

# GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION SCIENCES AND TECHNOLOGIES (AIST)

Volume: 4, Issue: 1, p. 62-75, 2021

## AĞIRLIKLI HİYERARŞİ SÜRECİNİN (AHS) COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) DESTEKLİ PLANLAMA ÇALIŞMALARINDA KULLANIMI

### THE USE OF ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) IN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS) BASED PLANNING STUDIES

Ceren ÖZCAN TATAR<sup>1</sup>

Emrah YILMAZ<sup>2</sup>

Barış LAFCI<sup>1</sup>

Talha AKSOY<sup>1</sup>

(Received 11.01.2021 Published 01.03.2021) - Research Article

#### Özet

Yer seçimi, kaynak tahsisi gibi mekânsal sorunların ortaya konulması ve çözümünde hem çok büyük miktarda bilgi kullanılmakta, hem de bu verilerin sürece dâhil edildiği farklı kriterler uygulanmaktadır. Bu kararların üretilmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojileri, bir araç olarak planlama çalışmalarında, çok kriterli analizlerin yapımında sıklıkla tercih edilmektedir. Çok kriterli karar verme (ÇKKV) olarak anılan bu süreçlerde kullanılan AHS bu yöntemler arasında en sık tercih edilenlerden biridir ve karar verme süreçlerini barındıran farklı alanlarda kullanılmaktadır. Diğer kullanım alanları hariç tutularak bu çalışmada CBS destekli planlama çalışmalarına odaklanılmıştır. Mekânsal sorunların çözümlerinde çok miktarda bilginin çok farklı kriterlere göre değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu değerlendirme sürecinde birçokkriterli karar verme yöntemi olan analitik hiyerarşi süreci, coğrafi bilgi sistemleri ile entegre olarak kullanıldığında, çalışma sonucunda hedeflenen alternatif sonuçların seçimi hem kolaylaşmaktadır hem de daha doğru olmaktadır. Bu çalışmada analitik hiyerarşi sürecinin nasıl işlediği ve 9 farklı çalışmada kullanım alanları, kriterleri ve çıktıları üzerinden analitik hiyerarşi sürecinin coğrafi bilgi sistemleri destekli planlama çalışmalarındaki kullanımı incelenmiştir. AHS'nin CBS destekli planlama çalışmalarında kullanımını anlamaya yönelik olarak bir inceleme yapılmıştır. İnceleme sonucunda AHS'nin planlamada kentsel ve bölgesel ölçekte tesis yer seçimi, rota planlaması, işlev kararları, zemin değerlendirmesi gibi farklı alanlarda karar verici olan plancıya oldukça yardımcı olduğu görülmüştür.

Öte yandan incelenen makalelerde AHS metodu için ya manuel hesaplamaların ya da CBS'den ayrı bir yazılımın kullanıldığı saptanmıştır. Bu durum, AHS'nin CBS destekli planlama çalışmalarında daha faydalı kullanımı için CBS yazılımlarına entegre bir AHS modülünün

---

<sup>1</sup>SorumluYazar. Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri, Eskişehir, Türkiye. [ceren\\_ozcan@eskisehir.edu.tr](mailto:ceren_ozcan@eskisehir.edu.tr). [barislafci@eskisehir.edu.tr](mailto:barislafci@eskisehir.edu.tr). [talhaaksoy@eskisehir.edu.tr](mailto:talhaaksoy@eskisehir.edu.tr)

<sup>2</sup>BaşarsoftBilgiTeknolojileri A.Ş., Ankara, Türkiye, [emrah@basarsoft.com.tr](mailto:emrah@basarsoft.com.tr)

tasarlanmasının olumlu olacağını göstermiştir. Bunun yanında gelişen ileri teknolojinin yardımı ile yapay zekâ ve makine öğrenmesi ile planlama kararlarının daha verimli üretebileceği öngörülmektedir. Yığın veri ile plancılara yardımcı çok fazla verinin kullanılarak sonuç kararlar üretilerek süreç oldukça kısalabilmektedir. Sonuç olarak insan yaşamında yerleşime ilişkin oldukça önemli konuların karar verilmesinde CBS, AHS ve yapay zekâ yöntemlerinin entegre olarak kullanımı zaman ve maliyet sorunlarını ortadan kaldırıp daha uygun sonuçların elde edilmesini sağlayabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Analitik Hiyerarşi Süreci, AHS, Coğrafi Bilgi Sistemleri, CBS, Planlama Çalışmaları

### **Abstract**

In determining and solving spatial problems such as location selection, resource allocation, a huge amount of information is used, and different criteria are applied in which these data are included in the process. Geographic Information Systems (GIS) technologies are frequently preferred as a tool in planning studies and making multi-criteria analysis in the production of these decisions. The Analytic Hierarchy Process (AHP) used in these processes, referred to as multi-criteria decision-making (MCDM), is one of the most preferred methods among different MCDM methods and is used in different areas involving decision-making. Excluding other areas of use, this study focused on GIS supported planning studies. In solving spatial problems, a large amount of information should be evaluated according to very different criteria. In this evaluation process, when the analytical hierarchy process is used in integration with GIS, the selection of the objected alternative results becomes easier and more accurate. In this study, how the analytical hierarchy process works and its usage areas, criteria and outputs in 9 different studies are examined. The usage of analytical hierarchy process in geographic information systems supported planning studies are examined. A review has been made to understand the use of AHP in GIS supported planning studies. As a result of the study, it has been seen that the AHP is very helpful to the planner who is the decision maker in different areas such as urban and regional scale facility location selection, route planning, function decisions, land suitability evaluation. On the other hand, in the reviewed articles, it was determined that either manual calculations or a separate software was used for the AHP method. This situation has shown that it would be helpful to design an AHP module integrated with GIS software for more beneficial use of AHP in GIS supported planning studies. In addition, it is predicted that with the help of advanced technology, artificial intelligence and machine learning can produce planning decisions more efficiently. The process can be shortened considerably by generating final decisions using mass data and a lot of data that help planners. As a result, the integrated use of GIS, AHP and artificial intelligence methods in deciding very important issues related to settlement of humans can eliminate time and cost problems and provide more appropriate results.

