkiye'nin en büyük ikinci gölü olan Tuz Gölü bulunmaktadır. Kuzeyinde Bolu ve Çankırı güneyinde Konya, doğusunda Kırıkkale, Kırşehir ve Çorum, batısında ise Eskişehir kentleri yer almaktadır (Şekil 2). Kentte kuzey kısımlarda yer yer Karadeniz iklimi görülürken kent bütününde genel olarak karasal iklim hâkimdir.



Şekil 2. Ankara ve çevre iller

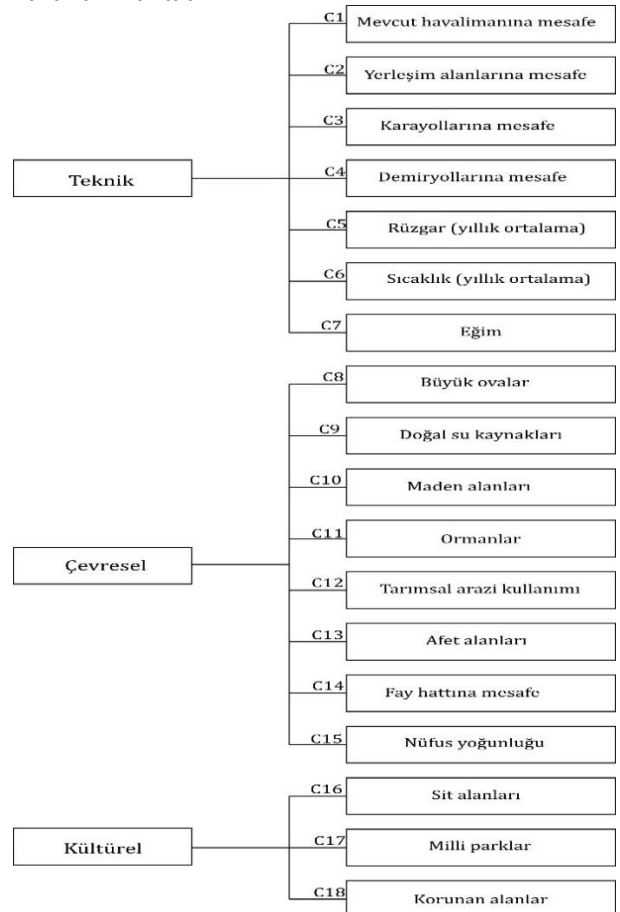
Ankara'da günümüzde askeri ve sivil olmak üzere beş havalimanı bulunmaktadır. Esenboğa Havalimanı Ankara'nın tek sivil havalimanıdır. Esenboğa Havalimanı 1955 yılından beri Ankara'ya hizmet eden uluslararası bir havalimanıdır. 18.2 hektarlık bir alan üzerine kurulu olan havalimanı iki adet (3.750x60 ve 3.750x45) piste sahiptir. İnşa edildiği günden bugüne yolcu ve kargo taşımacılığında başkentin hizmetinde olan Esenboğa Havalimanı'nda günden güne uçak hareketliliği ve yolcu sayısı artmaktadır. Şekil 3'te Esenboğa Havalimanı'nın 2000 ve 2018 yılları arasında iç ve dış hatlar toplam yolcu istatistikleri (milyon) verilmiştir (Devlet Hava Meydanları Genel Müdürlüğü, 2022).



Şekil 3. Toplam yolcu istatistikleri

#### 3.2. Çoklu Kriterlerin Belirlenmesi

Çoklu kriterler göz önünde bulundurularak inşasına başlanacak havaalanı için uygun konumun belirlenmesi önemli bir karar verme aşamasıdır. Kullanılacak kriterlerin belirlenmesinde çalışma bölgesinin spesifik özellikleri, günümüzdeki geçerli kurallar ve yönetmelikler (Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı Havaalanları Master Planlama Esasları) ve daha önce yapılan çalışmalar göz önünde bulundurulmuştur. Teknik, çevresel ve kültürel kriter ana sınıflarında alt kriterler gruplandırılmıştır (Şekil 4). Hedef ve ihtiyaçlara ulaşırken doğal sistemin bütünlüğünü bozmadan, çevreye zarar vermeden ve yörenin kültürel niteliğini koruyacak şekilde stratejiler geliştirilmelidir. Problemin çözümü için belirlenen teknik kriterlere çevresel ve kültürel kriterleri dâhil etmek çalışmaya sürdürülebilir bir yaklaşım kazandırmaktadır.



