

Mekânsal Çözünürlüğün Güneşlenme Potansiyeline Etkisi

Rabia Nagehan Bekçi*¹, Lütfiye Kuşak²

¹Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Mersin, Türkiye

²Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye

Anahtar Kelimeler

İHA,
CBS,
Güneşlenme Potansiyeli,
Güneş Radyasyonu.

ÖZ

Toplumların enerjiye olan ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Bu ihtiyaç günümüzde ağırlıklı olarak fosil yakıtlardan karşılanırken, sürdürülebilir çevre yönetimi için verimli ve yenilenebilir enerji kaynakları alternatif olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu kaynakların başında güneş enerjisi gelmektedir. Güneşin yaydığı enerji, dünyanın tüm enerji ihtiyacını karşılayabilecek düzeyde, temiz ve tükenmez bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Bu derece büyük ve yenilenebilir enerji kaynağından etkin biçimde yararlanabilmek için güneş enerjisi potansiyelinin en iyi şekilde analiz edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, Mersin Üniversitesi Çiftlikköy kampüsünde yer alan Tıp Fakültesi Hastanesi'ni içine alan pilot bölgede güneş enerjisi potansiyeli analizi farklı mekânsal çözünürlüğe sahip Sayısal Yükseklik Modeli (SYM-DEM) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan modeller karşılaştırıldığında yüksek çözünürlüklü model güç üretimi ve hassas tahminlerde, düşük çözünürlüklü modelin ise daha çok bölgesel veya ulusal düzeyde yapılacak analizlerde kullanılabileceği saptanmıştır. Farklı çözünürlükteki modellerin kullanılabileceği çalışmalar önerilmiştir.

The Effect of Spatial Resolution on Insolation Potential

Keywords

UAV,
GIS,
Insolation potential,
Solar radiation.

ABSTRACT

The energy requirements of society are increasing daily. While fossil fuels currently cater for most of this need, efficient and renewable energy sources have begun to be employed as an option for long-term environmental management. Solar energy is one of these sources. The sun's energy is a clean and unlimited renewable source that can supply all of the world's energy needs. To reap the most benefits from such a large and renewable energy source, the solar energy potential must be thoroughly examined. Solar energy potential analysis was carried out in the pilot zone, which included the Faculty of Medicine Hospital on Mersin University's Çiftlikköy campus, using the Digital Elevation Model (DEM) with varied spatial resolutions. When the models were compared, it was discovered that the high-resolution model could be utilized in power generation and accuracy prediction, while the low-resolution model could be used in the regional or national analysis. It was suggested that models with different resolutions be employed.

1. GİRİŞ

İnsanlar sağlık, aydınlatma, yemek pişirme ve iletişim gibi alanlarda enerji hizmetlerine ihtiyaç duymaktadır (Edenhofer vd., 2011). Günlük enerjiye olan ihtiyaç ise dünyadaki nüfusun artması ile beraber insanların ekonomik ve sosyal gelişimini sağlayabilmesi açısından artma eğilimindedir (Bekçi vd., 2022). Enerjinin öneminin her geçen gün farkına varılması ile günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarının yönetimi de dikkat çekici bir biçimde artmaktadır. Özellikle, yenilenebilir enerji kaynakları jeopolitik çatışmalar, akaryakıt fiyatlarındaki dalgalanmalar, çevresel sorunlar gibi zorluklara karşı en etkili çözüm olarak görülmektedir (Owusu vd., 2016).

Rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, biyoenerji, hidroelektrik, okyanus enerjisi ve bitki artıkları gibi yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile meydana gelen ışıma enerjisidir. Güneş enerjisi teknolojisi, fotovoltaik (PV) ve konsantre güneş enerjisi (CSP) kullanarak elektrik üretmek, termal enerji üretmek, doğrudan aydınlatma ihtiyaçlarını karşılamak ve potansiyel olarak ulaşım ve diğer amaçlar için kullanılacak yakıtları üretmek için güneş ışınımından elde edilebilmektedir (Owusu vd., 2016).

Güneşin yaydığı enerji, dünyanın tüm enerji ihtiyacını karşılayabilecek düzeye sahip temiz ve verimli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır (Arca & Çitiroğlu, 2022). Bu derece büyük ve yenilenebilir enerji kaynağından etkin biçimde yararlanabilmek için güneş enerjisi potansiyelinin en iyi şekilde analiz edilmesi gerekmektedir.