**Keywords:** Analytic Hierarchy Process, AHP, Geographical Information Systems, GIS, Planning Studies

## 1. GİRİŞ

Karmaşıklığın git gide arttığı bir dünyada, şirketler, kamu kurumları ve diğer karar vericiler tarafından en iyi kararı vermek zorlayıcı bir görev haline gelmektedir. Bu nedenle Karar vericilerin hisleri ve sezileri ile karar vermesi yerini git gide sayısal ve analitik yöntemlere bırakmıştır. Uygulamalı matematik alanında geliştirilen birçok yöntem zorlu karar verme süreçlerinde karar vericiye destek olmak için kullanılmaktadır. Bunların içinde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) git gide kullanışlı bir yer edinmiştir (Brunneli, 2015). Yer seçimi, kaynak tahsisi gibi farklı mekânsal sorunların çözümünde de hem çok büyük miktarda bilgi kullanılmakta, hem de farklı kriterler uygulanmaktadır. Bu kararların üretilmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojileri, planlama çalışmalarında, çok kriterli analizlerin yapımında sıklıkla tercih edilmektedir. Çok kriterli karar verme (ÇKKV) olarak anılan bu süreçlerde birçok farklı yöntem kullanılmaktadır, AHS bu yöntemler arasında en sık tercih edilenlerden biridir.

Bu çalışmanın amacı bir ÇKKV yöntemi olarak AHS'nin irdelenmesi, CBS ve planlama çalışmalarındaki yerinin incelenip birkaç örnek üzerinden tartışılmasıdır. Bu kapsamda AHS'nin kullanıldığı 9 farklı CBS tabanlı planlama çalışması kullanım alanı ve kriterlerine göre incelenmiştir.

## 2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMİ OLARAK ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ

Kullanılan alan her ne olursa olsun, karar üretim sürecinde kararı etkileyen kriterlerin artması doğru kararın verilmesini ya da uygun alternatiflerin seçilmesini zorlaştırmaktadır. Çok kriterli karar verme olarak adlandırılan bu karar verme süreçlerinde farklı yöntemler kullanılmaktadır. AHS ise bu yöntemler arasında sık tercih edilenlerden biri olarak öne çıkmaktadır. AHS, karar verme sürecinde kullanılan kriterlerin farklı seviyelerde ikili karşılaştırılması ve ağırlıklandırılması, bunun sonucunda da alternatif kararların üretilmesi yöntemidir (Cheng et al., 2002; R. W. Saaty, 1987). AHS, ekonomik, sosyal ve idari birimlerdeki yapılandırılmamış problemlerin modellenerek etkili kriterlerin göreceli ölçümünü sağlamaktadır (Brunneli, 2015; Shim, 1989). Genel olarak AHS, aynı anda çok sayıda kriteri ele alarak karşılaştıran, bir sentez veya sonuca varmak için kriterlerin sayısal olarak değerlendirmesini yapan bir yöntemdir ve karşılaştırma sürecinde yalnızca somut ve ölçülebilir kriterleri değil, somut olmayan, öznel konuların da değerlendirilmesini sağlamaktadır (Brunneli, 2015; R. W. Saaty, 1987; Vargas, 1990). AHS'nin öne çıkan bir diğer özelliği ise lineer programlama, kalite işlev dağıtımı ve bulanık mantık (*fuzzylogic*) gibi farklı tekniklerle de entegre edilebilmesidir. Bu durum, kullanıcının farklı yöntemlerin avantajlarından aynı anda faydalanıp hedeflenen amaca daha iyi şekilde ulaşmayı kolaylaştırmaktadır (Vaidya & Kumar, 2006).

AHS 1971-1975 yıllarında T. L. Saaty tarafından, ordu için kıt kaynak tahsisi ve planlama ihtiyaçlarına çözüm olarak geliştirilmiş, 1980 yılında yayınlanan *The Analytic*

*Hierarchy Process* kitabında genel arka planı, benzer ve ilişkili yöntemlerle süreçler ve birçok uygulama örneği ile açıklanmıştır (Cheng et al., 2002; R. W. Saaty, 1987; T. L. Saaty, 1980; Shim, 1989). Alanda yapılan literatür taramalarına göre gün geçtikçe daha çok alanda, daha çok kişi tarafından tercih edilmiştir (Sipahi & Timor, 2010; Vaidya & Kumar, 2006; Vargas, 1990; Shim, 1989). Vaidya ve Kumar'a (2006) göre AHS'nin kullanımı Amerika Birleşik Devletleri gibi bilimsel araştırmaların yoğun olarak çalışıldığı ülkelerde başlamış ancak zamanla gelişmekte olan ülkelerde hem akademi hem kamu hem de özel sektörde daha fazla kullanılmıştır. AHS'nin daha çok kişi tarafından kullanılmasına paralel olarak 1980'li yıllarda, halen tercih edilen *Expert Choice* ve *Decision Analysis System* gibi farklı yazılım programları da geliştirilmiş ve popüler olarak kullanılmaya başlanmıştır (R. W. Saaty, 1987; Shim, 1989).

Saaty AHS'nin birçok faydası olduğunu belirtmiştir (T. L. Saaty, 1980). Bunlar dört maddede toplanabilir:

1. Yapılandırılmamış bir problemi mantıksal karar hiyerarşisine göre ayrıştırır.
2. Farklı seviyelerde yapılan ikili karşılaştırma kullanılarak uzmanlardan veya karar vericiden daha fazla bilgi elde edilebilir.
3. Kriterler ağırlık atamak için hesaplamaları düzenler.
4. Uzmanlardan alınan değerlendirmenin tutarlılığını doğrulamak için tutarlılık ölçüsü kullanır.
5. Hem nitel hem de nicel kriterleri değerlendirebilir (Cheng et al., 2002).