Şekil 4. Ana kriterler ve alt kriterler

### 3.3. Çoklu Kriterlerin Sınıflandırılması

Çalışmada teknik, çevresel ve kültürel kriterler olmak üzere üç ana kategoriye ait olmak üzere toplam on sekiz adet kriter kullanılmıştır. Teknik kriterler, karayolları, demiryolları, eğim, rüzgâr, sıcaklık, mevcut havalimanı ve mevcut yapılaşma alanlarıdır. Çevresel kriterler, doğal su kaynakları, büyük ovalar, maden alanları, orman alanları, tarımsal arazi kullanımı, afet alanları, nüfus ve diri faylardır. Kültürel kriterler ise, korunan alanlar, milli parklar ve sit alanlarıdır. Kriterlere 0 ile 5 aralığında derecelendirme değerleri atanmıştır (Tablo 3).

**Tablo 3.** Kriterlerin sınıflandırılması

Ana kriterler	Alt kriter	Sınıflandırma	Değer
Teknik	C1	0 - 10 km	2
		10 km - 20 km	3
		20 km - 30 km	4
		30 km <	5
		0 - 1 km	5
	C2	1 km - 2 km	4
		2 km - 3 km	3
		3 km - 4 km	2
		4 km <	1
	C3	0 - 1 km	5
		1 km - 2 km	4
		2 km - 5 km	3
		5 km - 10 km	2
	C4	10 km <	1
		0 - 10 km	5
		10 km - 20 km	4
		20 km - 30 km	3
		30 km <	2
	C5	4 m/s >	5
		4 m/s - 6 m/s	4
6 m/s <		3	
C6	8°C >	5	
	8°C - 12°C	4	
	12°C <	3	
	0° - 3°	5	
C7	3° - 5°	4	
	5° - 10°	3	
	10° - 15°	2	
	15° - 20°	1	
	20° <	0	
	Çevresel	C8	0 - 500 m
500 m <			5
C9		0 - 500 m	0
		500 m <	5
C10		0 - 500 m	0
		500 m <	5
C11		0 - 500 m	0
		500 m <	5
C12		Mera alanları	3
		Çıplak alanlar	5
		Su	0
		Orman alanları	0
C13		Tarımsal alanlar	0
		0 - 500 m	0
C14	500 m <	5	
	0 - 10 km	2	
	10 km - 20 km	3	
	20 km - 30 km	4	

**Tablo 3'ün devamı**

Ana kriterler	Alt kriter	Sınıflandırma	Değer
Çevresel	C15	30 km <	5
		500,000 >	5
		500,000 - 250,000	4
		250,000 - 100,000	3
		100,000 - 50,000	2
		50,000 <	1
Kültürel	C16	0 - 500 m	0
		500 m <	5
	C17	0 - 500 m	0
		500 m <	5
	C18	0 - 500 m	0
		500 m <	5

### 3.4. Çoklu Kriterlerin Ağırlıklandırılması

Ağırlık matrisi, tutarlılık vektörü ve tutarlılık indeks değerlerinin oluşturulması işlemi MS Excel yazılımında gerçekleştirilmiştir. Ana kriterlerden gelen ağırlıklar alt kriterlere entegre edilmiştir (Tablo 4). Bu sayede hiyerarşik yapı kurulmuştur. Ağırlık değerlerinin tutarlılık indeks değerleri belirlenen 0.10 değerinin altında elde edildiğinden karşılaştırmalar tutarlıdır ve ağırlıklar kullanılabilir niteliktedir.

