

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMİ İLE UYGUN BARAJ YERİ SEÇİMİ GÜMÜŞHANE İLİ ÖRNEĞİ

S. Şenel^a, B. B. Bilgioglu^{a,b}, Y. S. Erbaş^a, R. Çömert^a

^a Harita Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gümüşhane Üniversitesi,
29000 Bağlarbaşı Gümüşhane, Türkiye - sefanursenel@gmail.com

(bahabilgilioglu, yselcukerbas, rcomert)@gumushane.edu.tr

^b ITU, Geomatik Mühendisliği Bölümü, İnşaat Fakültesi, Maslak İstanbul, Türkiye - bilgilioglu16@itu.edu.tr

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Baraj Yer Seçimi, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi, AHY, CBS, Hidroloji

ÖZET:

Tarihin her döneminde hayati öneme sahip olan su ve su kaynakları, günümüzde de önemini hala korumakta ve gün geçtikçe su yönetimi ve su politikalarının zaruryeti artmaktadır. Kıt kaynak olan suyun yönetiminde en önemli düzenleme aracı ise barajlardır. Birçok disiplinin ortak hareket etmesi gereken baraj yer seçimi, yapımı ve işletilmesi gibi unsurların şüphesiz ki ilk ve en önemli adımı yer seçimidir. Bu çalışmada Gümüşhane ili sınırları içerisinde uygun baraj yer seçimi üzerinde çalışılmıştır. Baraj yer seçiminde baraj gövdesinin yerleştirildiği zeminin dayanıklılığı, rezervuar alanın geçirgenliği ve hacmi, bölge halkına getireceği ekonomik ve sosyal etkiler gibi birçok karmaşık faktörler göz önünde bulundurulduğunda ise Çok Kriterli Karar Verme Yönteminin basit ama etkili yöntemi olan Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) seçilmiş ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile entegrasyonu sağlanmıştır. Bu uygulama kapsamında altı ana kriter belirlenmiştir. Bu kriterler litoloji, toprak tipi, arazi kullanımı, eğim, yağış ve drenaj ağlarıdır. Belirlenen her bir kriter AHY ile ağırlıklandırılmış ve CBS'den faydalanarak uygunluk haritası üretilmiştir. Bu veriler ışığında çalışma alanı sınırları içerisinde bir adet içme ve kullanma suyu barajı, dört adet Hidroelektrik Santrali barajı olmak üzere toplam 5 adet uygun baraj yeri tespit edilmiştir.

1. GİRİŞ

Su yaşamın vazgeçilmez temel unsurlarından olup, hayati bir öneme sahiptir. Dünyadaki hızlı nüfus artışı, kentleşme, sanayileşme, tarımsal faaliyetler, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi nedenlere bağlı olarak, su kullanımı gün geçtikçe artmakta, mevcut su kaynakları ise ihtiyaca cevap vermemektedir.

Dünyadaki toplam su miktarı 1,4 milyar km³ olmakla birlikte bu suların %97,5'i okyanuslarda ve denizlerde tuzlu su olarak, %2,5'i ise nehir ve göllerde tatlı su olarak bulunmaktadır. Bu kadar az olan tatlı su kaynaklarının %90'ı da kutuplarda ve yeraltında bulunmaktadır (URL-1).

Türkiye'nin su kaynakları potansiyeli ise; yıllık ortalama yağış miktarı yaklaşık 643 mm, tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar m³ olup, 44 milyar m³'ü kullanılmaktadır (URL-1).

Türkiye'de kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1.519 m³ civarında olduğuna bakılırsa, ülkemiz su azlığı yaşayan bir ülke konumundadır (URL-1). Bu nedenle su potansiyeli bakımından zengin olmayan ülkemiz sınırları içerisinde, suyun ekonomik, sosyal ve çevresel faydalar içinde sistematik olarak kullanımı sağlamak için iyi yönetilmesi gerekmektedir. Su yönetiminde, doğal su kaynaklarının, su yapıları aracılığı ile kontrol altına alınarak, depolanması ve kullanımının belirlenmesi amaçlanır. Söz konusu su yapılarının başında ise baraj inşaatları gelmektedir.