AHS temelde 6 ana adım içermektedir (Cheng et al., 2002; R. W. Saaty, 1987; T. L. Saaty, 1980; Shim, 1989; Vaidya & Kumar, 2006; Vargas, 1990):

1. Yapılandırılmamış problemin tanımlanması
2. Problemin sistematik hiyerarşi yapısında ayrıştırılması: Bir karar ağacına benzer şekilde farklı kriterler farklı seviyelerde yer alır. Problem en temel seviyedir, bunun altında anahtar ögeler belirlenir, daha altında ise alt kriterler belirlenir. Problem yapısına göre 3-4 farklı seviye de üretilebilir. Genel bir kural olarak, hiyerarşi genelden (üst seviyelerden) özele (alt seviyelere) veya belirsiz veya kontrol edilemezden (üst seviyeler) daha kesin veya kontrol edilebilir olana (alt seviyeler) geliştirilir
3. İkili karşılaştırma metodu uygulanır: Hiyerarşideki her bir grup bir matris oluşturur. N kriter için  $n(n-1)/2$  adet ikili karşılaştırma yapılır. Bu gruptaki ögelerin karşılaştırılması için genellikle uzmanlara ya da karar vericilere hangisinin daha önemli ya da etkili olduğunu soran, Saaty tarafından oluşturulmuş 9 puanlık bir skalayı barındıran bir anket uygulanır (Tablo 1).
4. Hiyerarşinin her seviyesindeki bileşen için göreceli ağırlıklar hesaplanır: Bu ağırlıklar satır ya da sütunlarda 1'e göre ya da yüzdelik şekilde normalize edilebilir, eigenvalue ya da geometrik orta yöntemi kullanılabilir.
5. Tutarlılık ölçümü yapılır. Tutarlılık oranı 0.1'den büyük olmamalıdır.
6. Göreceli ağırlıklar problem çözümünde karar alıcının senaryolarına göre farklı hesaplarda kullanılır.

AHS'nin uygulanmasında ikili karşılaştırmalar esas alınır. Öncelikle göreceli önemleri açısından kriterler ikişerli değerlendirilerek ana kriterler için öncelikli olanlar belirlenir. Bunun için ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmalıdır. Köşegende birbiriyle aynı kriterler birbiriyle kıyaslanacağı için 1 değerini alır. Bir sonraki adım ana kriterler birinin alt kriterlerinin bu şekilde karşılaştırılmasıdır.

Tablo 1 Temel Ölçekler (R. W. Saaty, 1987)

Mutlak ölçekte önem yoğunluğu	Tanım	Açıklama
1	Eşit önem/etki	İki faaliyet nesneye eşit derecede katkıda bulunur
3	Birinin diğerine göre ılımlı önemi/etkisi	Deneyim ve muhakeme, bir aktiviteyi diğerine şiddetle tercih eder
5	Esas ya da güçlü önem/etki	Deneyim ve muhakeme, bir aktiviteyi diğerine şiddetle tercih eder
7	Çok güçlü önem/etki	Bir faaliyet şiddetle tercih edilir ve hâkimiyeti pratikte gösterilir
9	Ekstrem önem/etki	Bir faaliyeti diğerine tercih eden kanıt, mümkün olan en yüksek onay sırasındadır.
2,4,6,8	İki bitişik yargı arasındaki ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde
Çift taraflı	i aktivitesi, j aktivitesi ile karşılaştırıldığında yukarıdaki sayılardan birine atanmışsa, o zaman j, i ile karşılaştırıldığında bunların tersine değer alır	
Oransal	Ölçüden kaynaklanan oranlar	Matrisi yaymak için sayısal değerler elde edilerek tutarlılık zorlanacaksa

N sayıda karşılaştırılan eleman, ölçekle belirtilenden daha yakınsa, 1.1, 1.2, ... ölçeği daha ince, uygun bir iyileştirme için kullanılabilir.

Eğer eigenvalue, tutarlılık oranı ve tutarlılık göstergesi başarılı ise normalleştirilmiş değerlere göre karar üretilir, eğer başarılı değil ise hedeflenen aralığa gelene kadar işlem tekrarlanarak düzenlenir. Eigenvalue yöntemi AHS'de ağırlık hesaplamak için en yaygın kullanılan yöntemdir, bunun yanında geometrik ortalama yöntemi de yaygın olarak kullanılır. Bu iki yöntemin dışında daha az kullanılan yöntemler ise en küçük kareler ve normalize edilmiş sütunlar yöntemleridir.

AHS, ÇKKV süreçleri içeren her alanda kullanılabilir. Bu skala kişisel kararlardan ticari, kurumsal ve yönetsel büyük ölçekli kompleks problemlere kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. Kullanım alanları aşağıdaki gibidir (Brunneli, 2015; R. W. Saaty, 1987; Vargas, 1990).

- Ekonomi/işletme
  - Denetleme
  - Veritabanı seçimi
  - Tasarım
    - Mimari
    - Büyük ölçekli problemler
  - Finans
  - Makro-ekonomi öngörülleri
  - Pazarlama
    - Tüketici tercihleri
    - Ürün tasarımı
    - Strateji
  - Planlama
  - Portfolio seçimi
  - Tesis konumlandırma
  - Öngörü-tahmin
  - Kaynak tahsisi
    - Bütçe
    - Enerji
    - Sağlık
  - Sıralı kararlar
  - Politika/strateji
  - Ulaşım
  - Su araştırmaları
- Politik sorunlar
  - Ordu kontrolü
  - Çatışma ve müzakereler
  - Politik adaylıklar
  - Güvenlik değerlendirmeleri
  - Savaş kararları
  - Dünya etkileşim
- Sosyal problemler
  - Mücadelede davranış
  - Eğitim
  - Çevre
  - Sağlık
  - Hukuk
  - İlaç
    - İlaç etkileme
    - Terapi seçimi
  - Nüfus dinamikleri
    - Bölgeler arası göç deseni
    - Nüfus büyüklüğü
  - Kamu sektörü
- Teknolojik problemler
  - Pazar seçimi
  - Portfolio seçimi
  - Teknoloji transfer

