

HAVAALANI YER SEÇİMİNDE COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) ve ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ (AHP) KULLANIMI

¹Ela ERTUNÇ , ²Tayfun ÇAY 

Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Konya,
TÜRKİYE

¹eertunc@ktun.edu.tr, ²tcay@ktun.edu.tr

(Geliş/Received: 11.07.2019; Kabul/Accepted in Revised Form: 11.08.2019)

ÖZ: Günümüzde hızla artan nüfusun hızlı, ekonomik, güvenilir ulaşım taleplerini karşılamak gün geçtikçe güç hale gelmiştir. Karayolu ulaşımına ek olarak, demir yolu ve havayolu ulaşımı da bu talebi karşılamak için gelişme göstermiştir. Gün geçtikçe yaygınlaşmakta olan havayolu ulaşımı; insanların daha hızlı, ekonomik, güvenilir şekilde seyahat edebilmelerini sağlamaktadır.

Havalimanı yapılmak istenen yerin belirlenmesi aşaması oldukça karmaşık bir problemdir. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) bu problemlerin çözümünde kullanılan bir karar verme yöntemidir. Bu çalışmanın amacı, Bayburt ve Gümüşhane illerinde havalimanı yapılabilecek en uygun alanların Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden en çok kullanılan 'Analitik Hiyerarşi Prosesi' kullanılarak belirlenmesidir.

Anahtar Kelimeler: Çok ölçütlü karar verme, Analitik hiyerarşik proses (AHP), Havaalanı yer seçimi, Coğrafi bilgi sistemi (CBS)

Use of Geographic Information Systems (GIS) and Analytical Hierarchy Process (AHP) in Airport Location Selection

ABSTRACT: Today, it has become increasingly difficult to meet the rapid, economic, reliable transportation demands of the rapidly growing population. In addition to road transport, rail and airline transport have also shown improvement to meet this demand. Airline transportation, which is becoming more and more widespread day by day; It enables people to travel faster, economically and reliably.

The determination of the location of the airport is a very complex problem. Analytical Hierarchy Process (AHP) is a decision making method used to solve these problems. The aim of this study is to determine the most suitable areas of airport in Bayburt and Gümüşhane provinces by using Geographical Information System (GIS) and Analytical Hierarchy Process which is the most widely used of Multi-Criteria Decision Making methods.

Key Words: Multiple criteria decision making, Analytical Hierarchical Process (AHP), Airport location selection, Geographical information systems (GIS)

GİRİŞ (INTRODUCTION)

Ulaşım, geçmişten beri insanlık için ekonomik ve kültürel açıdan önem taşımaktadır. Dünyada en hızlı gelişim gösteren bölgeler yeterince ulaşım ağına sahip bölgeler olmuştur. Günümüzde uçak mühendisliği alanındaki teknolojik gelişim, daha büyük, daha hızlı ve daha güvenli uçakların tasarımıyla birlikte hava taşımacılığı ücretlerinde önemli bir düşüş ve modern toplumun zamana daha fazla değer vermesiyle sonuçlanmış, bu da son yıllarda hava taşımacılığı sektörünün katlanarak gelişmesine yol açmıştır.



Üretilen bu önemli yolcu taşıma talebi dünyadaki havaalanı altyapısının iyileştirilmesi için gereksinimlere dönüşmüştür. Gelişmekte olan ülkeler için, hava taşımacılığı gelişimi hayati öneme sahiptir, çünkü izolasyonun kaldırılmasının yanı sıra ülkenin ekonomik kalkınmasına da önemli katkı sağlar. Bu durum, tur operatörlerinin tercihen doğrudan uçuşlar kullanarak yurtdışındaki turistlerin yoğunluğunu hava yoluyla taşıma eğilimi nedeniyle, mevcut havalimanlarının sayısının yükseltilmesi için sürekli bir talebe yol açmıştır. Bu nedenle son yıllarda Türkiye’de de havalimanı sayısı artırılmaya başlanmıştır.

Havaalanları, çoğu zaman çevre üzerinde önemli etkileri olan önemli ulaştırma projeleri olarak kabul edilmektedir. Belirli bir bölgedeki aday havaalanı sahalarının araştırılması sırasında, bir dizi çevresel, operasyonel kriterler, arazi kullanım planlaması ve kültürel kriterler göz önünde bulundurulur. Bir havaalanı yeri seçiminde; rüzgâr özellikleri, mevcut karayolu ağı ile olan etkileşim, havalimanının çevresindeki topografyadan kaynaklanan engeller önemli kriterler olarak sıralanabilir. Bu nedenle, bu kriterler göz önünde bulundurularak inşasına başlanacak havaalanı için uygun yerin seçilmesi önemli bir karar verme aşamasıdır.