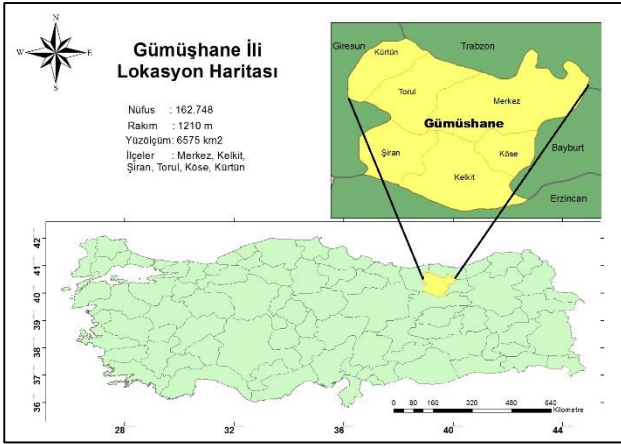
Baraj inşaatlarının ilk adımı ise baraj yer seçimidir. Yapılan barajların uzun soluklu olması, verimliliğini sürdürebilmesi, sızıntıların meydana gelmemesi ve güvenirliliğinin sağlanabilmesi için baraj yer seçimini konusunda uzman kişilerce detaylı

araştırma yapılarak karar verilmelidir. Mekânsal karar vermenin ilk aşamasında özellikle büyük hacimli verilerin ve bilgilerin yönetilmesi, analiz edilmesi, saklanması ve sunulmasında CBS den büyük oranda faydalanılmaktadır. Baraj yer seçiminde karmaşık birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerden hangisinin diğerine göre en iyi tercih olduğunu öne çıkarmayı sağlayan yöntem ise çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Yöntemidir (AHY) (Karaatlı, 2015).

Bu çalışmanın amacı Gümüşhane ili dahilinde, enerji üretimi, sulama, içme ve kullanma suyu gibi farklı kullanım maksadıyla uygun baraj yer seçimini, Analitik Hiyerarşi Yöntemi aracılığıyla CBS ile entegrasyonu sağlanarak bilimsel verilere dayalı ortaya koymak, su politikalarını ve su yönetimini düzenleyerek ülke ekonomisine katkıda bulunmaktır.

2. ÇALIŞMA ALANI VE VERİLER

Gümüşhane ili 6.575 kilometrekare yüzölçümüne sahip olup Karadeniz Bölgesi'nin Doğu Karadeniz Bölümü'nün iç kesiminde yer almaktadır (Şekil 1). Komşu illeri doğusunda Bayburt, batısında Giresun, kuzeyinde Trabzon ve güneyinde Erzincan'dır. İlin deniz seviyesinden ortalama yüksekliği ise 1210 metredir. Şiran, Kelkit ve Köse ilçeleri yüksek plato, Merkez, Torul ve Kürtün ilçeleri ise dar ve derin vadi şeklindedir. Harşit Çayı ilin önemli akarsularından biri olup, Gümüşhane'nin içinden geçerek Karadeniz'e dökülür. Diğer önemli çayı ise Kelkit Vadisi boyunca uzanan Kelkit Çayıdır (URL-2).



Şekil 1. Çalışma alanı

3. YÖNTEM

Çok kriterli karar verme yöntemi, birden fazla ve aynı anda uygulanan kriterlerin içerisinde en iyi tercihin seçilmesini sağlayan yöntemdir (Güneş, 2003). Çok ölçütlü karar kuralları olarak basit toplamlı ağırlıklandırma, ağırlıklı çarpım yöntemi (Yoon, 1995). değer/fayda fonksiyonu temelli yaklaşımlar (Malczewski, 1999); Topsis yöntemi (Yoon, 1995); Analitik Hiyerarşi Yöntemi (Saaty, 1980); uygulama alanı bulmaktadır (ERDEN, 2011).

3.1 Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY)

Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) Saaty (1980) tarafından geliştirilmiş olup, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden biridir. Özellikle CBS ile yer seçiminde daha çok tercih edilen AHY karmaşık ve birden fazla kriterler arasında en iyi sonuç veren kriteri ortaya çıkarır. Bunun için her bir kriteri diğer kriterlerle önem derecesine göre kıyaslama yaparak karşılaştırma matrisi oluşturulur ve sonucunda kriterlerin vektör ağırlıkları tespit edilir. Son olarak karşılaştırma matrisi tutarlılık testine tabi tutulur, eğer testten geçemezse kriterlerin kıyaslaması gözden geçirilerek işlemler baştan tekrar edilir. Tablo 1'de kriterlerin önem derecelendirmesi gösterilmiştir.