AHS çok tercih edilen ve sonuç alınan bir yöntem olmakla birlikte, yöntem hakkındaki herhangi bir yanlış anlama ya da yorum uygun olmayan kullanımlara yol açıp yanlış kararlar ya da teorilerin üretilmesine sebep olabilmektedir. Bu da doğrudan kararı veren kuruma ya da şirkete derin ve kalıcı hasarlar verilmesine sebep olabilir. AHS'nin hatalı kullanımı genel olarak 3 pratik soruna yol açar:

1. Sonuçların yorumu anlamsız olur, bu da çalışmanın değerini düşürebilir.
2. Çalışma sonucunda kaynaklar yanlış bulgular sebebiyle hatalı biçimde tahsis edilebilir
3. Çalışmanın okuyucuları hatalı AHS metodunu kendi çalışmalarında kullanarak yanlış yöntem benimseyebilir (Cheng et al., 2002).

Yukarıda da değinildiği gibi AHS farklı tekniklerle entegre edilebilmektedir. Bu teknikler arasında en yaygın kullanımlar Fuzzy AHS ve analitik ağ sürecidir (AAS).

Fuzzy AHS’de ikili karşılaştırma için oluşturulan matriste Saaty tarafından belirlenmiş değerler değil Fuzzy numaraları kullanılmaktadır. AAS ise aslında AHS’nin genellemesi olarak görülebilir. Brunneli’ye (2015) göre tek bir karar verici tamamen rasyonel ve pozitif gerçek sayıları kullanarak tüm bağımsız alternatifler ve kriterler üzerindeki tercihlerini tam olarak ifade edebilir. Ancak bazı kararlarda iki kriterin birbirini etkilemesi mümkündür. Hiyerarşinin bölümleri arasındaki karşılıklı bağımlılıkları ele almak için en iyi bilinen metodoloji, Analitik Ağ Süreci’dir. Başka bir deyişle, AHSAAAS’nin bağımlılıklar olmayan özelleşmiş hali olarak tanımlanabilir.

## 2.1 AHS’nin CBS’de Kullanımı

CBS 1960’larda geliştirildiği ilk dönemlerinden beri teknik, bilgi ve tecrübe anlamında önemli gelişmeler yaşamıştır. 1970’lerden bu yana bilgiler CBS ile mekânsal veriler daha sistemli şekilde analiz edilebilmektedir. Bu sayede CBS tabanlı çok kriterli analizlerin kullanımı yer seçimi gibi farklı mekânsal problemlerin çözümündeki payı büyük ölçüde artmıştır. CBS ve ÇKKV’nin entegre kullanımı mekânsal sorunlara doğru ve kullanışlı çözümler üretilmesini kolaylaştırmaktadır (Chandio et al., 2013).

Mekânsal sorunların çözümünde genellikle çok fazla miktarda bilginin, çok sayıda farklı kriterlere göre değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu ÇKKV sürecinde doğru kararın verilmesi için farklı yöntemler kullanılmaktadır. AHS bu yöntemler arasında en sık tercih edilenlerden biridir. AHS desteğiyle karar vericiler CBS çalışmalarında kullanışlı uygun sonuçlar elde edebilmektedir. CBS tabanlı ÇKKV çalışmalarında AHS kullanılarak çevresel planlama, ekoloji yönetimi, şehir ve bölge planlama, hidroloji ve su kaynakları, ormancılık, ulaşım, tarım, doğal risk yönetimi, tesis yer seçimi ve kaynak tahsisi gibi farklı konularda kararlar üretilebilmektedir (Chandio vd., 2013; Vahidnia vd., 2008).

AHS, CBS tabanlı ÇKKV süreçleri için çok güçlü bir araç olarak kullanılıyor olsa da bazı uzmanlar 1-9 arası tamsayıları kullanarak harita üretmenin ve kişisel tercih ve yargıların AHS sonuçları üzerinde çok etkili olmasının AHS yöntemini zayıflattığını düşünmektedir. 1-9 arası sayıların karar vericinin içsel belirsizliğini yeterince ifade edemediği konusunda AHS yöntemi eleştirilmektedir. Bu nedenle AHS’ye alternatif bir yöntem olarak bulanık (*fuzzy*) AHS (FAHS) yaklaşımı geliştirilmiştir. FAHS birçok karar verme probleminin ortak özelliği olan muğlaklığı tolere edebilmekte ve belirsizliği kontrol edebilmektedir. Tam sayılar bir insanın düşünce sistemini doğru biçimde yansıtamazken, karar vericiler FAHS ile aralık vererek belirsizlikleri daha iyi ifade edebilirler. Bu nedenle mekânsal kararların üretilmesi sürecinde ÇKKV yöntemlerinden olan FAHS’de AHS’ye alternatif olarak tercih edilebilmektedir (Kordi, 2008; Vahidnia et al., 2008)

## 2.2 AHS’nin Kent Planlama Çalışmalarında Kullanımı

Kent planlama sosyo-kültürel, çevresel, fiziksel ve ekonomik bilgilerin bir arada değerlendirilip, insan refahı, kamu yararı ve sürdürülebilirlik ilkelerine göre insan yerleşimlerinin tasarlanması olarak tanımlanabilir. Tanımda da görüldüğü üzere

planlama çalışmalarında çok fazla bilgi, farklı kriterlere göre değerlendirilip farklı alternatif çözüm önerilerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Bir ÇKKV süreci olan planlamada, AHS, planlamanın farklı alanlarında ve süreçlerinde tercih edilmektedir. Yer uygunluk ya da yer seçim analizleri, AHS'nin en çok kullanıldığı alan olarak öne çıkmaktadır. Ancak yer seçiminin yanında plan hedeflerinin ve sonuçlarının değerlendirilmesi (Palka vd., 2020; Ranasinghe & De Silva, 2016), kentsel yenileme uygulamaları (Lee & Chan, 2008), çevresel etki değerlendirme ve sosyal etki değerlendirme (Ramanathan, 2001) gibi planlamaya ilişkin diğer konularda da AHS tercih edilmektedir.