Yer seçiminde yaygın olarak kullanılan en temel yöntemlerin başında çok ölçütlü nicel karar verme yöntemleri gelmektedir. Çok ölçütlü karar verme (ÇÖKV) yöntemleri ile birden fazla amacın en iyisinin bulunması hedeflenmektedir. Bilimsel çalışmalarda en sık kullanılan ÇÖKV yöntemlerinden biri de 1970’lerde Prof. Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)’dir (Lobo ve diğ., 2016). Aydın ve diğ. (2009), Ankara’da kurulması hedeflenen yeni bir hastane için yer seçimini, bu konudaki uzman görüşlerinin yardımıyla belirlenen kriterlere göre, AHP ile modellemiş ve bu konuda önerilerde bulunmuşlardır. Mohajeri ve Amin (2010), AHP ve veri zarflama analizi (DEA) yöntemlerini kullanarak, kuzeydoğu İran’daki Mashhad şehrinde yapılacak bir tren istasyonu için en uygun yeri bulmaya çalışmışlardır. Bu amaçla, 26 kriter ve beş (potansiyel) yer adayını kullanmış ve AHP uygulaması gerçekleştirerek tren istasyonu için yer önerisinde bulunmuşlardır. Erbiyık ve diğ. (2012), Türkiye’de bir perakende mağaza yeri seçimi için kriterler tanımlamışlar ve kriter seçim modelini AHP yöntemi ile kurmuşlardır. AHP yöntemi ile gerçek iş hayatında süt ürünlerine ait perakende mağazalarının en uygun yerini seçmeye çalışmışlardır.

Vahidi ve diğ. (2014), çalışmalarında Bulanık Analitik Hiyerarşi Sürecini (FAHP), Charmshahr adlı bir sanayi bölgesi için en iyi atık bertaraf yönteminin seçilmesinde kullanmışlardır. Bu bölge, çoğu deri ve tabakhane endüstrisi olan 200’den fazla fabrika içermektedir. Çöp toplama, geri dönüşüm, Atık Kaynaklı Yakıt yakma ve geleneksel yakma olmak üzere dört alternatifi, bertaraf yöntemleri olarak kabul etmişlerdir. İkili karşılaştırmaları, bireysel uzmanların maliyet, teknik güvenilirlik, fizibilite, atık tutarlılığı, çevresel etkiler, sosyal bakış açıları, mevcut bilgi ve bakım gibi sekiz kritere ilişkin kararlarına dayanarak yapmışlardır. Çevresel etkilerin ağırlığını en fazla, sosyal konuların ağırlığını ise en az seçmişlerdir. Sonuçlar olarak, özellikle ekonomik sorunlar, fizibilite ile su ve toprak kirlilikleri bakımından, toprağı doldurmayı, Charmshahr sanayi bölgesi için en uygun bertaraf yöntemi olarak seçmişlerdir.

İnce ve diğ. (2016), yeni bir özel sağlık kuruluşuna ihtiyacı olduğu düşüncesiyle Tuzla ilçesinde kurulması planlanan sağlık kuruluşu için en iyi yer seçimini gerçekleştirmek amacıyla AHP yöntemini kullanmışlardır. Lobo ve diğ. (2016), faaliyetlerini genişletmek için üç konumdan oluşan bir tesis kurmak için en iyi yeri seçmek isteyen bir şirkete yardımcı olmak amacıyla, AHP’yi mülk fiyatı, tedarikçilerden uzaklık, iş havuzunun kalitesi ve işçilik maliyeti gibi dört kriter göz önüne alarak kullanmışlar ve en uygun yer önerisinde bulunmuşlardır. Al-shabeeb (2016), kuraklığın etkisinde olan Ürdün Azraq havzasında olası su toplama alanlarını belirlemek için AHP yöntemini Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile bütünleşmiş bir şekilde uygulamış ve su toplama için uygun alanların gösterildiği bir sonuç haritası üretmiştir. Ding ve diğ. (2017), kentlerde kullanılan Talep Duyarlı Geçiş (DRT) rotalarını optimize etmek için AHP temelli çok amaçlı optimizasyon önermişlerdir. Optimizasyonun hedefi, hem transit ağlarının kapsama oranını hem de transit geçiş katılım oranını aynı anda en üst düzeye çıkarmak olarak belirlenmiş ve sonuçlar önerilen çoklu hedefli optimizasyon modelinin, kentsel geçiş sistemlerinin katkı oranını ve hizmet seviyesini iyileştirmedeki ümit verici performansla sahip olduğunu göstermiştir. Atthirawong ve MacCharty (2017), AHP kullanarak bir uluslararası saha seçimini değerlendirmek için yapılandırılmış bir

model önermişlerdir. AHP tabanlı modelin iki şirket ile kullanılabilirlik değerlendirmesini ele almışlar ve modelin etkinliğini, Tayland'da yabancı bir katılımcıya sahip bir şirket kullanarak göstermişlerdir. Jalilzadehazhari ve diğ. (2017), kapalı mekânlardaki pencere panjurlarının seçiminde AHP'yi, görsel, termal, enerji ve yaşam döngüsü maliyeti arasındaki değişime dayanarak seçmek için kullanmışlar ve AHP'nin bu tür problemleri yönetebilme kabiliyetini ortaya koymuşlardır.

Obeidat ve diğ. (2017) çalışmalarında, AHP kullanarak müşterilerin Ürdün'de satın almak için uygun bir daire seçmelerine yardımcı olmaktadır. Çalışma verileri Ürdün'e ait olsa da dünya çapındaki insanlar bu çalışmanın sonuçlarından faydalanabilecek niteliktedir. İki yönlü bir metodoloji kullanılmıştır. İlk olarak, Ürdün'deki emlak sektöründeki beş yatırımcıdan, müşterilerin daire satın alırken göz önünde bulundukları özellikler hakkında geri bildirimler alınmıştır. İkinci olarak, birkaç müşteriye, Ürdün emlak piyasasında bulunan 10 farklı daire alternatifinin önceliklerini elde etmek için 305 katılımcıdan toplanan ikili bir karşılaştırma anketi kullanılarak hayal ettikleri daire tercihleri sorulmuştur. AHP tekniği, müşterilerin en iyi satın alma kararına ulaşmalarına yardımcı olmak için toplanan verileri analiz etmek için kullanılmıştır.