AHY İkili Karşılaştırma Ölçeği	
1	A kriteri B kriterine göre eşit öneme sahiptir.
3	A kriteri B kriterine göre daha önemlidir.
5	A kriteri B kriterine göre biraz daha önemlidir.
7	A kriteri B kriterine göre çok daha önemlidir.
9	A kriteri B kriterine göre çok çok daha önemlidir.

Tablo 1. AHY ile ağırlık belirlemede kriterlerin önem derecelendirmesi

4. UYGULAMA VE BULGULAR

Bu çalışma kapsamında jeoloji haritası, toprak tipi haritası, arazi kullanım haritası, eğim haritası, drenaj ağı ve yağış haritası girdi katmanı olarak kullanılmıştır.

- **Jeoloji haritası;** Çalışma alanının litolojik yapısı, baraj aksın yerleştirileceği zeminin dayanıklılığını tespit etmek için,
- **Toprak tipi haritası;** rezervuar alanın geçirgenlik düzeyini tespit etmek için,

- **Arazi kullanım haritası;** arazi niteliklerini tespit etmek için,
- **Eğim haritası;** Aks yerinin ve rezervuar alanın topoğrafik özelliğini ortaya çıkartmak için girdi katmanı olarak kullanılmıştır.
- **Drenaj ağı;** Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) verisi kullanılarak ArcMap in ArcHydro modülü ile elde edilmiştir. Böylece rezervuar alanına su akışını sağlayan kanallar, kanalların sıralaması ile su hacminin fazla olduğu drenaj noktaları (mansap) oluşturulmuştur.
- **Yağış haritası;** Rezervuar alanında toplanacak ortalama su miktarını tespit etmek için, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden Gümüşhane ili sınırları içerisinde yer alan yağış istasyonlarından aylık ortalama yağış bilgileri temin edilmiştir. Aylık ortalama yağış miktarlarından yıllık ortalama yağış miktarları hesaplanmıştır. Toplam 16 adet istasyondan uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma yöntemi kullanılarak yağış haritası oluşturulmuştur.

Baraj yer seçimi için kullanılan bu veriler 0 ile 5 arası puanlandırılarak yeniden sınıflandırılmıştır. Böylece farklı kriterlere ait katmanlar standart hale getirilmiş, CBS ortamında birlikte kullanılmasına, analiz edilmesine ve uygunluk haritası oluşturulmasına zemin hazırlanmıştır. Aşağıdaki tablolarda yeniden sınıflandırılan değerler gösterilmektedir (Tablo 2 – Tablo 7). Kullanılan verileri puan değerleri atanması yapılırken uzman görüşlerinden ve literatürde bulunan çalışmalardan destek alınmıştır (Dai, 2016; Yasser vd., 2013).

Jeoloji katmanı	Tercih değeri
Dayanaksız	0
Düşük derece dayanaklı	3
Orta derece dayanaklı	4
Yüksek derece dayanaklı	5

Tablo 2. Jeoloji sınıfları için tercih değerleri

Arazi sınıfı katmanı	Tercih değeri
Yapay alanlar	0
Orman	1
Tarım arazisi	2
Çalılık ve Fundalık	3
Çıplak arazi	5

Tablo 3. Arazi sınıfları için tercih değerleri

Toprak tipi katmanları	Tercih değeri
Çok geçirimli	0
Geçirimli	1
Yarı geçirimli	3
Geçirimsiz	4

Tablo 4. Toprak tipi sınıfları için tercih değerleri

Yağış katmanları	Tercih değeri
En az yağış alanı	3
Orta yağış alanı	4
En çok yağış alanı	5

Tablo 5. Yağış sınıfları için tercih değerleri

Drenaj katmanları	Tercih değeri
Dördüncü yan dere	1
Üçüncü yan dere	2
Yan dere	3
İkinci ana dere	4
Ana dere	5

Tablo 6. Drenaj sınıfları için tercih değerleri

Eğim katmanları	Tercih değeri
Çok fazla yüksek eğim (\leq %25)	1
Çok yüksek eğim (\leq %20)	2
Yüksek eğim (\leq %15)	3
Orta eğim (\leq %10)	4
Düşük eğim (\leq %5)	5

Tablo 7. Eğim sınıfları için tercih değerleri

Yeniden sınıflandırılan girdi katmanlarının hangi önem derecelerine göre kullanılacağına ise AHY ile karar verilmiştir. Bunun için öncelikle uzman görüşlerine başvurularak anket düzenlenmiş ve anket sonuçlarına göre her bir kriter için karşılaştırma matrisi oluşturularak ağırlıkları belirlenmiştir (Tablo 8).