AHS, çevresel ve sosyo-ekonomik etki değerlendirme süreçlerinde farklı sosyo-ekonomik arka planlardan gelen insanların planlama sürecindeki düşüncelerini toplamayı kolaylaştırırken, kentsel yenileme uygulamalarında çoğunluğun ihtiyacını karşılayıp kamu yararı uyarınca karar almayı kolaylaştırmaktadır (Lee & Chan, 2008; Ramanathan, 2001). Öte yandan planların yapım süreci dışında, plan hedeflerinin etkinliğini değerlendirmek için de kullanılmaktadır. Ranasinghe ve Silva'ya (2016) göre planlama çalışmalarının sonuç çıktılarının başarısı teorik olarak ölçülebilir olsa da, pratikte kolayca ölçülememekte, plancı tarafından yaptığı planın etkisi izlenememektedir. Ayrıca Palka ve arkadaşlarına (2020) göre, her plan kendi ölçeğinde, kente ve planın yapıldığı kentte yaşayan insanların yerel sorunlarına özel olarak tasarlandığı için karşılaştırılmalı olarak da etkinlikleri incelenememektedir. Bu nedenle planların etkinliği yönetim ve dış kuvvetler üzerinden incelenebilir. Hiyerarşiye göre yönetim plan yapımı ve uygulama kriterlerinden, plan yapımı planlama deneyimi, aktörler arası koordinasyon, bölgesel lider, vatandaş ve uzmanlar gibi aktörlerin oluşturduğu alt kriterlerden, planlama uygulaması ise fonlama, kaynak dağıtımı ve farklı seviyeler arası iş birliği alt kriterlerinden oluşabilir. Dış kuvvetler ise planlama mevzuatı, planlama yetkileri, kent ile merkezi hükümet arasındaki siyasi iş birliği, özel aktörlerin rolü ve sosyo-çevresel kaygılar olarak belirlenebilir. Bu şekilde planlama çalışmalarının hem tekil, hem de karşılaştırmalı olarak etkinliği incelenebilir (Palka et al., 2020).

### **3. AHS'NİN CBS TABANLI PLANLAMA ÇALIŞMALARINDA KULLANIMI**

Kontrolsüz hızlı kentleşme ve büyüme fiziksel, çevresel ve sosyo-ekonomik açıdan büyük zararlara sebep olmaktadır. Bu zararların önüne geçebilmek için çok boyutlu kapsayıcı planların yapılması gerekmektedir. Kapsayıcı planlar yapılabilmesi için bir planlama alanında etkili olan tüm güçlerin kriter olarak ele alınması ve değerlendirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Sık sık CBS desteğinin kullanıldığı planlama süreci üç temel aşamadan meydana gelir:

1. Problemin tanımlanması için bilgi toplanması ve irdelenmesi,
2. Alternatiflerin üretimi için tasarım ve
3. Alternatifler arasından en iyisinin belirlenmesi için seçim yapılması (Chandio vd., 2013).



Bu şekildeki CBS tabanlı planlama çalışmalarında her üç aşamada da AHS kullanımı uzmanlarca sıkça tercih edilmektedir. Bu doğrultuda, bu çalışmada AHS'nin CBS tabanlı planlama çalışmalarındaki kullanımını görmek amacıyla farklı yerlerde, farklı uzmanlarca farklı amaçlarla gerçekleştirilmiş 9 çalışma kronolojik olarak incelenmiştir.

Piantana kulchai ve arkadaşları (2003) Tayland'da yapılan bir ulaşım planlama çalışmasında alternatiflerin değerlendirilerek doğru yer seçiminin yapılması için FAHS yöntemini kullanmıştır. FAHS analizinde kriterler olarak enerji tüketimi, titreşim, gürültü etkisi, hava kirliliği, yapıların yer değiştirmesi, görsel müdahale, toplumsal ayrışma, ekonomik kalkınma, proje maliyeti, yatırım getirisi, güvenlik, erişilebilirlik, seyahat maliyeti ve seyahat süresi olarak belirlenmiştir. Her bir kriter bulanık mantığa göre sınıflandırılmış ve ardından ağırlıklandırmaya göre en kısa rota hesaplaması ve en düşük maliyetli yol tasarımı yapılmıştır. Çalışmanın bir çıktısı olarak en düşük maliyetli yolun aynı zamanda sosyal olarak da en tercih edilir yol olduğu saptanmıştır.

Wei ve arkadaşları (2011) Çin, Pekin'de yapılan yangın istasyonu yer seçiminde AHS-CBS entegrasyonunu kullanmıştır. Çalışmada Pekin 3. çevre yollarındaki yol ağı verileri, Pekin'deki binaların alanları, Pekin 3. çevre yollarındaki itfaiye istasyonlarının konumu ve nüfus yoğunluğu verileri kullanılmıştır. Değerlendirme kriterleri olarak birinci, ikinci ve üçüncü derece yollar, nüfus yoğunluğu, yola olan uzaklık ve yapı kayıplar belirlenmiştir. Yapılan çalışma ile mevcut itfaiye istasyonlarının belirli bir zamanda ulaşabileceği bölgeleri ve planlanan itfaiye istasyonlarının belirli bir zamanda ulaşabileceği bölge haritaları oluşturulmuştur. Planlanan itfaiye istasyonlarıyla 4 dakikada varılabilecek alanın %82'den %95,2'ye çıktığı, 3 dakikada ulaşılacak alanın %56'dan %78,3'e çıktığı, 2 dakikada ulaşılacak alanın ise %28,9'dan %44,8'e çıktığı görülmüştür.