Harwati ve Utami (2018), yeni bir pazarlama mağazasının yerini seçmek için mekâna uzaklık, rakiple rekabet seviyesi, potansiyel müşteri sayısı ve kira maliyeti gibi dört önemli ölçütü kullanmışlardır. AHP yöntemi ile optimum yeri belirlemek için nicel veriler kullanmışlar ve üç alternatif yer arasında en uygun konumu seçmişlerdir.

Sennaroğlu ve Çelebi (2018) çalışmalarında, askeri bir havaalanı için çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanarak bir yer seçimi problemini çözmüşlerdir. Çalışmada, aday yerler arasındaki en iyi yeri tespit etmek amacıyla dokuz ana kriter ve otuz üç alt kriter, sadece iklim, coğrafya, altyapı, güvenlik ve ulaşım gibi askeri bir havaalanının gereklilikleri değil, aynı zamanda çevresel ve sosyal etkiler de dikkate alınarak belirlenmiştir. Ölçüt ağırlıkları AHP kullanılarak belirlenmiş ve dört alternatif içerisinde uygun olanı seçilmiştir.

Bu çalışmada da, havaalanı yeri için sunulan alternatiflerden uygun olanını seçmek amacıyla CBS ile bütünlük bir AHP yöntemi kullanılmıştır. Bunun için Havaalanı planlamasında "T.C. Ulaştırma Bakanlığının Havaalanlarının Planlama ve Tasarım Teknik Esasları ve Sivil Havacılık Teşkilatı - Havaalanı Planlama Kılavuzu" incelenerek yer seçiminde kullanılması gereken en temel kriterler belirlenmiştir. Altı adet kriter için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuş, kriterlerin ağırlık matrisleri hesaplanmış ve alternatiflerden uygun olan önerilmiş ve uygun alanların gösterildiği bir sonuç haritası üretilmiştir.

MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

Çalışma, Gümüşhane ve Bayburt illerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın bu illerde gerçekleştirilmesinin nedeni, bu illerde çalışma başladığında gerçek bir havaalanı inşasına başlanmış olmasıdır. Nitekim çalışma sonucu da inşasına başlanılan yerin uygunluğunu doğrulamaktadır. Çalışmada kullanılan materyaller: Gümüşhane ve Bayburt illeri için nüfus yoğunluk bilgileri, meteorolojik veriler (sıcaklık, yağış), yükseklik, eğim bilgileri ve kara ulaşımına ve il merkezlerine erişim bilgileridir.

Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytical Hierarchy Process)

AHP, karar vericinin mevcut tüm alternatifleri, bunlara ait tüm kriterlere göre değerlendirerek, göreceli kriterlerin önem durumlarına ikili karşılaştırmalar yapması esasına göre çalışmaktadır. AHP'nin hiyerarşik yapısına göre, karar vericinin hedefi en üst seviyededir. Hiyerarşik yapıda alt seviyelere doğru inildikçe kriterler ve bu kriterlere ait alt-kriterler bulunmaktadır. Hiyerarşi seviyesi düştükçe alt kriterlere ulaşmakta ve bu kriterlerin ayrıntılarına inilmekte, başka bir deyişle belirginleşmektedir.

AHP uygulamasında öncelikle kriterlerin ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmalıdır. İkili karşılaştırma matrisi, AHP'nin asıl verilerini oluşturmaktadır. Matris, bütün alternatiflerin, tüm alt-kriterler altında mukayese edilmesine dayanmaktadır. Her bir seviyedeki kriterler, bir sonraki üst seviye kriterine göre önemi bakımından ikili bir şekilde karşılaştırılır. Hiyerarşinin tepesinden aşağıya doğru

işlem devam ederken, belirli bir seviyedeki ikili karşılaştırmalar aşağıdaki gibi çoklu kare matrislere ($K = [K_{ij}]_{n \times n}$) indirgenebilir:

$$\begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} \\ K_{31} & K_{32} & K_{33} \end{bmatrix}$$

Karşıt özelliklere sahip matris $R = \left[\frac{1}{K_{ij}} \right]_{n \times n}$ aşağıdaki gibidir:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ K_{11} & K_{12} & K_{13} \\ 1 & 1 & 1 \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} \\ 1 & 1 & 1 \\ K_{31} & K_{32} & K_{33} \end{bmatrix}$$

HP'de, Saaty (1980) 'de önerildiği gibi, öznel ikili karşılaştırmalar yapmak için önem derecesine göre 1'den 9'a kadar numaralandırılmış bir ölçek kullanılır (Tablo 1). İlk olarak, tüm ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. Sonra, Saaty'nin özvektör prosedürü temelinde ağırlık vektörü $W = [W_1, W_2, \dots, W_n]$ hesaplanır. Ağırlıkların hesaplanması iki adımda gerçekleştirilir: (1) normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur ve (2) ağırlıklandırılmış matris oluşturulur. Tablo 1'de oransal önem ölçeği, ikili karşılaştırma için Saaty tarafından geliştirilen 1-9 ölçeğine göre tanımlanmıştır.

