



TUFUAB -MERSİN 2021

<https://tufuab2021.mersin.edu.tr/>



Enerji Nakil Hat Güzergâhlarının Belirlenmesinde Karar Destek Sistemlerinin Rolü

Onur Selen^{*1}, Batuhan Kılıç², Fatih Gülgen²

¹ Fırat Elektrik Dağıtım A.Ş., Yatırım Operasyonları Müdürlüğü, Harita Mühendisi, Elazığ, Türkiye

² Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği, İstanbul, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Enerji Nakil Hattı,
Çok Kriterli Karar Verme,
Güzergâh Belirleme,
Coğrafi Bilgi Sistemleri,
Analitik Hiyerarşi Süreci

ÖZ

Enerji, günümüzde artan teknolojik gelişmeler ile birlikte gündelik hayatımızın vazgeçilmez ihtiyaçlarından biri haline gelmiştir. Nüfusun artışına paralellik göstererek her geçen gün sayıları artan endüstriyel sanayi, tarım ve hayvancılık gibi üretim odaklı birçok sektörde enerjiye olan talep hızla artmaktadır. İhtiyacı karşılayabilmek için yeni enerji üretim tesisleri ve bu tesislerde üretilen enerjiyi kullanıcılara ulaştırmak için yeni enerji nakil hatları gerekmektedir. Tesis edilecek yeni hatlar ülkeye ciddi derecede mali yük oluşturur. Diğer taraftan, nakil hatları için uygun güzergâhların belirlenmesi, zaman, kalite ve maliyet yönetimi açısından büyük önem arz eder. Tasarlanacak olan güzergâhın çevre ile uyumlu olması, toprak yönetimine ve yerleşim yerlerinin dağılışı yönlerine azami uyum göstermesi gerekir. Sosyal çevre tarafından kabul edilebilir, mali açıdan uygulanabilir, kesintisiz ve sürdürülebilir enerji temini sağlamaya elverişli tesisler inşa edilmelidir. Bu çalışmada, çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan analitik hiyerarşi süreci ile enerji nakil hattı güzergâhının belirlenmesi için öngörülen kriterlerin ağırlıkları hesaplanmıştır. Bu kapsamda alanında uzman proje tasarımcılarının görüşleri değerlendirilmiştir. Sonuçlar, enerji nakil hattı güzergâhı belirleme projelerine başlanmadan önce birden çok kriterin ve bunların önem düzeylerinin farklı disiplinlerdeki uzmanlar tarafından bir arada değerlendirilerek karar verilmesi gerektiğini göstermiştir.

The Role of Decision Support Systems in Determining Energy Transmission Line Routes

Keywords

Energy Transmission Line,
Multi-Criteria Decision-
Making,
Route Determination,
Geographic Information
Systems,
Analytic Hierarchy Process

ABSTRACT

Energy has become one of the indispensable needs of our daily life with increasing technological developments today. In parallel with the growth of the population, the demand for energy is increasing rapidly in many production-oriented sectors such as industrial industry, agriculture and livestock, which are increasing in number day by day. In order to meet the need, new power generation facilities and power transmission lines are required to deliver the energy produced in these facilities to the users. The new lines to be established place a serious financial burden on the country. On the other hand, determining the suitable routes for transmission lines is of great importance in terms of time, quality and cost management. The route to be designed should be compatible with the environment and should be in maximum harmony with the land management and the distribution aspects of the settlements. Facilities that are acceptable to the social environment, financially viable, and conducive to ensuring uninterrupted and sustainable energy supply should be built. In this study, the weights of the criteria for determining the energy transmission line route were calculated through the analytical hierarchy process, which is one of the multi-criterion decision-making methods. In this context, the opinions of project designers who are experts in their fields were evaluated. The results revealed that multiple criteria and their preference levels should be evaluated and decided together by experts in different disciplines before starting energy transmission line route determination projects.