Güneş enerjisi, yeryüzünün bütün bölgelerine eşit şekilde dağılmamaktadır. Türkiye, matematik konumu itibarıyla güneş enerjisi potansiyeli açısından yüksek bir güneş enerjisi potansiyeli barındırmaktadır (Oral, 2020). T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan, Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası'na (GEPA) göre, ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2741.07 saat (günlük toplam 7.5 saat) olup ortalama yıllık toplam ışınım değeri 1527.46 kWh/m² (günlük toplam 4.2 kWh/m²) olarak hesaplanmıştır (EİGM, 2021). Türkiye'nin, güneş enerjisine gerekli yatırımların yapılması ile dünya pazarında mevcut payından daha fazla bir pay alabileceği öngörülmektedir.

Güneş enerjisi potansiyelinin kullanım alanları gün geçtikçe artmaktadır. Güneş enerjisi potansiyeli güneş enerji santrallerinin (GES) uygun yer tespiti çalışmalarında olduğu kadar, güneşlenme potansiyelinin bilinmesinin oldukça faydalı olacağı düşünülen;

- Yapılması planlanan kayak tesisleri için uygun bölgelerin tespit edilmesi,
- Özel iklim koşullarına ihtiyaç duyan bitkilerin gerekli seviyede büyüebilmesi ve yetiştirilmesi için en uygun konumların belirlenmesi,
- Oluşturulan güneşlenme haritaları ile orman yangınlarının davranışlarının tahmin edilmesi ve yangını minimum düzeye indirebilmek için söndürme çalışmalarının planlanması,
- Ulaşım ve diğer amaçlar için kullanılacak yakıtların üretilmesi,
- İnşaat mühendisliği ve şehir planlaması gibi çalışmalarda da kendisine yer bulmaktadır.

Güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesi için kabul görmüş üç yöntem (yerel istasyonlar, meteorolojik uydular ve sayısal yükseklik modelleri) bulunmaktadır. Literatürde bu yöntemlerle yapılmış çalışmalar bulunmaktadır (Vafaeipour et al., 2014; Jung et al., 2019; Huang et al., 2019). Dewanto et al. (2019), yaptıkları çalışmada Tayvan'daki National Cheng Kung Üniversitesi'nde (NCKU) üç boyutlu (3B) kampüs modelini üretilebilmek için İnsansız Hava Aracı (İHA) kullanarak sayısal veriler toplamışlardır. İHA'dan gerçek ortofoto, Sayısal Yüzey Modeli (SYM / Digital Surface Model-DSM) ve bina sınırlarını üretmişlerdir. Bina sınırları ve bina yükseklikleri kullanılarak, 3B kampüs modelinde daha gerçekçi bir etki elde etmek için Autodesk Insight 360 ve Autodesk Revit programlarını kullanmışlardır. Daha sonra bu veriler ile DSM verileri ArcGIS Pro'da işlenmiş, böylelikle kampüsün güneş enerjisi potansiyeli tespit edilmiştir. 3B Web CBS ile çalışmaya son kullanıcıların erişebilmesini ve sonucu görüntüleyebilmesini hedeflemişlerdir. Vafaeipour et al. (2014) tarafından yapılan çalışmada sürdürülebilir kalkınma ve devamlılık için güneş enerjisinin önemine dikkat çekilmiştir. Bu amaçla da çalışma alanı olan İran Yazd'de güneş enerjisi potansiyeli belirlenmiştir. Zhang et al. (2020) ise güneş enerjisini birincil elektrik kaynağı olması için öncelikle güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesi gerektiğini vurgulamıştır. Çin Xinjiang Eyaletinde gerçekleştirilen uygulamada Çin için temel elektrik kaynağının güneş enerjisi olması hedeflenmiştir. Bunun için de güneş enerjisi potansiyeli tespit edilmiştir.