**Tablo 4.** Kriterler ve ağırlıklar

Ana kriterler	Ağırlık	Alt kriterler	Ağırlık	Toplam ağırlık		
Teknik	0.1429	C1	0.0341	0.0049		
		<b>CR</b>	<b>0</b>			
		C2	0.1452	0.0207		
		C3	0.2043	0.0292		
		C4	0.1726	0.0247		
		C5	0.0477	0.0068		
		C6	0.0398	0.0057		
		C7	0.3563	0.0509		
		<b>CR</b>	<b>0.0263</b>			
		Çevresel	0.4286	C8	0.0443	0.0190
				C9	0.1572	0.0674
				C10	0.0658	0.0282
				C11	0.1623	0.0696
				C12	0.2104	0.0902
C13	0.1211			0.0519		
C14	0.1057			0.0453		
C15	0.1331			0.0571		
<b>CR</b>	<b>0.0946</b>					
Kültürel	0.4286			C16	0.3338	0.1430
		C17	0.1416	0.0607		
		C18	0.5247	0.2249		
		<b>CR</b>	<b>0.0464</b>			
<b>Toplam</b>			<b>1.0000</b>			

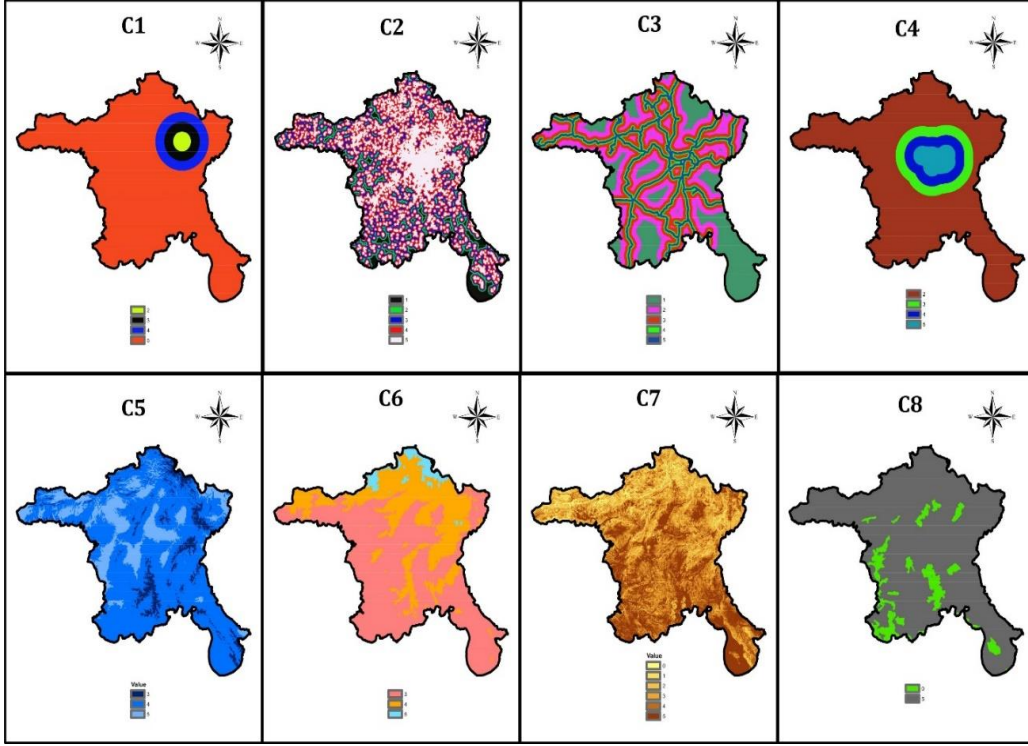
### 3.5. Kriter Haritalarının Oluşturulması

Veriler, Universal Transverse Mercator (UTM) 6 derece projeksiyon sisteminde, European Datum 1950 (ED50) datumunda tanımlanmıştır. Kriter haritalarında 100 metre x 100 metre piksel boyutu belirlenmiştir. Düzenleme ve kesme işlemlerinin ardından kriter haritalarının oluşturulmuştur. Kriterlerin belirlenen