* Sorumlu Yazar

(onursln23@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-9322-1608
(batuhank@yildiz.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-0529 8569
(fgulgen@yildiz.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-8754-9017

Kaynak Göster;

Selen O, Kılıç B & Gülgen F (2022). Enerji Nakil Hat Güzergâhlarının Belirlenmesinde Karar Destek Sistemlerinin Rolü. 11. Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (TUFUAB) Teknik Sempozyumu, 37-41, 12-14 Mayıs 2022, Mersin, Türkiye.

1. GİRİŞ

Güzergâh belirleme, tasarımcının arazinin topografyası, kullanım alanı, mülkiyet durumu, yükseltisi, yağış rejimi, jeolojik yapısı gibi birden fazla kısıtlamayı göz önünde bulunduran, enerji nakil hattı (ENH) tesislerine ait planlama sürecinin ilk aşamasıdır. Tasarımcı, en uygun rotayı belirlerken hattın tesis edilme zamanı, maliyeti ve kalitesi hususlarını da göz önünde bulundurmalıdır (Lima vd. 2016). ENH tesisleri, enerji ihtiyacımızı karşılayan yapılar olmakla birlikte üretim santralinden tüketim noktasına ulaşana kadar birçok süreçten geçmektedir. Küresel enerji kaynaklarının %88,3'ünün fosil yakıtlardan elde edildiği günümüzde, gelecek nesillere yaşanabilir bir dünya bırakmak için yenilenebilir enerji sistemlerine (YES) olan geçiş süreci hızlanmıştır (BP Stats, 2021). YES, sürdürülebilirliğe sahip olan ve doğal kaynaklardan elde edilen bir enerjidir. Güneş Enerji Sistemleri (GES), Rüzgâr Enerji Sistemleri (RES), Hidroelektrik Enerji Sistemleri (HES), Biyokütle Enerji Sistemleri (BES), Jeotermal Enerji Sistemleri (JES) gibi kullanım türlerine göre çeşitli enerji kaynakları YES içerisinde yer almaktadır. Enerjide dışa bağımlılığı azaltmak, olumsuz çevresel etkileri en düşük seviyelerde tutmak ve enerjiye olan ulaşımı kolaylaştırmak üzere, sayıları her geçen gün hızla artan YES'lerden üretilen enerjinin son tüketiciye ulaşması için yeni ENH şebekelerine ihtiyaç duyulmaktadır.

ENH'larının belirlenmesinde klasik yaklaşım, basılı haritalar veya Google Earth gibi uydu görüntülerinin yardımıyla, deneyime sahip tasarım mühendislerinin arazinin durumuna göre, teknik standartlara uyumlu, tüm kriterleri göz önünde bulundurarak oluşturdukları zaman alıcı ve yoğun bir iş faaliyetidir. Ancak bu yöntem özellikle basılı haritalar, hava fotoğrafları ve saha ölçümleri ile gerçekleştiğinden güzergâh tespitini etkileyen faktörlerin bir bütün olarak incelenememesi ve önem derecelerinin belirlenememesine neden olur (Eroğlu, 2014). Bu durum, oluşturulan projelerin yeniden tasarlanması ihtiyacına ve gecikmelere bağlı olarak tutarsız sonuçlar üretilmesine yol açar (Monterio vd., 2005). Öte yandan, elektrik dağıtım şirketlerinin, aboneleri olan her kurum ve şahsa enerji temin etmek ve sağlanan enerjide 24 saatten daha uzun bir süre kesinti yaşanmaması gibi sorumlulukları vardır. Buna bağlı olarak, doğru planlama yapılan bir tesis planlanandan daha kısa sürede inşa edilebilir ve kısa sürede tesis edilen bir güzergâh işçilik maliyetlerini azaltabilir. Yine doğru planlanan bir güzergâhta daha az arıza oluşacağından ve oluşan arızalara daha kısa sürede ulaşılarak gerekli bakım ve onarıma olanak sağlanacağından, enerji temini ile mükellef olan dağıtım şirketini daha az miktarda bir cezai yaptırıma maruz bırakılabilir. Maliyet ve yasal zorunlulukların yanı sıra planlanan projenin uygulanabilirliği de büyük bir önem arz etmektedir. Doğru planlanan bir tesis uygulama aşamasında tarım alanlarının korunması, konut ve yerleşim yerlerine uzaklığı ve doğa olaylarının etkisinin minimum seviyede tutulması gibi durumlar bu projenin uygulanabilirliğini arttıracaktır.