Bu çalışmada iyi güneşlenme süresine ve yüksek güneş potansiyeline sahip Mersin'de uygulama gerçekleştirilmiştir. Çalışma bölgesi olarak Mersin Üniversitesi Çiftlikköy kampüsü seçilmiştir. Çalışma alanına ait Sayısal Yükseklik Modeli (SYM / Digital Elevation Model-DEM) ve Sayısal Arazi Modeli (SAM / Digital Terrain Model- DTM) İHA kullanılarak çekilen görüntülerden üretilmiştir. Elde edilen DEM ve DTM'nin yanı sıra çevrimiçi platformlardan indirilen DEM verisi de eklenerek çözünürlüğün güneşlenme potansiyeline olan etkisi incelenmiştir.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Güneş enerji potansiyelinin elde edilme yöntemleri üç ana başlık altında sıralanabilmektedir;

Yersel İstasyonlar: Meteoroloji enstitüleri, yer istasyonlarının güneş ışınımını kaydeden otomatik yer tabanlı hava istasyonunu yönetmektedir. Bu yöntem ile yıllık bazda doğru ve düşük çözünürlükte ülke içindeki ışınımın değişimi incelenebilmektedir.

Meteorolojik Uydular: Dünya ile aynı açısal hızda dönen, gözlem yapabilen, geniş alanlarda hızlı ve yüksek çözünürlüklü görüntüler sağlayabilen sabit yörüngeli uydulardır. Güneş radyasyonu tahmininde istatistiksel, fiziksel ve hibrit modellerin uygulandığı üç yaklaşım bulunmaktadır.

Sayısal Yükseklik Modelleri: Yersel ölçüm yöntemlerine ek olarak, LiDAR ve fotogrametrik alım yöntemleri ile topografyada belirlenen noktalardan alınan yükseklik değerleri kullanılarak geri kalan yüzeyin değerlerinin hesaplanarak yüzey topografyasının oluşturulmasıdır.

Oluşturulan bu modeller güneş enerji potansiyeli için kullanılabilirlerdir.

DTM sadece araziyi gösteren ağaç, bina gibi objeleri içermeyen arazi yükseklik modeli iken, DSM ise çıplak arazi modeline ek olarak ağaç, bina, bitki örtüsünü de içeren modeldir. DEM verileri kullanım alanına, çalışma alanına, maliyetine göre farklı şekilde elde edilebilmektedir (Kuşak vd., 2019; Çelik vd., 2020). LiDAR ile hızlı ve yüksek çözünürlüklü yükseklik haritaları oluşturulabilmektedir (Yalçın, 2020; Ulvi vd., 2021). LiDAR'ın, büyük veri kümeleri oluşturması ve maliyetinin pahalı olması sebebiyle bu çalışmada İHA verileri kullanılmıştır. İHA'dan üretilen fotogrametrik verilerin doğruluğu, yersel ölçme yöntemleri kullanılarak üretilen ürünlerdeki doğruluk değerlerine yakın sonuçlar vermektedir (Yakar vd., 2014; Ulvi & Yakar, 2020; Hastaoğlu vd., 2022).

İHA platformu; video kamera, termal kamera, multispektral kameralar, LiDAR algılayıcılardan veya fotogrametrik algılayıcıların birkaçından oluşan, GPS/INS entegrasyonun sağlandığı bir sistemdir (Eisenbeiss, 2003; Gültekin vd., 2016; Doğan & Yakar, 2018; Çelik vd., 2020). İHA platformu ortofoto, DSM, hâlihazır harita üretimi, DEM ve 3B model üretiminde kullanılabilen bir veri kaynağı görevi görmektedir (Nex & Remondino, 2014; Yiğit & Ulvi 2020; Kuşak vd., 2021).



Şekil 1. Çalışma alanı lokasyon haritası

2.2. Veri Temini

Çalışmada Sensefly markalı ebee model İHA ile aynı marka tarafından üretilen S.O.D.A. model kamera kullanılmıştır. Kullanılan İHA Şekil 2'de sunulmuştur.



Şekil 2. Sensefly ebee sabit kanatlı İHA (Paksoy,2022)

20 Mega piksel kameraya ve RGB bantlara sahip olan İHA'nın teknik özellikleri ise Tablo 1'de verilmiştir.

İHA ile elde edilen fotogrametrik veriler farklı yazılımlar kullanılarak işlenebilmekte ve bu sayede birçok yüksek çözünürlüklü sayısal ürünler oluşabilmektedir. Kısa sürede üretilen bu ürünler Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile analiz edilerek birden fazla alanda kullanılabilirlerdir. Ayrıca İHA daha hızlı çözüm desteği sunması bakımından bu çalışmada tercih edilmiştir.