Çizelge 1. 9 puanlık görelî önem ölçeği ve açıklamaları (Saaty, 1980)

Table 1. 9-point relative significance scale and explanations

Önem Ölçeği	Tanım	Açıklama
1	Eşit derecede önemli	İki seçenek eşit derecede öneme sahiptir.
3	Orta derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı biraz üstün kılmaktadır.
5	Kuvvetli derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı oldukça üstün kılmaktadır.
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir kriter diğerine göre üstün sayılmıştır.
9	Kesin önemli	Bir kriterin diğerinden üstün olduğunu gösteren kanıt çok büyük güvenilirliğe sahiptir.
2,4,6,8	Ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değerlerdir.
Yukarıdaki sıfır olmayan sayıların karşılıkları	Ters karşılaştırma için karşılıklar	

Oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi $K = [K_{ij}]_{n \times n}$ normalize edilmiş bir ikili karşılaştırma matrisi elde etmek için matris içindeki her bir elemanın sütun toplamına bölüdüğü (1) eşitliği kullanılarak normalize edilir (Chen, 2006; Bunruamkaew, 2012).

$$N_{ij} = \frac{K_{ij}}{\sum_{i=1}^n K_{ij}} \begin{bmatrix} N_{11} & N_{12} & N_{13} \\ N_{21} & N_{22} & N_{23} \\ N_{31} & N_{32} & N_{33} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Bütün j değerleri için de (1) eşitliği uygulanır.

Ağırlıklar, matrisin normalize edilmiş sütunları toplamının ağırlıklandırılmış matrisi elde etmek için kullanılan kriter sayısına (n) bölüldüğü (2) eşitliği kullanılarak hesaplanır (Bunruamkaew 2012).

$$W_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^n N_{ij}}{n} \begin{bmatrix} W_{11} \\ W_{12} \\ W_{13} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Bütün i değerleri için de (2) eşitliği uygulanır.

Tutarlılık vektörünü elde etmek için, ikili karşılaştırma matrisi ağırlık vektörü ile çarpılır; yani,

$$\begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} \\ K_{31} & K_{32} & K_{33} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} W_{11} \\ W_{12} \\ W_{13} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{11} \\ K_{12} \\ K_{13} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Ardından, ağırlıklı toplam vektörü kriter ağırlığına bölünerek elde edilir;

$$\begin{aligned} K_{v_{11}} &= \frac{1}{w_{11}} [K_{11}W_{11} + K_{12}W_{21} + K_{13}W_{31}] \\ K_{v_{21}} &= \frac{1}{w_{21}} [K_{21}W_{11} + K_{22}W_{21} + K_{23}W_{31}] \\ K_{v_{31}} &= \frac{1}{w_{31}} [K_{31}W_{11} + K_{32}W_{21} + K_{33}W_{31}] \end{aligned} \quad (4)$$

Ağırlık vektörü W ile ikili karşılaştırma matrisi K arasında aşağıdaki gibi bir ilişki vardır (Chen, 2006);

$$K_W = \lambda_{max} W$$

Karşılaştırma matrisinin maksimum öz değeri olan λ_{max} değeri (Mikhailov ve Tsvetinov 2004) AHP'de önemli bir doğrulama parametresidir. Hesaplanan vektörün tutarlılık oranını (CR) hesaplayarak bilgileri yansıtmak için referans indeksi olarak kullanılmaktadır (Chen 2006). λ , (6) eşitliği kullanılarak formüle edilen tutarlılık vektörünün değerinin ortalaması alınarak elde edilmektedir (Bunruamkaew 2012).

$$\lambda = \sum_{i=1}^n K_{v_{ij}} \quad (5)$$

CR'yi hesaplamak için, n'inci dereceden her bir matris için tutarlılık indeksi (CI), eşitlik (7) ile elde edilebilir (Chen, 2006).

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \quad (6)$$

Sonra CR, CI ve RI'nun birbirine oranı olarak eşitlik (7) ile verilebilir;

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (7)$$

Burada RI, rastgele oluşturulmuş bir ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen rastgele tutarlılık indeksidir. Tablo 2, 1'den 15'e kadar olan matrisler için RI değerlerini göstermektedir (Saaty, 1980). Herhangi bir seviyedeki herhangi bir daha yüksek değer ($RI > 0.01$), karar vericilerin kararlarını yeniden incelemeye gerek duyduğunu belirtir (Bunruamkaew, 2012), bu durumda Analitik Hiyerarşi Sürecinin 3. adımdan başlayarak gözden geçirilmesi ve revize edilmesi gerekmektedir (Şekil 1) (Chen, 2006).

Çizelge 2. N=1-15 için rastgelelik index değerleri (Saaty, 1980)

Table 2. Randomness index values for N=1-15

Random Index (RI)															
N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.58

Bir karar verme probleminde yer alan tüm kriterlerin ikili karşılaştırmalarının toplam ölçütünü oluşturmak için, bireysel değerlendirmelerin (8) eşitliği kullanılarak ortalaması alınmaktadır.

$$k_{ij}^{hp} = \sqrt[q]{\prod_{q=1}^q k_{ij}^q} \quad (8)$$

Burada k_{ij}^q , bir q ($q = 1, 2, 3, \dots, Q$), kriterinin K matrisinin bir elemanı, ve k_{ij}^{hp} tüm k_{ij}^q kriterlerinin aritmetik ortalamasıdır. Grup CR eşitlik (6) ve (7)'e göre hesaplanmaktadır (Saaty 1980; Chen, 2006; Akalın ve diğ., 2013).