ENH güzergâh tespiti çalışmalarında önemli hususlardan biri de güzergâhı etkileyen kriterlerin

belirlenmesi ve ağırlık yüzdelerinin hesaplanmasıdır. Güzergâh rotalarının belirlenmesinde eğim, yollara olan uzaklık, buz yükü bölgeleri, drenaj alanlarına uzaklık, arazi kullanımı gibi farklı kriterlerin bir arada değerlendirmesi gerekmektedir. Bu süreçte doğru analiz ve tekniklerle, her projenin vazgeçilmezi olan zaman, maliyet ve kalite faktörlerine dikkat etmek gerekir. Planlamanın doğru yapılması ile gereksiz tesislerden kaçınılarak hem ekonomik hem de çevresel olarak kabul edilebilir projeler elde edilebilir. Bu çalışmada, tüm tesis standartlarını sağlamak, karar vericilere en ideal sonuçları sunmak ve bütün kriterlerin bir arada değerlendirilebilmesi için çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan analitik hiyerarşi süreci (AHS) kullanılmıştır. Farklı disiplinlerden alanında uzman kişilerin görüşleri doğrultusunda, önceden belirlenen kriterler AHS yöntemi ile ikili olarak karşılaştırılmış ve bu kriterlere ait ağırlık düzeyleri elde edilmiştir. Oluşturulan bu ENH güzergâh belirleme tasarımının, proje müellifi, kurum ve kuruluşlar, üçüncü şahıslar ve çevre konusunda duyarlı sivil toplum kuruluşları tarafından kabul edilebilir bir güzergâh olması amaçlanmaktadır.

2. METOD

Günümüzde doğru karar verebilme sürecinde ÇKKV yöntemleri, çevresel ve sosyo-ekonomik gibi çok farklı etkilere sahip kriterler arasında karar vericilere en ideal sonuçları sunmada önemli araçlardır. Bu yöntemler, kullanılacak birçok farklı kriteri aynı anda değerlendirme sürecine alarak yönetilmesini sağlamaktadır. ÇKKV yöntemleri içerisinde en yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri de AHS'dir. AHS, amaç ile ilgili unsurların göreceli baskınlığını veya tercih edilebilirliğini ölçmek için kullanılmaktadır. Diğer ÇKKV yöntemlerine göre en önemli avantajı, daha iyi sonuçlar elde etmek için her bir kriterin önemini ikili karşılaştırmalar kullanılarak belirlenmesidir (Tablo 1). "n" elemanlı bir matriste $n(n-1)/2$ adet karşılaştırma yapılır. Bunun nedeni, matrisin diyagonal köşegeninde yer alan kriterlerin kendileri ile karşılaştırmalarından dolayı "1" değerlerini almasıdır. Matrisin diyagonal köşegenin üst bölümünde yer alan hücre sayısı kadar ikili karşılaştırma işlemi gerçekleştirilir. Diyagonal köşegenin altında kalan değerlendirmeler, köşegenin üstünde yer alan değerlerin tersi olarak belirlenmektedir.

Tablo 1. AHS için ikili karşılaştırma matrisi

	Kriter 1	Kriter 2	Kriter 3	Ağırlık (w)
Kriter 1	a ₁₁	a ₁₂	a ₁₃	w ₁
Kriter 2	a ₂₁	a ₂₂	a ₂₃	w ₂
Kriter 3	a ₃₁	a ₃₂	a ₃₃	w ₃

Tablo 1'deki ikili karşılaştırma matrisinde kullanılan sayılar, kriterlerin birbirlerine olan üstünlüklerine göre verilmektedir. Burada ifade edilen üstünlük sayıları (karşılaştırma ölçeği) Tablo 2'de gösterilmektedir. Tablo 2'de yer alan ölçek, 1'den 9'a kadar olan değerlerin anlamlarını göstermektedir.