2.1. Çalışma Alanı

Türkiye için yapılan güneş enerjisi potansiyel atlası incelendiğinde Mersin ilinin yüksek potansiyeli göze çarpmaktadır. Mersin ilinde güneş enerjisi ağırlıklı olarak tarımsal sulamada kullanılmaktadır. Bununla birlikte, küçük işletmelerde, özel olarak ısınmada, elektrik üretiminde ve sıcak su temininde de kullanılmaktadır (Atmaca vd., 2014; Bekçi & Kuşak, 2022).

Çalışma alanı Mersin Üniversitesi'nin Çiftlikköy Kampüsü'nde bulunan Tıp Fakültesi Hastanesi ve civarını kapsamaktadır. Üniversite içerisinde en yoğun kullanılan alan hastane ve civarı olduğu için bu alan pilot bölge seçilmiştir.

Tablo 1. Sensefly ebee sabit kanatlı İHA'nın teknik özellikleri

Teknik Özellik	Değer
Ağırlık	1100 g
Genişlik	110 cm
Seyir Hızı	40-110 m/s
Maksimum uçuş zamanı	59 dk
PPK	Var
RTK	Var

Çekilen görüntüler fotogrametrik değerlendirilmesinde dengelenerek, ülke koordinat sisteminde kampüs alanını kapsayan 28 cm çözünürlüğe sahip DEM haritası üretilmiştir (Şekil 3).

Güneş radyasyonu aracı CBS tabanlı olduğu için raster veya vektör girdi verilere ihtiyaç duymaktadır. Güneş Radyasyonu aracı, güneş radyasyonunu coğrafi alanlar üzerinde modellemek için DEM verisi

kullanılmaktadır. Çalışmada İHA'dan üretilen DEM verisine ek olarak 5 ve 30 m çözünürlüğe sahip girdi veriler çevrimiçi platformlardan (Earthexplorer) elde edilmiştir.

DEM verisinin kullanılma sebepleri;

- Uygun maliyetli ve hızlı elde edilebilir olması,
- Radyometrik istasyon ağlarının dağınık olması ve her çalışma alanı için uygun olmaması nedeniyle uydu görüntüleri ve DEM verilerinin daha kullanılabilir hâl alması,
- Uydu görüntüleri, geniş alanları kapsamına rağmen genellikle zayıf bir mekânsal çözünürlüğe sahip olduğundan karmaşık topografya bölgelerinde DEM bilgilerinin kullanılması daha avantajlıdır.

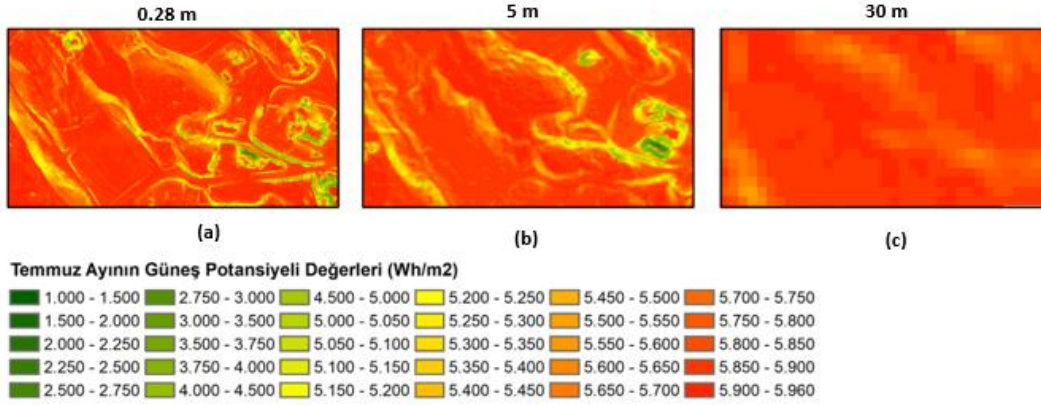
2.3. Güneş Radyasyonu Aracı

ArcGIS'deki mekânsal analiz aracının uzantısı olan güneş radyasyonu analiz aracı çalışılacak mekânsal alanlarda Fu & Rich (1999)'in geliştirerek ileri düzeye taşıdığı yarı küresel görüş açıklığı algoritmasıyla istenilen zamandaki güneş ışığının modellenmesini sağlamaktadır. Mekânsal ölçekte güneş radyasyonunun hassas hesaplanması adına topoğrafik etkilerin hesaplanması prensibine dayanmaktadır. Güneş radyasyonu analizi; enlemin, yükseltinin, eğimin, güneş açısının ve bölgedeki nesnelere oluşturduğu gölgelerin topoğrafyadaki güneş radyasyonu miktarını nasıl etkilediğini irdeleyen raster tabanlı araçtır. Farklı konumlar farklı güneşlenme sürelerine, varyasyona ve doğal ya da yapay etkenlere sahiptir. Bu yüzden her