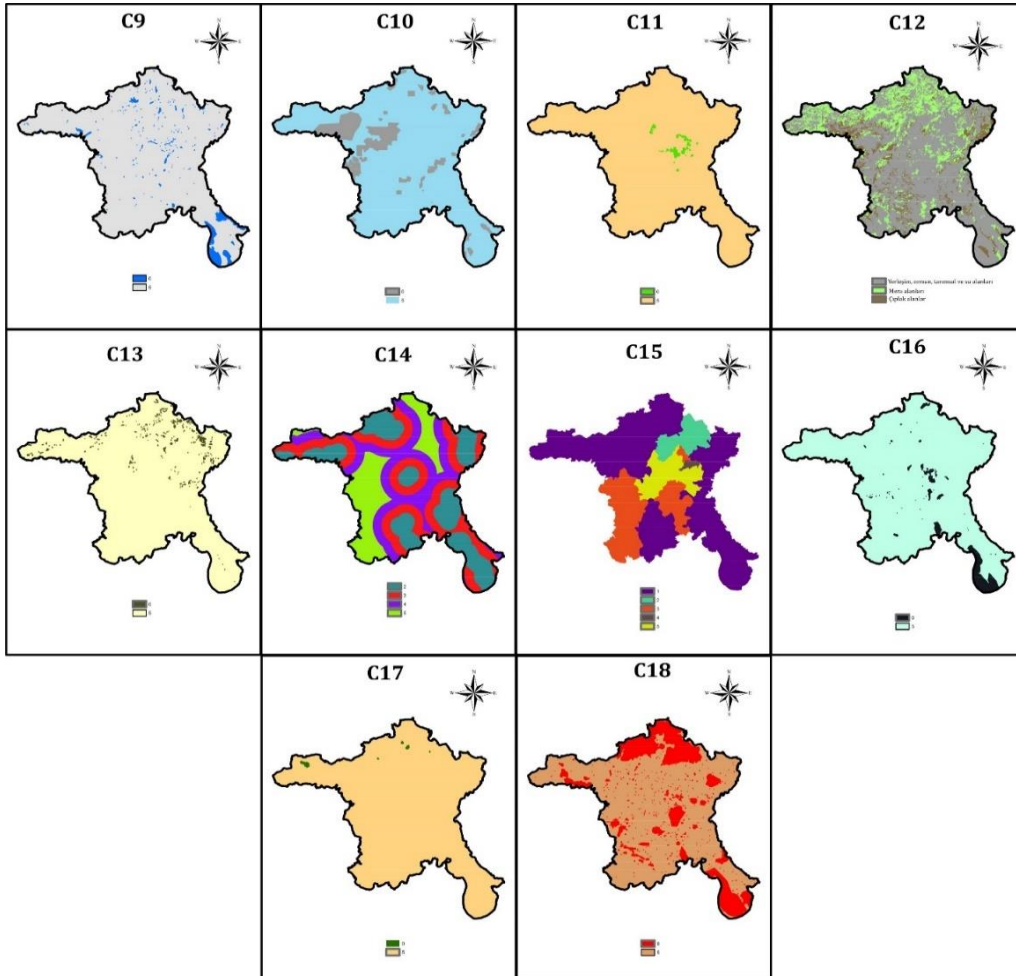
sınıf değerleri ve ağırlık değerleriyle birlikte haritalar sınıflandırılmıştır (Şekil 5 ve 6).

Kriter haritaları sahip oldukları ağırlıklarla beraber ağırlıklı bindirme işlemine alınmıştır. "Map Algebra,

Raster Calculator" mekânsal analiz komutu ile kriter haritaları sahip oldukları ağırlıklarla beraber üst üste bindirilmiş ve sonuç haritası elde edilmiştir.