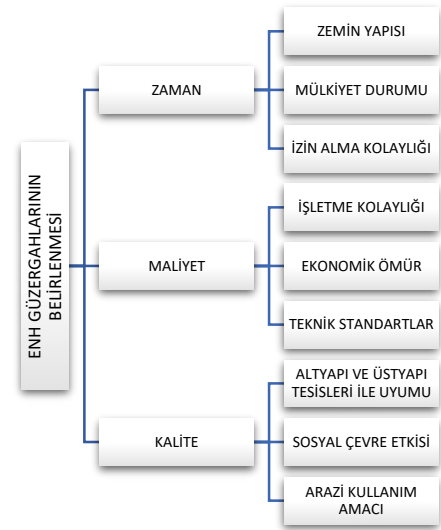
Tablo 2. AHS için ikili karşılaştırma ölçeği (Saaty, 1980)

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	Her iki faaliyet de amaca eşit katkıdır.
3	Orta önemli	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir faaliyet diğerine göre biraz daha fazla tercih edilir.
5	Güçlü önemli	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir faaliyet diğerine göre çok daha fazla tercih edilir.
7	Çok güçlü önemli	Bir faaliyet diğerine göre çok güçlü bir şekilde tercih edilmiştir. Uygulamada üstünlüğü ispatlanmıştır.
9	Son derece önemli	Bir faaliyet diğerine göre mümkün olan en yüksek derecede tercih edilir.
2,4,6,8	Yukarıdaki değerler arasındaki ara değerler	Bir değerlendirmede, hangi değer olduğu noktasında tereddütler varsa, sayısal değerler ortasındaki bir değer verilir.

AHS'nin sağladığı önemli yararlarından birisi de ikili karşılaştırma sonuçları ve kriterlere ilişkin ağırlık düzeyleri belirlendikten sonra, karar vericinin yargılarında tutarlı olup olmadığını belirlemek için tutarlılık oranı (consistency ratio - CR)'nin hesaplanmasıdır. Bu oran, ikili karşılaştırmalarda yanlış değerlendirmeleri tespit etmeye yarar. CR değeri %10'a eşit veya daha küçükse, karar vericinin değerlendirmesi kabul edilebilir. Aksi takdirde, öznel yargı tekrar gözden geçirilmelidir.

ENH güzergâh tespitinde diğer birçok ÇKKV yöntemi kullanıldığı gibi AHS tasarımı da incelenmeye alınmıştır. Başlak (2013), en uygun ENH güzergâhı tespitini yapmak için AHS kullanmıştır. Makro koridor alanları belirlenmiş, bu alanlar içerisinde alternatif koridorlar oluşturulmuş ve alternatif koridorlar üzerinden ise alternatif güzergâhlar elde edilmiştir. Google uydu verileri kullanılarak, yüzeyler kare alanlara ayrılarak çalışılmıştır. Baysal vd. (2015), ÇKKV probleminin çözümünde analitik ağ süreci kullanarak makro ve alternatif koridorlar oluşturmuş, oluşturdukları koridorlardan, Faktör ağırlıklandırma yöntemi ile en uygun güzergâhı belirlemeyi amaçlamıştır. Eroğlu & Aydın (2015), ArcGIS yazılımında least cost path uygulamasını distance cost aracı yardımıyla değerlendirmiştir. Yaptıkları çalışmada AHS ve bulanık AHS süreçlerinden faydalanarak faktör ağırlıklandırma yöntemini kullanmıştır. Lima vd. (2016), klasik yöntemlere göre belirlenen güzergâhlar yerine CBS ile entegre ÇKKV tekniklerinin kullanılabilirliği irdelemiştir. AHS yardımıyla kriterler ağırlıklandırılmış ve ağırlıklandırılan raster verilerden map algebra yardımıyla maliyet yüzeyi oluşturmuştur.