bölgenin özelliğine göre hesaplanması yapılacak analizler için son derece önem arz etmektedir. Düşük hesaplama maliyeti nedeniyle raster tabanlı hesaplamalar geniş alanlar için uygun olduğundan tercih edilmektedir. Güneş radyasyonu analiz aracı, arazi ve çatılar gibi 2.5B yüzeyler için çok etkili iken dikey cepheler için 3B bir yaklaşıma gerek duymaktadır. Gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde güneş radyasyonu için kullanılan hâlihazırda yöntemlerin (sadece eğim ve bakı kullanılarak doğrudan yapılan tahminler) hassas sonuçlar vermediği gözlemlenmiştir. Bu araç tarımdan sulama faaliyetlerine, arazi yönetiminden ekolojik analizlere kadar birçok alanda başarılı güneş radyasyonu analizi yapmaya imkân tanımaktadır. Bu çalışmada da güneş enerjisi potansiyel analizi için kullanılmıştır.

3. BULGULAR

Çalışma alanında, farklı yöntemler ile elde edilen DEM verileri kullanılarak güneş radyasyon modelleri oluşturulmuştur. Farklı çözünürlükteki DEM verilerine Temmuz ayının ilk gününü içeren radyasyon hesaplama aracı uygulanarak 3B modellerin değerleri üretilmiştir. Girdi olarak kullanılan DEM verilerinin çözünürlükleri sırasıyla 28 cm, 5 m ve 30 m'dir. Üç modelin de minimum ve maksimum değerleri baz alınarak 30 sınıflı olacak şekilde güneş potansiyeli değerlerine sınıflandırma işlemi uygulanmıştır. Güneş potansiyeli değerleri incelendiğinde mekânsal çözünürlüğün önemli bir faktör olarak etkisi Şekil 3'de görülmektedir.



Şekil 2. (a) 28 cm, (b) 5 m, (c) 30 m çözünürlükteki DTM modelleri

Modeller karşılaştırıldığında, farklı çözünürlükteki üç ayrı DTM verisinde çözünürlüğü yüksek olan modelin arazi yüzeyi net olarak görülebilirken, çözünürlük düştükçe aynı alanı içeren modellerde arazinin görünürlüğü azalmaktadır.

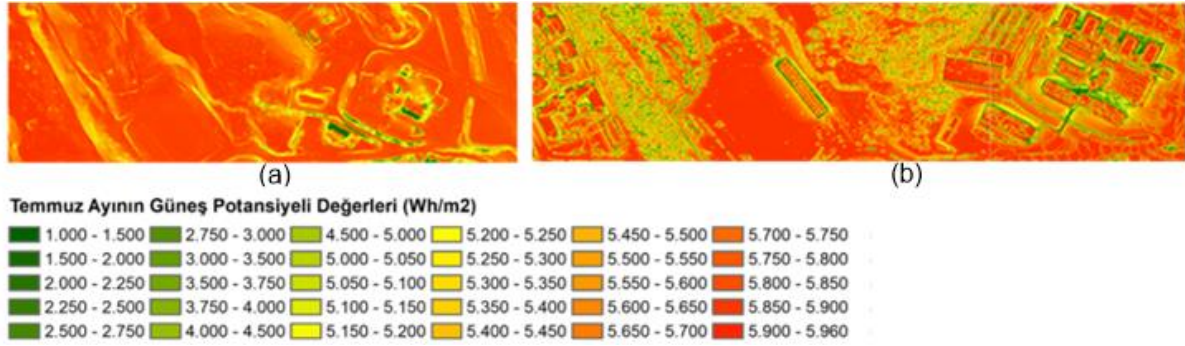
Verilerin işleme süresi modelin çözünürlüğüne göre uzun veya kısa zamanda sonuç vermektedir. Güneş radyasyonu alan hesabının işlem süresi

- 28 cm çözünürlüklü model için 10 sa, 7 dk
- 5 m çözünürlüklü model için 6 sa, 22 dk
- 30 m çözünürlüklü model için 1 sa, 12 dk'dır.