Chandio ve arkadaşları (2011) Pakistan, Larkana şehrinde parkların yer seçimi için yaptığı çalışmada karar verme yöntemi olarak AHS'yi kullanmıştır. Çalışmada arazi kullanım, arsa değerleri, nüfus yoğunluğu ve gelir düzeyi verileri kullanılmıştır. Bu verilerin değerlendirilmesi için ise boş arazi, mevcut parklar, arsa değerleri, yollar, nüfus yoğunluğu ve gelir seviyesi grupları kriter olarak belirlenmiştir. Sonuçlarda arazi değeri, arazi kullanılabilirliği ve nüfus yoğunluğu senaryolarına göre potansiyel araziler belirlenmiştir. Sonuçlara göre nüfus yoğunluğu senaryosu en yüksek potansiyel araziye (%69) sahipken bunu arazi değeri (%64) ve arazi kullanılabilirliği (%10) takip etmiştir.

Bunruamkaew ve Murayama'nın (2011) Tayland Surat Thani Bölgesinde eko turizme yönelik alan uygunluğunu inceliği çalışmada AHS-CBS entegrasyonuna başvurulmuştur. Çalışmada sınırlar, arazi kullanımı, turist dağılımı, doğal çekim noktaları, korunan alanlar, milli parkların merkezleri, Surat Thani vahşi yaşam alanları, topografya, kültürel çekim noktaları, yol ağı ve nüfus verileri kullanılmıştır. AHS'de kullanılmak amacıyla manzara/doğallık (görünürlük ve arazi kullanımı/örtüsü), vahşi yaşam (koruma ve tür çeşitliliği), topografya (yükseklik ve

eğim), erişilebilirlik (kültürel alanlara yakınlık ve yollardan uzaklık), topluluk karakteri(yerleşim alanının büyüklüğü) kriterleri belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarında eko turizm için uygunluk haritasından, marjinal olarak uygun alanın yaklaşık%69,68 olduğu ve bunların ilin orta kesiminde yer aldığı tespit edilmiştir. Orta derecede uygun alan yaklaşık%29,02'dir ve bunlar ilin Doğu ve Batı kesimlerindedir. Alanın yalnızca birkaç yüzdesi (%0,89 ve%0,41) sırasıyla uygun değil ve oldukça uygun olarak sınıflandırılmıştır.

Özşahin'in (2014) Türkiye, Antakya'da kütle hareketlerinin duyarlılığının değerlendirilmesine yönelik AHS kullanarak yaptığı çalışmada kriter olarak litoloji, fay hatlarına uzaklık, yer şekilleri, eğim, eğim şekli, topografik nemlilik indeksi, baki, yağış, akarsulara uzaklık, toprak, arazi kullanımı, arazi örtüsü verileri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda Antakya şehrinde kütle hareketlerinin oluşma potansiyelinin düşük olduğu saptanmıştır. Şehir alanının %41'inde düşük (%35) ve çok düşük (%6) kütle hareketleri duyarlılığı altında olduğu tespit edilmiştir.

Bozdağ ve arkadaşları (2016) Türkiye, Konya, Cihanbeyli'de sürdürülebilir kentsel tarıma yönelik alan uygunluğu yaptığı çalışmada AHS yöntemini kullanmıştır. Arazi kullanımı ve toprağa uygunluk haritaları, sayısal yükseklik modeli, eğim, baki, 30 yıllık meteoroloji verisi, 75 farklı noktadan su örneklerine ilişkin veriler kullanılmıştır. Bu verilere göre kriterler yükseklik, eğim, açı, toprak uygunluğu, arazi kullanımı, yağış, su tablası derinliği (DWT), sodyum absorpsiyon oranı (SAR), klorür (Cl-mg / l), ve yeraltı suyunun elektriksel iletkenliği (ECw-IS / cm) olarak belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre kuru çiftlik tarımı için "son derece uygun" ve "uygun" araziler, hâlihazırda sulu ve kuru çiftlik tarımı için kullanılmaktadır. Hâlihazırda sulu ve kuru çiftlik tarımı için kullanılan alanlar hariç tutulduğunda, 588,75 km<sup>2</sup>'lik bir alan potansiyel olarak kuru çiftlik tarımı açısından kalkınmaya uygundur. Kurak ve yarı kurak bir iklime sahip olan bölgede yüksek sulama oranları yeraltı suyu seviyesinin düşmesine neden olmaktadır.

Başegmez, Yıldırım ve Bediroğlu (2019) tarafından Türkiye, Uşak'ta okul alanı yer seçimine yönelik CBS'de AHS kullanımıyla yapılan çalışmada idari sınır, akarsu, demiryolu, yüksek basınçlı doğalgaz hattı eğitim kurumları, yüksek/orta gerilim hattı, havaalanı kanalizasyon hattı, karayolu toprak, jeoloji, eğim, nüfus, yerleşim alanlarına ilişkin veriler kullanılmıştır. Çalışmada taşkın sahası, yüksek/orta, gerilim hattı, eğim, gürültü, ana yollara olan uzaklık, yerleşim alanlarına uzaklık, altyapı planlaması, nüfus, havaalanlarına yakınlık, toprak, kimyasal tesislere yakınlık, yakıt tanklarına yakınlık, nükleer tesislere yakınlık, yüksek basınçlı doğal gaz hatlarına yakınlık, benzin istasyonlarına yakınlık, basınçlı kanalizasyon hatlarına yakınlık, yüksek basınçlı su boru hatlarına yakınlığı, jeoloji, itfaiye alanlarına yakınlık ve mevcut okullara yakınlık kriter olarak belirlenmiştir. Çalışmanın sonuçlarında Uşak ili Merkez ilçesi pilot bölgesinde yapılan okul alanları yer seçim analizi sonucunda yüzey haritası oluşturulmuştur. Değerlendirmeler bu harita üzerinden yapılmıştır. Çalışma alanında bulunan 132 adet eğitim kurumunun %2'i daha uygun, %5'i uygun, %17'si daha az

uygun, %76'sı uygun olmayan alanlarda yer alırken en uygun alanlarda hiçbir eğitim kurumu yer almadığı tespit edilmiştir.