Bu çalışmada ENH güzergâh tespitini etkileyecek kriterler, bir proje yönetiminin olmazsa olmazları olarak kabul edilen zaman, maliyet ve kalite ana başlıkları altında toplanmıştır (Şekil 1). Oluşturulan AHS modelinin alt kriterleri sırasıyla; zaman kriteri altında zemin yapısı, mülkiyet durumu ve izin alma kolaylığı, maliyet kriterinin altında işletme kolaylığı, ekonomik ömür ve teknik standartlar ve son olarak kalite kriterinin altında altyapı ve üstyapı tesisleri ile uyum, sosyal çevre etkisi ve arazi kullanım türüdür.

**Şekil 1.** AHS modeli

Çalışmadaki temel yaklaşım, bölgenin yapısına ve bölgede tesis edilecek ENH'lerde uygulanması gereken standartlara hâkim ve güzergâhlar belirlenirken dikkat edilmesi gereken hususların farkında olan karar vericiler arasında uygulanacak anket sonucunda çıkan ağırlıklara göre güzergâh tasarımının yapılmasıdır. Bu şekilde kişinin yorumlamasından kaynaklı hataları ortadan kaldırarak, tekrarlanabilir, bölgeye uygun standartlar oluşturulacaktır.

2.1. Anket Uygulaması

Çalışma bölgesi için hazırlanan anket ENH güzergâhı belirlenirken dikkat edilmesi gereken hususlar göz önünde bulundurularak oluşturulmuştur.

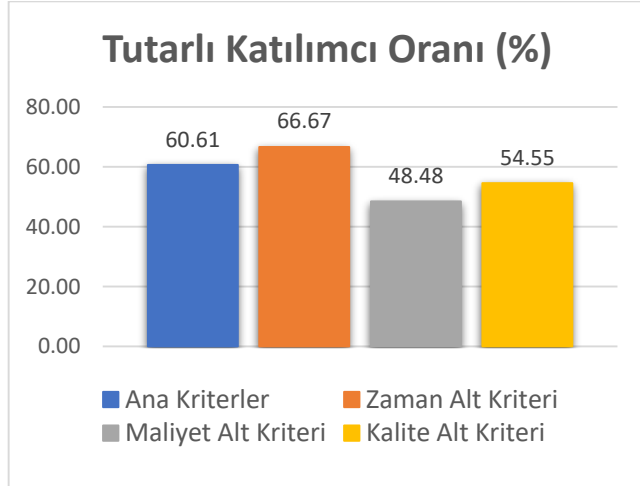
Çalışmaya ilişkin anket sayısı, kendi alanlarında uzmanlaşmış ve bölgeye hâkim üç Harita Mühendisi, bir Harita Teknikeri, bir Elektrik Elektronik Teknikeri, yedi Elektrik Elektronik Mühendisi müdür, yedi Elektrik Elektronik Mühendisi yönetici ve on dört Elektrik Elektronik Mühendisi olmak üzere toplam otuz üç kişiden oluşmaktadır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Anket Tutarlılık Oranlarının Belirlenmesi

Bu çalışmada ENH güzergâh tespitine etki eden kriterlere ait ağırlıkların hesabından önce, uzman

kişilerden elde edilen anket sonuçlarına ait tutarlılık oranları incelenmiştir. Verilere ait karar vericilerin hükümlerinin birbirini destekleyip desteklemediği, başka bir ifadeyle anlamlı olup olmadığı belirlenmiştir. Anketlerde uzman katılımcıların ana kriterler ve alt kriterlere vermiş oldukları tutarlı cevapların toplam katılımcılara oranı Şekil 2’de gösterilmektedir.