Modellerin hepsi dört çekirdekli ve sekiz GB RAM'li Intel i3 işlemcili bir Windows makinesinde yürütülmüştür.

Ortaya çıkan her bir görüntü farklı amaç ve türdeki analizlerin yapılmasına olanak sağlamaktadır.

- 28 cm'lik çok yüksek çözünürlüklü model, güç üretimi ve kapasite tahminlerinin yapılabileceği şehir bazlı tasarım analizlerinde,
- 5 m'lik çözünürlüğe sahip model, park alanlarının modellenmesinde veya mahalle bazında bir uygunluk sınıflandırmasında,
- Düşük çözünürlüklü görüntüler ise çok geniş rakamlar için bölgesel veya ulusal düzeyde yapılacak analizler için faydalı olabileceği düşünülmektedir. Daha yüksek çözünürlük ve daha geniş coğrafi alanlar içeren veriler kullanıldığında işlem süresi artmaktadır.



Şekil 4. (a) Aynı çözünürlükteki DTM, (b) DSM modelleri

Aynı çözünürlükteki (28 cm) DTM ve DSM modellerinin karşılaştırılabilmesi için güneş potansiyeli değerlerine sınıflandırma işlemi uygulanmıştır. DTM ve DSM modelleri incelendiğinde (Şekil 4), DTM modelinin özelliğinden dolayı çalışma alanının güneş potansiyeli hakkında detaylı analiz yapılmasının mümkün olmadığı tespit edilmiştir. DTM'in aksine DSM modelinde ise çok daha detaylı çıkarım yapılabilmektedir. DSM arazi ve cepheler için güneşlenmeyi hesaplamada kullanılabilirken, DTM ise cephelerde yetersiz kalmaktadır. Özellikle PV güneş panellerinin kurulumunda uygun yer tespiti için DSM'in kullanımı daha doğru sonuçlar alınmasında etkilidir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Mersin ili gerek tarım gerekse turizm bakımından önemli illerden birisidir. Son yıllarda yoğun göç almakta ve nüfusu hızla artmaktadır. Bütün bu özelliklerini iyi yönetilebilmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi olan güneş enerji potansiyelinin Mersin için ortaya koyulması gerekmektedir. Yukarıda sayılan özellikler çok farklı ihtiyaçları bünyesinde barındırmaktadır (Tarımda sulama, bitki güneş ihtiyaçları vb. gibi) Bu nedenle sadece yıllık güneş enerji potansiyeli haritaları oluşturulması yeterli değildir. Günlük, aylık, saatlik haritalar üretilmeli, meteorolojik, antropolojik etkiler de değerlendirilmeli ve oluşturulan haritalar istatistiksel olarak ayrıca yorumlanmalıdır. Bu çalışmada, yukarıda ifade edilen problem durumuna çözüm üretmek adına DEM verileri detaylı olarak değerlendirilmiş, güneş potansiyeli analizi gerçekleştirilmiştir.

İdeal bir güneş potansiyeli modeli, küresel, yerel, mekânsal, zamansal ve meteorolojik faktörlere göre değişen ışınımın hesaba katılması ile elde edilebilir. Daha yüksek çözünürlüklü DEM verilerinin çalışmada tercih edilmesi güneş potansiyeli analizi ile güneş panelleri inşa edilecek konumların belirlenebilmesinde büyük etkiye sahiptir. Güneş enerji santrallerinin yer seçiminde önemli kriterlerden birisi olan güneşlenme potansiyeli haritasının dikkatlice değerlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca oluşturulacak bu haritalar yardımı ile kentlerdeki artan enerji kullanımının israfına sebep olmadan verimliliğin artırılarak kullanılması sağlanabilir. Güneş enerjisi teknolojileri geliştikçe, güneş potansiyeli haritalamanın verimliliği giderek daha önemli hale gelmektedir. Gelişmiş mekânsal çözünürlüğe sahip DSM'ler daha kullanılabilir hale geldikçe, güneş potansiyelini hesaplamanın verimliliği ve doğruluğunun artırılması gerekmektedir.

Bu konuda çalışma yapacak araştırmacılara çalışmalarında veri seti olarak DEM verilerine ek olarak antropolojik ve meteorolojik faktörlerin irdelenmesi güneş potansiyeli analizinin daha sağlıklı ve doğru sonuç vermesinde önemli rol oynayacağı öngörülmektedir.