Gümüş, Balta ve Durduran (2019) Türkiye, Niğde'de alışveriş merkezi yer seçimi için AHS-CBS entegrasyonunu kullanmıştır. Çalışmada kriterler olarak arazi eğimi, bakı durumu, arazi büyüklüğü, otoyol/ana caddelere yakınlık, kavşak noktalarına yakınlık, toplu taşıt duraklarına yakınlık, yakıt dolum istasyonlarına yakınlık, mevcut alışveriş merkezlerine yakınlık, sosyo-kültürel alanlara yakınlık, eğitim alanlarına yakınlık, sağlık alanlarına yakınlık, ticari alanlarına yakınlık, idari alanlarına yakınlık, nüfus yoğunluğu, arazi m<sup>2</sup> birim fiyatları belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda kent merkezinin güney, güney batı, güney doğusunun alışveriş merkezi yer seçimi için oldukça uygun olduğu görülmüştür.

Singh ve arkadaşları (2019) tarafından Hindistan, Allahabad'da rota planlaması amacıyla FAHS destekli CBS çalışması yürütülmüştür. Çalışmada topografik Harita, 23.5 Metre çözünürlüklü LISS-III Uydu Görüntüsü, Yüksek çözünürlüklü ASTER DEM uydu verisi, 2009 yılı 14 farklı bant elektromanyetik spektrum, ARCGIS Eğitim aracı ile hazırlanmış eğitim verisi kullanılmıştır. Çalışmada kriter olarak arazinin morfolojik şekli, yollar, demir yolları, drenaj, tarım ve sanayi alanları, akarsular, su kütleleri, ormanlar, kumul alanlar, kentsel alanlar, kırsal habitat ve nüfus yoğunluğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda en az maliyetli rota analizi yapılmış, yalnızca karayolunda değil demiryolu ve altyapı ağları için de en iyi rota seçimi konusunda CBS-AHS entegrasyonunun oldukça işe yarar bir yöntem olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 2'de görüleceği gibi AHS ve FAHS CBS destekli planlama çalışmalarında alanın zemin hareketlerinden ulaşım planlamasına, eğitim kurumu ve park gibi sosyal hizmetlerden alışveriş merkezi yer seçimine ve alan uygunluk analizlerine kadar çok farklı konularda plan tasarım süreçlerine destek olması amacıyla kullanılmaktadır. Bu kısa inceleme çalışması göstermiştir ki, AHS daha basit bir yapıya sahip olduğu için FAHS'den daha sık tercih edilmektedir. Ancak FAHS'den alternatiflere yönelik daha kullanışlı sonuçlar elde edilmektedir.

Tablo 2. AHS'nin CBS Destekli Planlama Çalışmalarında Kullanımına Örnek Çalışmalar

Sıra No	Yazar	Uygulama Alanı	Yöntem
1	Piantanakulchai ve arkadaşları (2003)	Ulaşım planlama - rota seçimi	FAHS
2	Wei ve arkadaşları (2011)	Yangın istasyonu - yer seçimi	AHS
3	Chandio ve arkadaşları (2011)	Yeşil alan - yer seçimi	AHS
4	Bunruamkaew ve Murayama(2011)	Ekoturizm - alan uygunluğu	AHS
5	Özşahin(2014)	Kütle hareketleri duyarlılığı	AHS
6	Bozdağ ve arkadaşları (2016)	Sürdürülebilir kentsel tarım - alan uygunluğu	AHS
7	Başğömez, Yıldırım ve Bediroğlu(2019)	Eğitim kurumu - yer seçimi	AHS

	Gümüş, Balta ve Durduran		
8	(2019)	Alışveriş merkezi - yer seçimi	AHS
9	Singh ve arkadaşları (2019)	Rota planlama	FAHS

#### 4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada AHS'nin CBS destekli planlama çalışmalarında kullanımını anlamaya yönelik olarak az sayıda makale ile bir inceleme yapılmıştır. İnceleme sonucunda AHS'nin planlamada kentsel ve bölgesel ölçekte tesis yer seçimi, rota planlaması, işlev kararları, zemin değerlendirmesi gibi farklı alanlarda karar verici olan plancıya oldukça yardımcı olduğu görülmüştür. Öte yandan incelenen makalelerde AHS metodu için ya manuel hesaplamaların ya da CBS'den ayrı bir yazılımın kullanıldığı saptanmıştır. Bu durum, AHS'nin CBS destekli planlama çalışmalarında daha faydalı kullanımı için CBS yazılımlarına entegre bir AHS modülünün tasarlanmasının ihtiyacını hissettirmiştir.

CBS yazılımlarına entegre bir AHS modülüne ek olarak, her seferinde farklı uzmanlardan bilgi almanın ve olası hatalı değerlendirmelerin önüne geçmek için yapay sinir ağlarından faydalanarak mekânsal planlama sorunlarının çözümünde planlıların makine öğrenmesi ve yapay zekâ teknolojilerinden de faydalanabileceği ön görülmektedir. Çok miktarda verinin ayrı ya da entegre AHS çözümleri kullanarak planlılar tarafından irdelenmesi ve seçim yapılması uzun bir süre alacakken, yapay zeka desteği ile oluşturulacak bir yazılım ile değerlendirme ve seçim yapma süreci oldukça kısalabilir (Erol & Başlıgil, 2005). Sonuç olarak insan yaşamında yerleşime ilişkin oldukça önemli konuların karar verilmesinde CBS, AHS ve yapay zekâ yöntemlerinin entegre olarak kullanımı zaman ve maliyet sorunlarını ortadan kaldırıp daha uygun sonuçların elde edilmesini sağlayabilir.