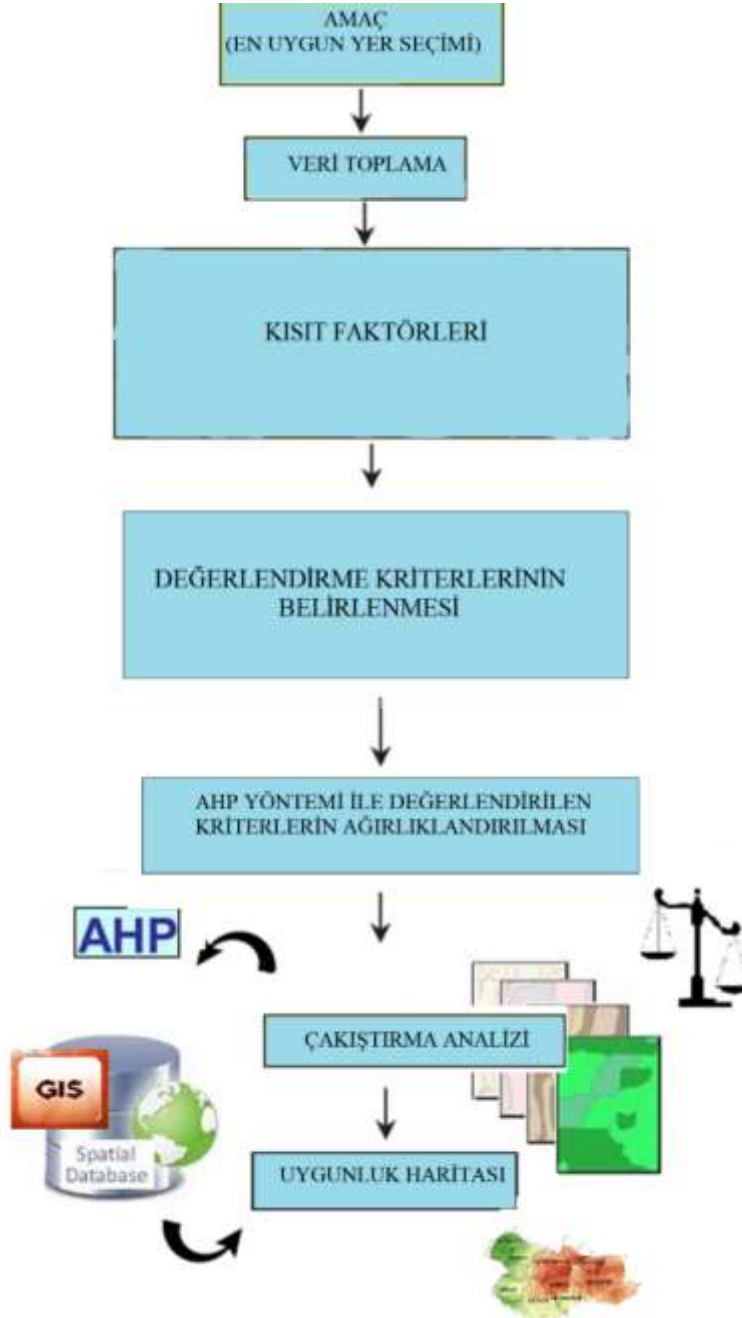
BULGULAR (RESULTS)

AHP yöntemine göre yer seçiminin yapılabilmesi için önce kriterler belirlendi ve hiyerarşik düzen oluşturuldu. Daha sonra kriterler arasında ikili karşılaştırmalar yapıldı. Elde edilen ikili karşılaştırma matrislerinden normalizasyon matrisleri oluşturuldu. Normalizasyon matrislerinden de öncelik vektörleri hesaplandı. İkili karşılaştırmaların, kendi içerisindeki tutarlılığını kontrol etmek içinde tutarlılık testleri yapıldı. Tutarlılık oranı, karar vericilerin ikili karşılaştırmalar sonucunda elde ettikleri kararların güvenilirliğini sorgulamak için hesaplanmaktadır. Bu oranın değeri 0,1 veya daha küçük bir değer olması durumunda, çift yönlü karşılaştırmalar kabul edilebilir bir tutarlılığa sahip olarak varsayılır. Değer 0,1'in üzerinde çıkması sonucun güvenilir olmadığını ve tutarsız kararların göstergesidir. Bu çalışmada hesaplanan tutarlılık oranı $CR = 0.0288$ 'dir. Tutarlılık oranı sağladıktan sonra karar matrisleri oluşturulmuştur. En son yapılan ağırlıklandırma sonucunda elde edilen etki ağırlıkları kullanılarak ArcGIS programında analizler yapılarak, yer seçimi için uygunluk haritası elde edilmiştir.

Ülkemizde son yıllarda özellikle nüfus yoğunluğu yüksek olan kentlerde havayolu ile seyahat eden yolcu sayısında önemli bir artış meydana gelmiştir. Bu nedenle, havaalanı yer seçimi için nüfus yoğunluğu önemli bir kriterdir. Şekil 2 (a), da görüldüğü gibi nüfus yoğunluğu, Gümüşhane ilinin merkezi ve Kelkit ilçesinde daha fazladır.