Şekil 5. Sınıflandırılmış kriter haritaları



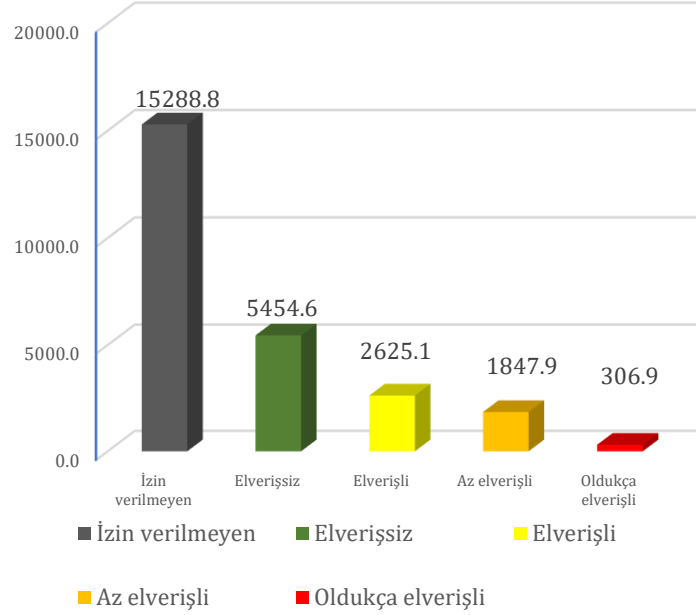
Şekil 6. Sınıflandırılmış kriter haritaları

#### 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

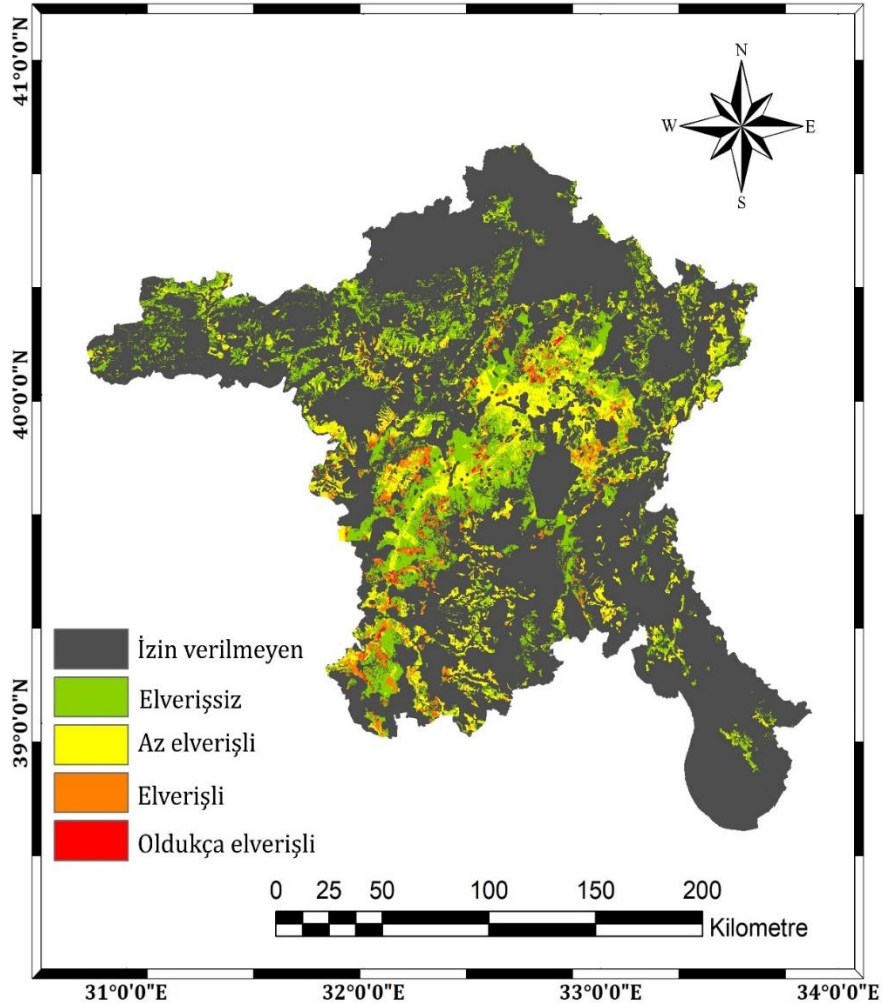
Sonuç haritasında havalimanı inşası için oldukça elverişli alanlar kırmızı renk ile ifade edilirken izin verilmeyen alanlar gri renk ile ifade edilmektedir. Şekil 7' de sınıflandırılmış sonuç haritasının belirttiği