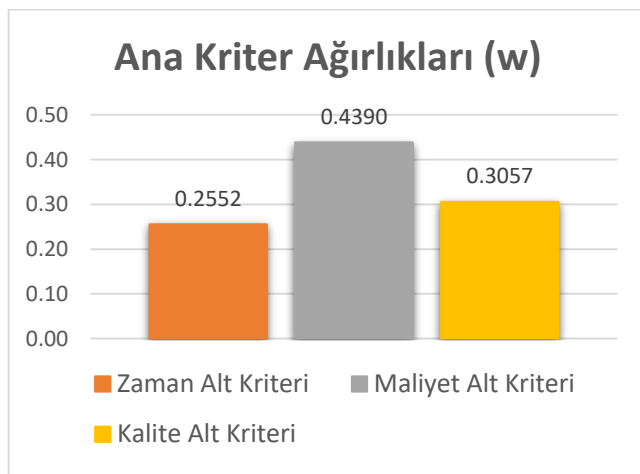


Şekil 2. Tutarlı katılımcı oranları

Şekil 2’deki sonuçlar incelendiğinde, uzmanların yaklaşık %61’inin “Ana Kriterler” için anlamlı hükümler verdiği görülmektedir. Bu değerler alt kriterler için sırasıyla %67, %49 ve %55’dir. Uzmanların büyük bir yüzdesinin anket sonuçlarında “Zaman Alt Kriteri”ne ait kriterlerin ikili karşılaştırmalarında sorun yaşamadığı söylenebilir. Ancak “Maliyet Alt Kriteri” için bu durum tam tersi (uzmanların yaklaşık %49’u) sonuçlanmıştır.

3.2. Ana ve Alt Kriterlere ait Ağırlıkların İncelenmesi

Uzman görüşlerine göre tutarlılık değerlerinin hesaplanmasından sonra, anlamlı tutarlılık değerinin elde edildiği ana ve alt kriter ağırlıkları hesaplanmıştır (Şekil 3, Tablo 3).



Şekil 3. Ana kriterlere ait ağırlık düzeyleri (w)

Şekil 3 ve Tablo 3’deki sonuçlara göre, ana kriterin (katılımcıların yaklaşık %61’i) değerlendirilmesinde, uzman görüşlerinde anlamlı tutarlılık oranının yüksek

olmasına rağmen, maliyet alt kriterinin değerlendirilmesinde alanında uzman bir mühendisten beklenen teknik standartlara uyumlu, işletme kolaylığı sunan ve sürdürülebilir bir tesis tasarlaması maliyete ait ağırlık düzeyini artıran bir durumdur (Tablo 3). Uzmanların her ne kadar yukarıda belirtilen kriterlere uygun tesisler tasarlama yönelimi olsa da işveren ve yapılan işin mali boyutunu denetleyen yöneticilerin daha düşük bir maliyet beklentisi içerisinde olmaları, maliyet ana kriterine ait tutarlılık oranının düşük çıkmasının temel nedeni olarak söylenebilir. Buna benzer bir durumun zaman ana kriterine ait sonuçlarda da mevcut olduğu görülmektedir. Gündelik hayatın hemen hemen her alanında enerjinin temel bir ihtiyaç halini almış olması, enerji temininin daha kısa sürede karşılanması yönünde uzmanlar tarafından yüksek tutarlılık oranında bir fikir birliği oluşturmuştur. Öte yandan, daha kısa sürede enerjinin temin edilebilmesi, maliyeti artıran ve kaliteyi ise düşüren bir süreç olmaktadır. Bu durum, zaman ana kriterinin en düşük ağırlık düzeyine sahip sonuçlar ürettiğini göstermektedir (Şekil 3). Kalite ana kriteri için hem tutarlılık oranlarında hem de ağırlık düzeylerinde diğer iki kritere göre daha uyumlu sonuçlar elde edildiği görülmektedir (Şekil 2 ve Şekil 3).