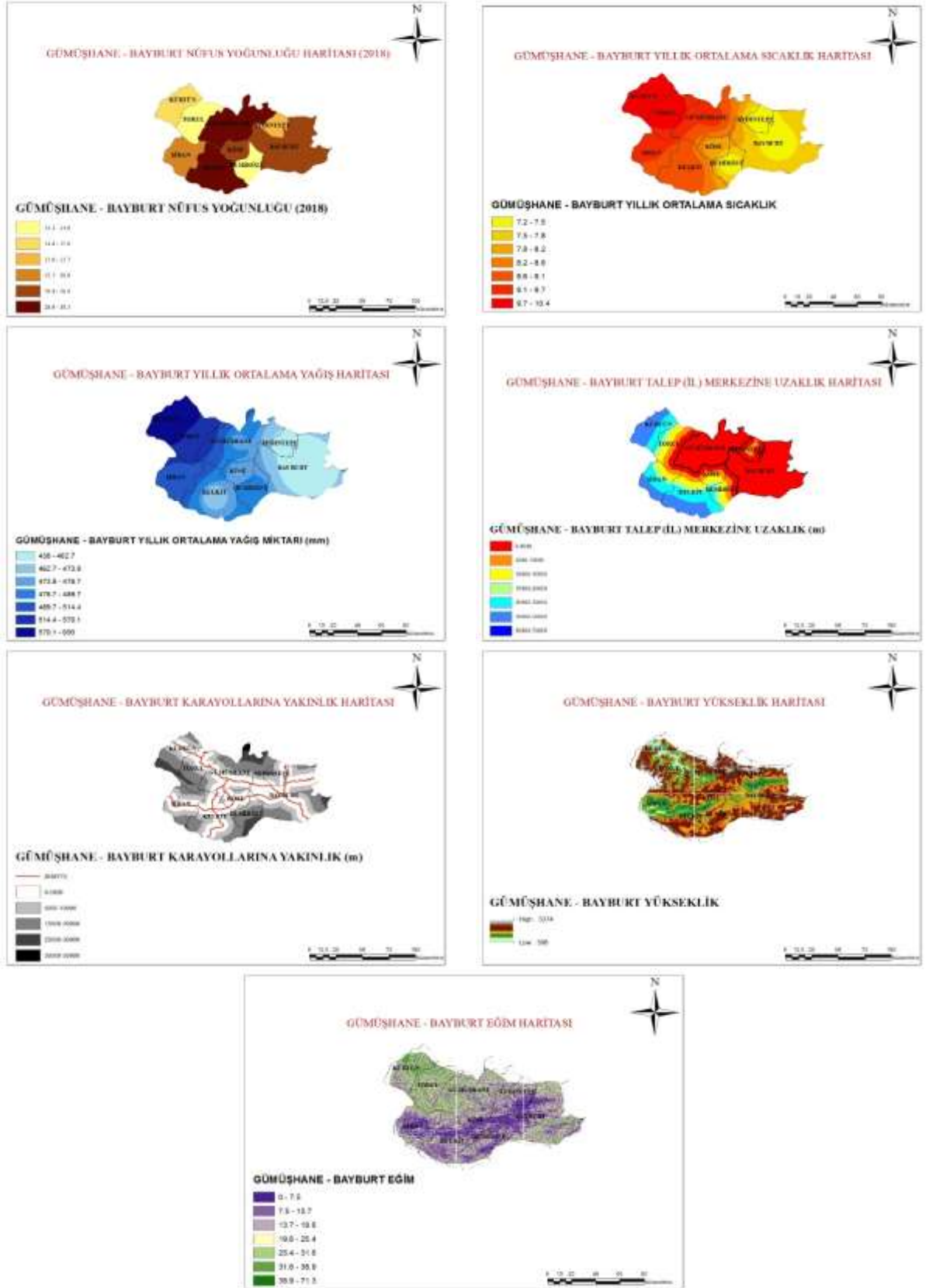
Yüksek sıcaklıkların görüldüğü bölgelerde daha uzun pistlere ihtiyaç olmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda havanın yoğunluğunun düşmesi nedeniyle, uçağın itiş gücü azaltılmaktadır. Bu durumda uçağın kalkışı için harcanan güç ve enerji sarfıyatı yükselmekte ve verimlilik düşmektedir. Şekil 2(b)'ye göre ortalama sıcaklık değeri, Bayburt il merkezi ile Demirözü ve Aydıntepe ilçelerinde daha düşük aralıkta olduğu için havalimanı yapımına daha uygundur.

Havaalanı yer seçimi sırasında arazinin topografik yapısı göz önünde bulundurulmalıdır. Yükseklik fazlaştıkça hava yoğunluğu artmakta ve dolayısıyla bu durumda pist uzunluğunu artırmaktadır. Güler (2014) tarafından yapılan çalışmaya göre, deniz seviyesinden her 1000ft yükselme için pist %7 uzatılmalıdır. Yükseklik arttıkça, görüş açısı azalabilir, inşaat maliyeti artabilir. Şekil 2(f)'e göre yükseklik açısından uygun bölgeler; Gümüşhane'nin Şiran İlçesi, Kelkit ilçesinin kuzeyi, Köse ilçesinin güneydoğusu ve Bayburt ilinin kuzeybatısı olarak görülmektedir.