#### KAYNAKÇA

- Başgeçmez, M., Yıldırım, V., & Bediroğlu, Ş. (2019). CBS ve AHP yöntemiyle en uygun okul yer seçimi analizi: Uşak- Merkez örneği. *TMMOB 6. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, October*.
- Bozdağ, A., Yavuz, F., & Günay, A. S. (2016). AHP and GIS based land suitability analysis for Cihanbeyli (Turkey) County. *Environmental Earth Sciences*, 75(9). <https://doi.org/10.1007/s12665-016-5558-9>
- Brunneli, M. (2015). Introduction to the Analytic Hierarchy Process. In *SpringerBriefs in Operation Research*.
- Bunruamkaew, K., & Murayama, Y. (2011). Site suitability evaluation for ecotourism using GIS & AHP: A case study of surat Thani Province, Thailand. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 21, 269–278. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.07.024>
- Chandio, I. A., Matori, A. N. B., WanYusof, K. B., Talpur, M. A. H., Balogun, A. L., & Lawal, D. U. (2013). GIS-based analytic hierarchy process as a multicriteria decision analysis instrument: A review. *Arabian Journal of Geosciences*, 6(8), 3059–

3066. <https://doi.org/10.1007/s12517-012-0568-8>

- Chandio, I. A., Matori, A. N., Lawal, D. U., & Sabri, S. (2011). GIS-based land suitability analysis using AHP for public parks planning in Larkana City. *Modern Applied Science*, 5(4), 177–189. <https://doi.org/10.5539/mas.v5n4p177>
- Cheng, E. W. I., Li, H., & Ho, D. C. K. (2002). Analytic hierarchy process (AHP): A defective tool when used improperly. *Measuring Business Excellence*, 6(4), 33–37. <https://doi.org/10.1108/13683040210451697>
- Erol, V., & Başlıgil, H. (2005). Analytic Hierarchy process and Artificial Neural Networks Model for Management Information Systems Software Selection in Companies. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 4, 107–120.
- Gümüş, M. G., Balta, M. Ö., & Durduran, S. S. (2019). Coğrafi Bilgi Sistemlerine Dayalı Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri İle Alışveriş Merkezi Kuruluş Yeri Seçimi: Niğde Örneği. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(1), 134–146. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.495245>
- Kordi, M. (2008). Comparison of fuzzy and crisp analytic hierarchy process (AHP) methods for spatial multicriteria decision analysis in GIS. *Decision Analysis*, September, 1–55.
- Lee, G. K. L., & Chan, E. H. W. (2008). The analytic hierarchy process (AHP) approach for assessment of urban renewal proposals. *Social Indicators Research*, 89(1), 155–168. <https://doi.org/10.1007/s11205-007-9228-x>
- Özşahin, E. (2014). Coğrafi bilgi sistemleri ve analitik hiyerarşi süreci kullanılarak antakya şehrinde kütle hareketleri duyarlılığının değerlendirilmesi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 23(2), 19–35.
- Palka, G., Oliveira, E., Pagliarin, S., & Hersperger, A. M. (2020). Strategic spatial planning and efficacy: an analytic hierarchy process (AHP) approach in Lyon and Copenhagen. In *European Planning Studies*. <https://doi.org/10.1080/09654313.2020.1828291>
- Piantanakulchai, M., Saengkhaio, N., & Student, G. (2003). Evaluation of alternatives in transportation planning using multi - stakeholders multi - objectives AHP modeling. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 4(May), 1613\*1628. [https://www.researchgate.net/profile/Mongkut\\_Piantanakulchai/publication/228426663\\_Evaluation\\_of\\_alternatives\\_in\\_transportation\\_planning\\_using\\_multi-stakeholders\\_multi-objectives\\_AHP\\_modeling/links/00b495170ef3578dff000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Mongkut_Piantanakulchai/publication/228426663_Evaluation_of_alternatives_in_transportation_planning_using_multi-stakeholders_multi-objectives_AHP_modeling/links/00b495170ef3578dff000000.pdf)
- Ramanathan, R. (2001). A note on the use of the analytic hierarchy process for environmental impact assessment. *Journal of Environmental Management*, 63(1), 27–35. <https://doi.org/10.1006/jema.2001.0455>

- Ranasinghe, G., & De Silva, L. (2016). Application of Analytic Hierarchy Process (AHP) in Evaluating the Achievement Level of Objectives of Urban Development Plan. *International Journal of Built Environment and Sustainability*, 3(2), 79–85. <https://doi.org/10.11113/ijbes.v3.n2.123>
- Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process-what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9(3–5), 161–176. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill.
- Shim, J. P. (1989). Bibliographical research on the Analytic Hierarchy Process (AHP). *Socio-Economic Planning Sciences*, 23(3), 161–167. [https://doi.org/10.1016/0038-0121\(89\)90013-X](https://doi.org/10.1016/0038-0121(89)90013-X)
- Singh, M. P., Singh, P., & Singh, P. (2019). Fuzzy AHP-based multi-criteria decision-making analysis for route alignment planning using geographic information system (GIS). In *Journal of Geographical Systems* (Vol. 21, Issue 3). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/s10109-019-00296-0>
- Sipahi, S., & Timor, M. (2010). The analytic hierarchy process and analytic network process: An overview of applications. *Management Decision*, 48(5), 775–808. <https://doi.org/10.1108/00251741011043920>
- Vahidnia, M. H., Alesheikh, a, Alimohammadi, a, & Bassiri, a. (2008). Fuzzy analytical hierarchy process in GIS application. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37(B2), 593–596.
- Vaidya, O. S., & Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research*, 169(1), 1–29. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.04.028>
- Vargas, L. G. (1990). An overview of the Analytic Hierarchy: Process and its applications. *European Journal of Operational Research*, 48, 2–8.
- Wei, L., Li, H. L., Liu, Q., Chen, J. Y., & Cui, Y. J. (2011). Study and implementation of fire sites planning based on GIS and AHP. *Procedia Engineering*, 11, 486–495. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.04.687>