Bilgilendirme/Teşekkür

Bu çalışma yüksek lisans öğrencisi Rabia Nagehan Bekçi'nin tezinin bir parçasını oluşturmaktadır.

Yazarların Katkısı

Rabia Nagehan Bekçi: Literatür taraması, analiz ve yorumlama, makale yazma. **Lütfiye Kuşak:** Kontrol, düzenleme, görselleştirme.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

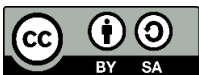
Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

KAYNAKÇA

- Arca, D. & Çitiroğlu, H. K. (2022). Güneş enerjisi santral (GES) yapım yerlerinin CBS dayalı çok kriterli karar analizi ile belirlenmesi: Karabük örneği. *Geomatik Dergisi*, 7(1), 17-25.
- Atmaca, M., Yusufoglu, G. & Kurtuluş, A. (2014). Güneş enerjili sulamanın tarım sektöründe uygulaması. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2), 142-153.
- Aydan C, Yaman N, Sabah L & Höke Onur (2016). Güneş Enerji Santrali Yer Seçiminde Açık Kaynak Kodlu CBS Kullanımı-Eskişehir İl Örneği. *VI. UZAL-CBS Sempozyumu, Adana, Türkiye*, 491-500.
- Bekçi, R. N., Zorlu, Ö. & Menekşe, E. (2022). Regression Analysis and Use of Artificial Neural Networks in Housing Valuation Forecasting: Case Example of Güneşevler Neighbourhood in Mersin. *Advanced GIS*, 2(1), 24-32.
- Bekçi, R. N. & Kuşak, L. (2022). Mersin İli Güneş Enerjisi Potansiyeli Analizi. *11. Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (TUFUAB) Teknik Sempozyumu, Mersin, Türkiye*.
- Bosch, J. L., Battles, F. J., Zarzalejo, L. F. & López0, G. (2010). Solar Resources Estimation Combining Digital Terrain Models and Satellite Images Techniques. *Renewable Energy*, Volume 35, Issue 12, 2853-2861.
- Çelik, M. Ö., Alptekin A., Ünel, F. B., Kuşak, L. & Kanun, E. (2020). The Effect of Different Flight Heights on