Şekil 1. Havaalanı yer seçimi için işlem süreci

Figure 1. Process for airport location selection

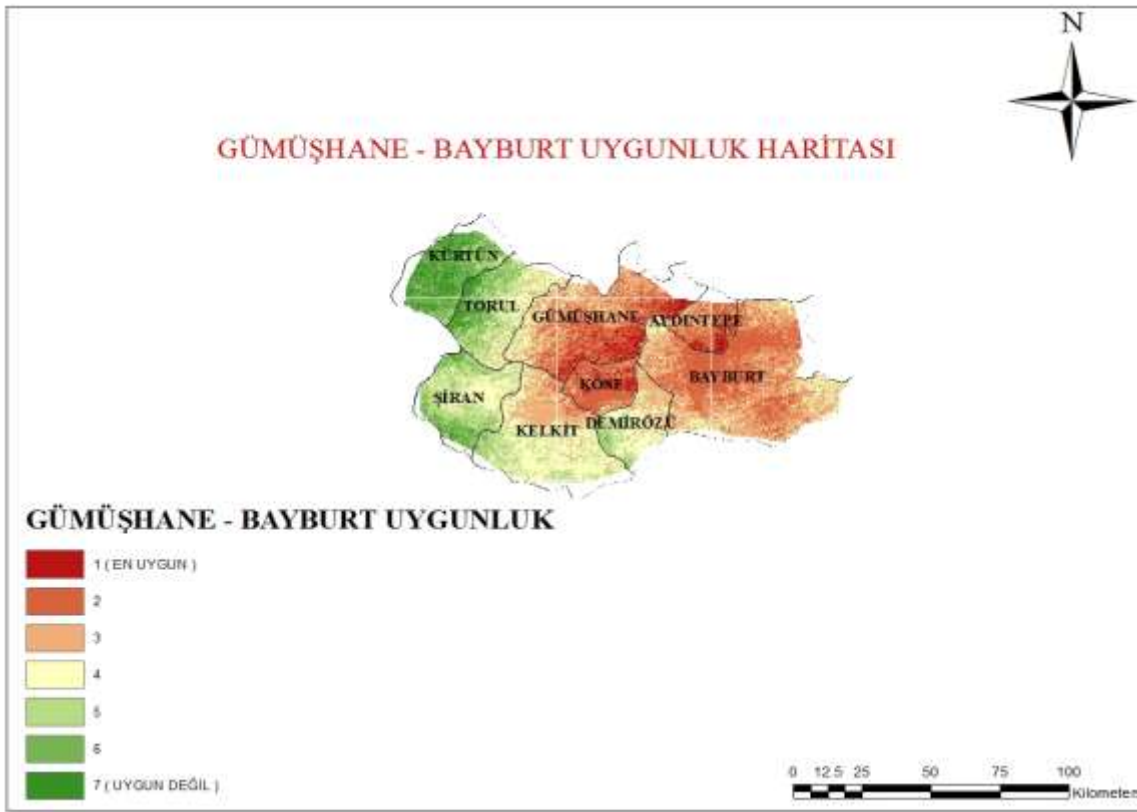


Şekil 2. a) Nüfus yoğunluğu haritası b) Sıcaklık haritası c) Yağış haritası d) İl merkezine uzaklık haritası e) Karayollarına yakınlık haritası f) Yükseklik haritası g) Eğim haritası

Figure 2. a) Population density map b) Temperature map c) Rainfall map d) Distance map to the city center e) Proximity map to highways f) Elevation map g) Slope map

Eğimi fazla olan bölgelerde uçak pistlerinden alınan verim düşmektedir. Eğim, arazinin drenajı ve tasarım, yapım açısından önemlidir. Çünkü bu kriter arazinin tesviye edilmesinde gerekli olan sınıflandırma ve zeminde gerçekleştirilecek işlemleri (kazı, dolgu vb.) belirler ve böylece sahanın hazırlanma maliyeti öğrenilmiş olur. Arazinin istenen seviyeye uygun hale getirilmesi ve drenajının sağlanmış olması maliyet açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır. Şekil 2 (g)'ye göre Gümüşhane merkez, Torul, Kürtün hariç Gümüşhane ve Bayburt'un diğer ilçeleri daha uygun görülmektedir.

Uygunluk haritası (Şekil 3) incelendiğinde, Gümüşhane il merkezi ve Köse ilçesi havaalanı yer seçimi için daha uygun görülmektedir. Kürtün ve Torul ilçeleri ise gerekli kriterler doğrultusunda uygun olmayan bölgeler olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, havaalanı yapımı için kullanılan kriterler incelendiğinde çalışma yapılan bölgede arasında Gümüşhane ili Köse ilçesi en uygun yer olarak görülmüştür.



Şekil 3. Uygunluk haritası

Figure 3. Suitability map

SONUÇ ve TARTIŞMALAR (RESULTS and DISCUSSIONS)

Havaalanları bir ülkenin ekonomi ve kültürel anlamda kalkınmasında önemli rol oynamaktadır. Ayrıca, havaalanları turizm sektörüne faydalıdır. Fakat havaalanlarının çevreye olan etkilerinin orantılı bir şekilde planlanması gerekmektedir. Havaalanları özellikli ve nitelikli yatırım projeleri olduğundan kurulması planlanan bölgelerden yer seçim sürecinin doğru bir karar verme sürecinden geçtikten sonra yapılması gerekmektedir. Çünkü bir bölgede kurulması planlanan havaalanının neresi olacağını belirleyen ve bu süreci etkileyen çok fazla kriter mevcuttur. Bu nedenle doğru kararın alınabilmesi için de birçok kriteri birlikte değerlendirerek karar alan bir sistem kullanmak gerekmektedir. Bu çalışmada havaalanı yer seçimi için gerekli olan kriterler arasında en önemlileri kullanılarak AHP ve CBS yöntemleriyle bütünlük bir sistem oluşturulmuştur ve havaalanının kurulması için en uygun yer seçimi yapılmıştır.