bölgelerin alansal dağılımı gösterilmektedir. Değerler kilometrekare cinsinden verilmiştir.

Belirlenen parametrelere göre yapılan AHP analizi sonucunda oldukça elverişli ve elverişli sınıftaki piksellerin yol ağlarına ve mevcuttaki yapılaşmış bölgelere yakın olduğu görülmektedir (Şekil 8)



Şekil 7. Sonuç haritasının alansal dağılımı



Şekil 8. Sonuç haritası



Günümüzde havalimanları, birçok kişiye hizmet etmekte ve önemini günden güne artırmaktadır. Artan nüfus ve kargo trafiği yeni havalimanlarının inşa edilmesi ihtiyacını doğurmaktadır. Bu kapsamda yeni havalimanının konumunun belirlenmesi gereklidir.

Bu çalışmada CBS ve ÇKKV yöntemleri kullanılarak inşası planlanan bir havalimanı için elverişli alternatif potansiyel konumların belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada günümüzde neredeyse her alanda aktif bir şekilde kullanılan yöntemi AHP kullanılmıştır. Konumun belirlenmesi probleminin çözümünde, bölgenin spesifik özellikleri de göz önüne alınarak üç ana kriter on sekiz adet alt kriter grubu belirlenmiştir. Kriterlerin ikili karşılaştırmaları sonucu ağırlıkları hesaplanmış ve ağırlık değerleri CBS ortamında kriter haritalarına işlenmiştir.

Teknik ana kriter grubunun içerdiği karayolu, demiryolu, yerleşim yerlerine yakınlık vb. kriterlere çevresel ve kültürel ana kriter grubu dahil edilmiştir. Bu sayede günümüzün talep ve ihtiyaçları karşılanırken insan-çevre dengesinin korunmasına, doğal çevrenin zarar görmemesine ve kültürel mirasın yaşatılmasına dayanan sürdürülebilir bir yaklaşım geliştirilmiştir. Çevresel ve kültürel kriter ana sınıflarıyla birlikte; pek çok doğal koruma alanı, ormanlar, tabiat parkları, akarsu ve göl yakınları, milli parklar, vadiler, doğal sit alanları (1., 2. ve 3. derece), anıtlar, konaklar, hanlar, türbeler, mescitler, köprüler, camileri kiliseler, hamamlar, çeşmeler gibi kültürel ve tarihi yapılar; tümülüsler, höyükler, mağaralar, mezarlar, yeraltı şehirleri gibi arkeolojik kalıntılar, uygulama kapsamına dahil edilmiş ve bu bölgeler problemin çözülmesi aşamasında sınırlandırılmıştır.

CBS, mekânsal ve mekânsal olmayan verileri karar vericinin isteğine göre bilgiye dönüştüren güçlü araç ve yöntemlere sahiptir. ÇKKV için, gerekli olan mekânsal analiz, tamponlama, sınıflandırma ve bindirme gibi işlemleri kolaylıkla sağlayabilmektedir. Uygun olmayan bölgelerin ortadan kaldırılmaması (sınırlanamaması) durumu CBS kullanılarak kontrol edilebilmektedir. Ayrıca meteorolojik coğrafi verileri bu gibi karmaşık modellere entegre etmek için CBS'nin kullanılması gereklidir.