- Generated Digital Products: Dsm and Orthophoto. *Mersin Photogrammetry Journal*, 2(1), 1-9.
- Çelik, M. Ö., Yakar, İ., Hamal, S., Oğuz, G. M. & Kanun, E. (2020). Sfm tekniği ile oluşturulan 3B modellerin kültürel mirasın belgelenmesi çalışmalarında kullanılması: Gözne Kalesi örneği. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(1), 22-27.
- Deng, M., Yang, W., Chen, C., Wu, Z., Liu, Y. & Xiang, C. (2021). Street-level solar radiation mapping and patterns profiling using Baidu Street View images. *Sustainable Cities and Society*, 75, 103289.
- Dewanto, B. G., Novitasari, D., Tan, Y. C., Puruhito, D. D., Fikriyadi, Z. A., & Aliyah, F. (2019). Application of Web 3D GIS to Display Urban Model and Solar Energy Analysis using The Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Data (Case Study: National Cheng Kung University Buildings). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 520(1), doi:10.1088/1755-1315/520/1/012017.
- Doğan, Y. & Yakar, M. (2018). GIS and three-dimensional modeling for cultural heritages. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 3(2), 50-55. <https://doi.org/10.26833/ijeg.378257>
- Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Seyboth, K., Matschoss, P., Kadner, S., Zwickel, T., Eickemeier, P., Hansen, G., Schlömer, S. & Von, S. C. (2011). Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. *Cambridge: Cambridge University*, press.10.1017/CBO9781139151153.
- EİGM (2021). Güneş. <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes>, Erişim Tarihi 12.05.2022.
- Eisenbeiss, H. (2003). Positions und Orientierungsbestimmung Eines Autonomen Helikopters - Vergleich Zwischen Direkter Georeferenzierung und Aerotriangulation mit Videobilddaten, Diploma Thesis, Institute for Photogrammetry and Remote Sensing, *University of Technology*, 86, Dresden, Germany.
- Fu, P. & Rich, P. M. (1999, July). Design and implementation of the Solar Analyst: an ArcView extension for modeling solar radiation at landscape scales. *In Proceedings of the nineteenth annual ESRI user conference* (Vol. 1, pp. 1-31). USA: San Diego.
- Gültekin Y., Özemir, I., Uzar, M. & Şimşek, M. (2016). İnsansız Hava Araçları ile Ortofoto ve SYM Üretimi. *VI. UZAL-CBS Sempozyumu, Adana, Türkiye*, 310-318.
- Hastaoğlu, K. Ö., Göğsu, S. & Gül, Y. (2022). Determining the relationship between the slope and directional distribution of the UAV point cloud and the accuracy of various IDW interpolation. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 7(2), 161-173.
- Huang, Z., Mendis, T. & Xu, S. (2019). Urban solar utilization potential mapping via deep learning technology: A case study of Wuhan, China. *Applied Energy*, 250, 283-291.
- Jung, J., Han, S. & Kim, B. (2019). Digital numerical map-oriented estimation of solar energy potential for site selection of photovoltaic solar panels on national highway slopes. *Applied Energy*, 242, 57-68.
- Kausika, B. & Sark, W. V. (2021). Calibration and Validation of ArcGIS Solar Radiation Tool for Photovoltaic Potential Determination in the Netherlands. *Energies*, 14, 1865.
- Kuşak, L., Ünel, F. B., Alptekin, A., Çelik, M. Ö. & Yakar, M. (2019). Modelling of a Landslide Site with Satellite and Uav. *Cilicia International Symposium on Engineering and Technology, Mersin, Turkey*, 771-775.
- Kuşak, L., Ünel, F. B., Alptekin, A., Çelik, M. Ö. & Yakar, M. (2021). Apriori association rule and K-means clustering algorithms for interpretation of pre-event landslide areas and landslide inventory mapping. *Open Geosciences*, 13(1), 1226-1244. doi:10.1515/geo-2020-0299.
- Nex, F. & Remondino, F. (2014). UAV for 3D Mapping Applications: a Review. *Applied Geomatics*. 6(1), 1-15.
- Oral M (2020). Solar energy potential of Turkey and evaluation of PV applications in local scale: Case of Karabük province. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 42, 482-503.
- Owusu, P. A., Asumadu-Sarkodie, S. & Dubey, S. (2016). A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation. *Cogent Engineering*, 3(1), 1167990, 1-14.
- Paksoy, (2022). SenseFly eBee Plus. <https://paksoytekni.com.tr/paksoy-topcon/iha/sensefly-eebe-plus.html>, Erişim Tarihi 29.06.2022.
- Ulvi, A., Yakar, M., Yiğit, A. Y. & Kaya, Y. (2020). İHA ve yersel fotogrametrik teknikler kullanarak Aksaray Kızıl Kilise'nin 3 Boyutlu nokta bulutu ve modelinin üretilmesi. *Geomatik Dergisi*, 5(1), 22-30.
- Ulvi, A., Yiğit, A. Y., Çelik, M. Ö. & Alptekin, A. (2021). Detection of existing infrastructure lines with wearable laser scanners and making infrastructure map: a case of Mersin University. *Mersin Photogrammetry Journal*, 3(2), 61-68.
- Vafaeipour, M., Zolfani, S. H., Varzandeh, M. H. M., Derakhti, A. & Eshkalag, M. K. (2014). Assessment of regions priority for implementation of solar projects in Iran: New application of a hybrid multi-criteria decision making approach. *Energy Conversion and Management*, 86, 653-663.
- Yakar, M., Yilmaz, H. M. & Mutluoglu, O. (2014). Performance of Photogrammetric and Terrestrial Laser Scanning Methods in Volume Computing of Excavation and Filling Areas. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 39(1), 387-394.
- Yalçın, B. (2020). LIDAR (Lazer Görüntüleme Algılama ve Menzil). <https://mertmekatronik.com/lidar-laser-imaging-detection-and-ranging>, Erişim Tarihi 27.06.2022.
- Yiğit, A. Y. & Ulvi, A. (2020). İHA fotogrametrisi tekniği kullanarak 3B model oluşturma: Yakutiye Medresesi Örneği. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 2(2), 46-54.
- Zhang, Y., Ren, J., Pu, Y. & Wang, P. (2020). Solar energy potential assessment: A framework to integrate geographic, technological, and economic indices for a potential analysis. *Renewable Energy*, 149, 577-586.



© Author(s) 2022.

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