Tablo 3. Alt kriterlere ait ağırlıklar

Ana-Kriterler	Alt-Kriterler	Ağırlıklar (w)
Zaman	Zemin Yapısı	0.3842
	Mülkiyet Durumu	0.3150
	İzin Alma Kolaylığı	0.3008
Maliyet	İşletme Kolaylığı	0.3411
	Ekonomik Ömür	0.2766
	Teknik Standartlar	0.3822
Kalite	Altyapı ve Üstyapı Tesisleri	0.4470
	Sosyal Çevre Etkisi	0.2638
	Arazi Kullanım Amacı	0.2892

4. SONUÇLAR

Bu çalışma ENH güzergâh tespiti çalışmalarında karar destek sistemlerinden biri olan AHS modelinin performansını ortaya koymaktadır. Alanında uzman otuz üç kişi üzerinden gerçekleştirilen anket çalışmasında farklılıkların oluşabildiği ve bu farklı görüşlerin özellikle bir proje yönetim sisteminin önemli bileşenleri olan zaman, maliyet ve kalite standartları üzerine doğrudan etkileri olduğu görülmüştür. Bu nedenle bu çalışma için belirlenen kriterler ve bunlara bağlı elde edilen ağırlıklar ENH güzergâh tespitine karar verme çalışmalarında kullanıcılara bir altyapı oluşturmaktadır.

Bir ENH güzergâhı belirlenirken göz önünde bulundurulması gereken hususlar, dikkat dağınıklığı, tecrübe eksikliği ve kriterlerin önem sırasında yapılan mantık hataları gibi bireysel hatalardan kaynaklı uygulanması mümkün olmayan ve yenileme yapılmasını gerektiren projeler oluşmasına sebep olan durumlardır. Bu türdeki sorunlar yeniden değerlendirmeye neden olarak zamanı uzatabilir, iş gücü ve zaman kaynaklı maliyet artışına neden olabilir ve uygulanması halinde kalite standartlarına uymayacak tesisler inşa edilebilir.

Gelecek çalışmalarda karar vericiler tarafından belirlenen ağırlık düzeyleri ile ilgili kriterler arasında ilişkiler ortaya koyularak ENH güzergâhına ait ağırlıklandırılmış maliyet haritası üretilecek ve klasik yaklaşımların ötesinde sürdürülebilir ve doğruluğu yüksek bir ENH güzergâhı oluşturulacaktır.

Yazar Katkıları

Onur SELEN: Literatür taraması, Analiz ve yorumlama, Yazım. **Batuhan KILIÇ:** Yazım, Değerlendirme. **Fatih GÜLGEN:** Denetleme, Değerlendirme.

Çıkar Çatışması

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKÇA

- Başlak, A.(2013). Çok Kriterli Karar Verme Tekniği Kullanarak Enerji Nakil Hattı (ENH) Güzergâh Seçimi. *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Baysal M E, Aydın M & Sarucan A (2015). Karma Bir Karar Verme Yaklaşımı ile Elektrik İletim Hattı İçin Güzergâh Seçimi. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(2), 39-51.
- BP Stats (2021). Statistical Review of World Energy, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf> :[Erişim Tarihi: 02.03.2022].
- Lima R M, Osis, R, de Queiroz A R & Santos A H M (2016). Least-cost path analysis and multi-criteria assessment for routing electricity transmission lines. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 10(16), 4222-4230.
- Eroğlu H (2014). Coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak gerçekleştirilecek olan bilgisayar destekli bir modelle elektrik enerji nakil hatlarının güzergâh optimizasyonu. *Doktora Tezi*, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Eroğlu H & Aydın M (2015). Enerji Nakil Hatları Güzergâh Tespiti ve Proje Çiziminin Otomasyonu. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 30(4).
- Monterio C, Ramírez-Rosado I J, Miranda V, Zorzano-Santamaría P J, García-Garrido E & Fernández-Jiménez L A (2005). GIS spatial analysis applied to electric line routing optimization. *IEEE transactions on Power Delivery*, 20(2), 934-942.
- Saaty T L (1980). *The analytic hierarchy process* McGraw-Hill. New York, 324.



© Author(s) 2022.

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