Ana kriter ağırlıkları alt kriterleri doğrudan etkilemektedir. Ana kriter gruplarından teknik kriterler %14 oranında bir ağırlığa sahipken çevresel ve kültürel kriterler %42 oranında ağırlıklara sahiptir. Bu durum çevresel ve kültürel ana kriterlerinin ve bu kriterlerden etkilenen alt kriter gruplarının sonuç haritasına etkisini arttırmaktadır. Elde edilen sonuç haritası yapılan diğer çalışmalar ile karşılaştırıldığında, izin verilmeyen alanların kapsam dışı bırakıldığı durumda; yol ağına, kent merkezine, nüfusun yüksek olduğu bölgelere ve mevcuttaki yapılaşmış sahalarla yakın bölgelerin havalimanı konumu için elverişli olduğu gözlemlenmektedir. Belirlenen kriterler ve kriterlerin oluşturduğu hiyerarşik yapı, sonuç haritasını doğrudan etkilemektedir. Bu sebeple kriterlerin ikili karşılaştırılması yapılırken titiz davranılmalıdır. Bu aşamada uzman görüşüne, yürürlükteki ilgili yönetmeliklere ve kanunlara başvurulması oldukça önemlidir.

Bu çalışmada yapılan uygunluk analizi teknik boyutta geçerli olabilir ancak, havalimanı projesinin uygulanabilir olması da nihai sonuca gitmede önem arz etmektedir. Bu sebeple karar verme sürecinde fizibilite çalışmalarının yapılması gereklidir. Elverişli tespit edilen araziler için gerekli bütün bilgilerin sistemli bir şekilde hem teknik hem de finansal açıdan değerlendirilmesi gereklidir. Sonuç haritasına finansal boyut kazandırmak için modele arazilerin güncel değerleri ve kamulaştırma maliyetleri dahil edilebilir. Ayrıca, kalkış ve iniş esnaslarında uçaklara kuş çarpma olaylarının önüne geçebilmek için kuşların göç rotaları ve benzeri kriterlerle birlikte çalışmanın sınırları genişletilebilir. Son olarak nihai sonuca karar vermeden önce sahada jeo-teknik analizlerin yapılmasının gerekli olduğu unutulmamalıdır.

## BİLGİLENDİRME/TEŞEKKÜR

Bu çalışmada sağladıkları karşılıksız veri için Ankara Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Daire Başkanlığına teşekkür ederiz.

## Yazarların Katkısı

Yazarlar çalışmaya eşit derecede katkı sağlamıştır.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

## KAYNAKÇA

- Avcı Z U & Kuşak L (2010). Mekânsal Planlamada Yeni Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Tekniklerinin Kullanımı. *TUJK'2010 Mekânsal Planlamada Jeodezi Sempozyumu*, İzmir, Türkiye.
- Badi I, Alost A, Elmansouri O, Abdulshahed A & Elsharief S (2022). An Application of a Novel Grey-CODAS Method to the Selection of Hub Airport in North Africa. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 6(1), 18-33. <https://doi.org/10.31181/dmame0313052022i>
- Cheng E W, Li H & Yu L (2007). A GIS Approach to Shopping Mall Location Selection, *Building And Environment*, 42(2), 884-892. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.10.010>
- Clarke K C (1986). Advances in Geographic Information Systems. *Computers, Environment and Urban Systems*, 10(3-4), 175-184. [https://doi.org/10.1016/0198-9715\(86\)90006-2](https://doi.org/10.1016/0198-9715(86)90006-2)
- Çelik D S (2017). Havayolu Taşımacılığı Endüstrisi ve Ekonomik Etkileri, *The Journal Of International Scientific Researchs*, 2(8), 82-89. <https://doi.org/10.23834/isrjournal.350019>
- Çoruhlu Y E & Çelik M Ö (2022). Protected Area Geographical Management Model From Design to