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K.AĞR
K1	1						0.145
K2	5	1					0.417
K3	0.167	0.143	1				0.040
K4	4	0.25	6	1			0.217
K5	0.2	0.2	1	0.333	1		0.051
K6	1	0.333	4	0.5	3	1	0.131
Tutarlılık vektörü ortalaması (TVO) = 6.5374							
Tutarlılık indeksi (TI) = 0.1075 Tutarlılık oranı (TO) = 0.0866							
K1: Eğim; K2: Litoloji; K3: Arazi Kullanım; K4: Yağış; K5: Drenaj K6: Toprak Tipi							

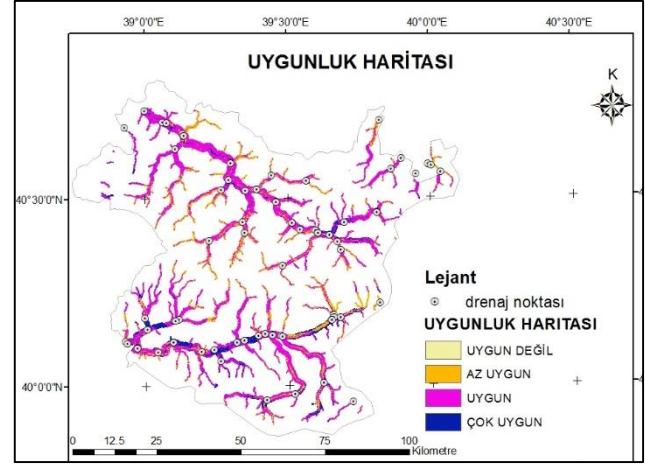
Tablo 8. Kriterlerin ağırlıkları

AHY ile belirlenen bu ağırlıklar girdi katmanlara uygulanarak sonuç haritası üretilmiştir.

4.1 BULGULAR

Yapılan yeniden sınıflandırma ve ağırlık belirleme sürecinde sonra üretilen harita Şekil 2'de sunulmuştur. Üretilen sonuç haritasında mavi renkli alanlar baraj yapımına en uygun alanlar

olup drenaj noktaları ise su toplama hacimlerinin en fazla olduğu noktalarlardır.

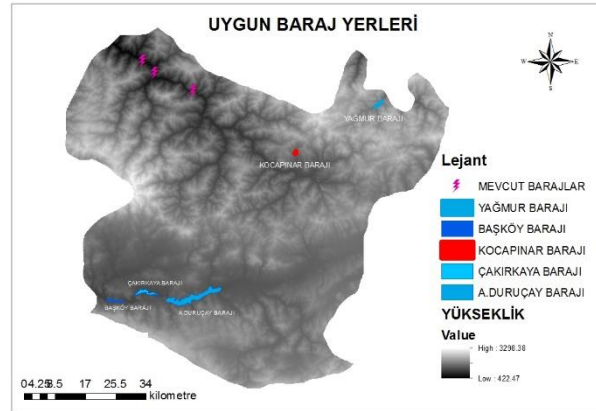


Şekil 2. Yer seçimi analizi sonucu elde edilen uygunluk haritası

Uygunluk haritasında baraj yer seçimi yapılırken;

- Koruma alanlarının 2 km mesafesinde baraj kurulamayacağı kabul edilmiştir.
- Özellikle drenaj noktalarının mevcut olduğu alanlarının seçimine dikkat edilmiştir.
- Arazinin topoğrafik özellikleri de baz alınarak çalışma sınırları içerisinde 5 adet baraj için uygun alanlar seçilmiştir.

Tespit edilen baraj yerleri Şekil 3'de gösterilmiştir. Şekil 3 incelendiğinde seçilen 3 barajın Kelkit havzası üzerinde diğer ikisinin Harşit havzası üzerinde olduğu görülmektedir. Çalışma kapsamında uygun baraj yeri olarak toplamda 8 baraj yeri elde edilmiştir. Ancak bu barajlardan 3 tanesi mevcut barajlarla çakıştığı için değerlendirmeye alınmamıştır. Mevcut baraj yerlerinin konumları pembe renkli olarak Şekil 3 üzerinde sunulmuştur.