Yapılan çalışma sonucunda, Gümüşhane il merkezi ve Köse ilçesi yapılması planlanan havaalanı yeri için uygun bölgeler olarak belirlenmiştir. Gümüşhane iline ait olan Kürtün ve Torul ilçeleri ise yapılan incelemeler doğrultusunda havaalanı yeri için en uygun olmayan bölgeler olarak belirlenmiştir. Bu çalışmaya başlandığı zamanda, hava ulaşımının gün geçtikçe gelişmesi ve artan talep doğrultusunda Bayburt ve Gümüşhane illerinin ortak kullanımı amacıyla bir havaalanı yapılmak istendiği bilinmektedir. Bu yüzden bu alanda böyle bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Haziran 2018 tarihinde Gümüşhane'nin Köse ilçesi Salyazı köyünde yıllık 2 milyon yolcu kapasiteli havaalanı inşaatına başlanılmıştır. İki şehri havaalanı ile buluşturacak olan ve Gümüşhane'nin Köse ilçesine bağlı Salyazı köyünde yapımı süren havalimanı, Gümüşhane merkezine 67, Bayburt merkezine 47 kilometre mesafede inşa edilmektedir. Havaalanı inşaatına başlanan bölge bu çalışmada da en uygun yer olarak belirlenen alandır. Bu da çalışmanın sonucunun doğruluğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Akalın, M., Turhan, G., Şahin, A., 2013, "The Application of AHP Approach for Evaluating Location Selection Elements for Retail Store: A Case of Clothing Store", *International Journal of Research in Business and Social Science*, Cilt 2, Sayı 4, ss. 1-20.
- Al-shabeeb, A., R., 2016, "The Use of AHP within GIS in Selecting Potential Sites for Water Harvesting Sites in the Azraq Basin—Jordan", *Journal of Geographic Information System*, Sayı 8, ss. 73-88.
- Atthirawong, W., MacCarthy, B., 2017, "An Application of the Analytical Hierarchy Process to International Location Decision-Making", *In: Proceedings of the 7th annual Cambridge international manufacturing symposium: restricting global manufacturing*, University of Cambridge, Cambridge, ss. 1-18
- Aydın, Ö., Öznehir, S., Akçalı, E., 2009, "Ankara için Optimal Hastane Yeri Seçiminin Analitik Hiyerarşi Süreci ile Modellenmesi", *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt 14, Sayı 2, ss. 69-86.
- Bunruamkaew, K., 2012, "How to do AHP analysis in Excel", GIS Seminar, division of spatial information science graduate school of life and environmental sciences, university of Tsukuba.
- Chen, C., 2006, "Applying the analytical hierarchy process (AHP) approach to convention site selection", *Journal of Travel Research*, Cilt 45, ss.167-174.
- Ding, P., Li, R., Chen, Y., Zheng, C., Shen, J., 2017, "Route Choice Optimization of Demand Responsive Transit Based on Analytical Hierarchy Process", *18th COTA International Conference of Transportation Professionals*, ss. 3227-3236.
- Erbıyık, H., Özcan, S., Karaboğa, K., 2012, "Retail store location selection problem with multiple analytical hierarchy process of decision making an application in Turkey", *Procedia Social and Behavioral Sciences*, Cilt 58, ss. 1405-1414.
- Harwati, Utami, I., 2018, "Quantitative analytical hierarchy process to marketing store location selection", *MATEC Web of Conferences*, 154, 01075 (2018).
- İnce, Ö., Bedir, N., Eren, T., 2016, "Hastane Kuruluş Yeri Seçimi Probleminin Analitik Hiyerarşi Süreci ile Modellenmesi: Tuzla İlçesi Uygulaması", *Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, Cilt 1, Sayı 3, ss. 08-21.
- Jalilzadehazhari, E., Johansson, P., Johansson, J., Mahapatra, K., 2017, "Application of analytical hierarchy process for selecting an interior window blind", *Architectural Engineering and Design Management*, Cilt 13, Sayı 4, ss. 308-324.
- Lobo, V., B., Ansari, N., Alengadan, B., B., Gharat, P., Jacob, E., Mishra, P., 2016, "Location Selection for a Company using Analytic Hierarchy Process", *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, Cilt 5, Sayı 10, ss. 189-196.
- Mohajeri, N., Amin, G., R., 2010, "Railway station site selection using analytical hierarchy process and data envelopment analysis", *Computers & Industrial Engineering*, Cilt 59, ss. 107-114.
- Mikhailov, L., Tsvetinov, P., 2004, "Evaluation of services using a fuzzy analytic hierarchy process", *Applied Soft Computing*, Cilt 5, ss. 23-33.

- Obeidat, M., S., Qasim, T., Khanfar, A., 2018, "Implementing the AHP multi-criteria decision approach in buying an apartment in Jordan", *Journal of Property Research*, Cilt 35, Sayı 1, ss. 53-71
- Saaty, T.L., 1980, *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resources Allocation*. McGraw-Hill, New York.
- Sennaroğlu, B., Çelebi, G., V., 2018, "A military airport location selection by AHP integrated PROMETHEE and VIKOR methods", *Transportation Research Part D*, Cilt 59, ss. 160-173.
- Vahidi, H., Ghazban, F., Abdoli, M., A., Kazemi, V., D., Banaei, S., M., A., 2014, "Fuzzy Analytical Hierarchy Process Disposal Method Selection for an Industrial State; Case Study Charmshahr", *Arabian Journal of Science Engineering*, Cilt 39, ss. 725-735.