- Implementation for Specially Protected Environment Area. *Land Use Policy*, 122, 106357. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106357>
- Devlet Hava Meydanları Genel Müdürlüğü (2022). [Erişim Tarihi: 02.11.2022]. <https://www.dhmi.gov.tr/>
- Erkan T E & Elsharida W M (2019). Overview of Airport Location Selection Methods. *International Journal Of Applied Engineering Research*, 14(7), 1613-1618.
- Erkan T E & Elsharida W M (2020). Combining AHP and ROC with GIS for Airport Site Selection: A Case Study in Libya. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(5), 312. <https://doi.org/10.3390/ijgi9050312>
- Ertunç E & Çay T (2020). Havaalanı Yer Seçiminde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Kullanımı. *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(2), 200-210. <https://doi.org/10.36306/konjes.590605>
- Fidan D & Fidan Ş (2021). Yersel Lazer Tarama Teknolojileriyle Oluşturulan 3B Modellerin Akıllı Kent Uygulamalarında Kullanımı: Mersin Süslü Çeşme Örneği. *Türkiye Lidar Dergisi*, 3(2), 48-57. <https://doi.org/10.51946/melid.1021819>
- Fidan D, Oruç M E, Hamal S N G & Fidan Ş (2022). Tersine Mühendislik Uygulamalarında Yersel Lazer Tarayıcıların Kullanım Olanaklarının Araştırılması; Klasik Otomobiller Örneği. *Türkiye Lidar Dergisi*, 4(1), 1-10. <https://doi.org/10.51946/melid.1109529>
- Fidan Ş, Karabacak A & Ünel F B (2021). Kent Çekim Merkezlerindeki Yoğunluğun Kent Dışı Alanlara Aktarılması için Alışveriş Merkezi Geliştirme Örneği: Mersin İli, Mezitli İlçesi, Esenbağlar Mahallesi. *Türkiye Arazi Yönetimi Dergisi*, 3(1), 32-39. <https://doi.org/10.51765/tayod.902378>
- Janic, M & Reggiani A (2002). An application of the Multiple Criteria Decision Making (MCDM) Analysis to the Selection of a New Hub Airport. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 2(2/3).
- Li W, Batty M & Goodchild M F (2020). Real-time GIS for Smart Cities. *International Journal of Geographical Information Science*, 34(2), 311-324. <https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1673397>
- Malczewski J (1999). GIS and Multicriteria Decision Analysis. *John Wiley & Sons*, ISBN: 978-0-471-32944-2.
- Palczewska K & Salabun W (2019). Influence of Various Normalization Methods in PROMETHEE II: An Empirical Study on the Selection of the Airport Location. *Procedia Computer Science*, 159, 2051-2060. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.378>
- Russu A (2021). Airport Site Selection Using Multiple-Criteria Decision Analysis-The Case of New Lisbon Airport, *Master's Thesis*, Nova School of Business and Economics, Lisbon, 68 p.
- Saaty T L (1980). The Analytical Hierarchy Process, Planning, Priority, Resource Allocation. *RWS Publications*, USA.
- Saaty T L (2008). Decision Making With the Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
- Sennaroglu B & Celebi G V (2018). A Military Airport Location Selection by AHP İntegrated PROMETHEE And VIKOR Methods. *Transportation Research Part D: Transport And Environment*, 59, 160-173. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.12.022>
- Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (1987). Havaalanı Planlama Kılavuzu, Master Planlama.
- Tona A U, Demir V, Kuşak L & Yakar M (2022). Su Kaynakları Mühendisliğinde CBS'nin Kullanımı, *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 4(1), 23-33. <https://doi.org/10.56130/tucbis.993807>
- Turan F & Turan S K (2008). Havaalanlarının Sosyal Etkileri: Sabiha Gökçen Havaalanı Örneği. *Anlara Üniversitesi, Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi*, 5, 161-166.
- Türkiye İstatistik Kurumu (2021) [Erişim Tarihi: 02.11.2022], <https://data.tuik.gov.tr/>
- Yakar M & Fidan Ş (2019). Topografya, *Atlas Akademi*, ISBN 978-605-7839-21-3, Konya.



© Author(s) 2022.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>