Şekil 3. Uygunluk haritası üzerinden tespit edilen Gümüşhane ili için uygun baraj yerleri.

Seçilen barajlara için çalışma kapsamında kret yüksekliği, rezervuar alanı ve hacim hesaplaması gerçekleştirilmiştir. Bu değerler Tablo 9'da sunulmuştur. Tablo sonuçlarına göre 234,982,479 m³ su toplama hacmi ile A. Duruçay HES barajı en fazla hacime sahip olan baraj, 32 m kret yüksekliği ile de Kocapınar İçme ve Kullanma Suyu Barajı kret yüksekliği en fazla olan baraj olarak tespit edilmiştir. Barajların kret yükseklikleri belirlenirken, SYM'den üretilen eşyükselti

eğrilerinden faydalanılmıştır. Bu eğrilere göre zemin olarak uygun alan dışına taşmamak üzere kret kotları belirlenmiştir.

Baraj Yeri	Baraj Adı	Kret Kotu (m)	Kret Yük. (m)	Talveg Kotu (m)	Alan (m ²)	Hacim (m ³)
Kelkit	A.Duruçay (HES Barajı)	1330	22	1328	9,214,713	234 982,479
Şiran	Çakırkaya (HES Barajı)	1272	14	1258	5,412,768	100,833,905
Merkez	Yağmur (HES Barajı)	1731	29	1702	709,933	25,531,814
Merkez	Kocapınar (İçme ve Kullanma Suyu Barajı)	1509	32	1477	243,857	5,200,483
Şiran	Başköy (HES Barajı)	1207	17	1190	231,058	240,489

Tablo 9. Gümüşhane ili için seçilen barajlara ait sayısal bilgiler.

5. SONUÇ

Çalışma kapsamında jeoloji haritası, toprak tipi haritası, arazi kullanım haritası, eğim haritası, drenaj ağları ve yağış haritası girdi katmanı olarak kullanılmış, her bir katmana, uzman görüşü eşliğinde, yeniden sınıflandırma yapılarak standart hale getirilmiştir. Böyle CBS ortamında işlenmesine ve analizler yapılmasına olanak sağlanmıştır. Yeniden sınıflandırılan bu katmanlar AHY ile önem derecelerine göre ağırlıklandırılmış ve sonuç haritası üretilmiştir. Sonuç haritasına göre 1 tanesi içme ve kullanma suyu barajı, 4 tanesi de HES barajı olmak üzere toplam 5 adet uygun baraj yeri tespit edilmiştir.

Girdi veri olarak fay hattı haritası ve heyelan risk haritası temin edilemediğinden çalışmamızda kullanılamamıştır. Söz konusu verilerin kullanılması halinde, oluşturulan uygunluk haritasının doğruluğu daha da artacaktır.

KAYNAKÇA

- Dai, X. (2016). Dam site selection using an integrated method of AHP and GIS for decision making support in Bortala, Northwest China. Lund University GEM thesis series.
- KARAATLI, M., N. Ö. (2015). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Yaşanabilir İllerin Sıralanması. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*.
- Malczewski, J. (1999). GIS and Multicriteria Decision Analysis, John Wiley and Sons Inc. U.S.A. ISBN: 0471329444.
- GÜNEŞ, M., N. U. (2003). Bir Karar Destek Aracı Bulanık Hedef Programlama ve Yerel Yönetimlerde Vergi Optimizasyonu Uygulaması. *Review of Social, Economic & Business Studies, Vol.2, 242-255*.
- İNCE, Ö., N. B. (2016). Hastane Kuruluş Yeri Seçimi Probleminin Analitik Hiyerarşi Süreci İle Modellenmesi: Tuzla İlçesi Uygulaması. *Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*.
- Saaty, T. L. (1980). The Analytic Hierarchy Process, New York, McGrawhill.
- Turan Erden, M. Z. (2011). Coğrafi Bilgi Sistemleri Ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi Yardımıyla İtfaiye İstasyon Yer Seçimi.
- Yasser, M., Jahangir, K., & Mohmmad, A. (2013). Earth dam site selection using the analytic hierarchy process (AHP): a

case study in the west of Iran. *Arabian Journal of Geosciences, 6(9), 3417-3426*.

Yoon, K.P., C.-L. H. (1995). Multiple Attribute Decision Making: An Introduction, Sage University Paper,07-104.

URL -1: <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>

URL-2: <http://www.gumushane.bel.tr/gumushane-rehberi/cografik-konum/>