

Bir Çatı Katının Yüzdesel Güneşlenme Süresinin VI-Suite ile Belirlenmesi

Hakan Aydoğan* ve Mehmet Feyzi Özsoy

Elektrik ve Enerji Bölümü, Uşak Üniversitesi, Türkiye
**(hakan.aydogan@usak.edu.tr)*

Özet – Bu çalışmanın amacı Uşak Üniversitesi, Teknik ve Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu binasının çatı katındaki kullanılabilir taban alanın anlık ışınım miktarını ve yıllık yüzdesel güneşlenme süresini açık kaynak kodlu yazılımlar kullanılarak simülasyon yoluyla belirlemektir. Uşak Üniversitesi, Teknik ve Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu binası, açık kaynak kodlu 3D çizim programı olan Blender kullanılarak çizilmiş ve gerçek konumundaki gibi yönlendirme yapılmıştır. Bir Blender eklentisi olan VI-Suite ile binanın çatı katının kullanılabilir taban alanı vi-sensör, diğer bölümler ise vi geometri olarak seçilmiştir. Düşüm editörü yardımıyla binanın enlem ve boylam bilgileri girildikten sonra ilgili düşümler kullanılarak taban alanın anlık ışınım miktarını ve yıllık yüzdesel güneşlenme süresi, VI-Suite eklentisi kullanılarak belirlenmiş ve üç boyutlu olarak gösterilmiştir. İstenilen saat ve gün bilgisi girilerek çatı katının kullanılabilir taban alanı için anlık ışınım miktarı hesaplanabilmektedir. Yılın birinci günü ve yerel güneş saati olarak saat 12:00 için güneşin pozisyonu ve çatı katının şekline bağlı olarak metrekaşe başına 600 Watt'a kadar bir ışınımın elde edildiği görülmüştür. İlgili alanın yıllık yüzdesel güneşlenme süresi, yıl boyunca güneş elevasyon açının sıfırdan büyük olması şartıyla % 79'a varan bir oran hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler – VI-Suite, güneşlenme süresi, güneş, ışınım, simülasyon

Determination of Percentile Sunlit Time of a Rooftop using the VI-Suite

Abstract – The aim of this study is to determine instantaneous irradiance and annual percentile sunlit time on the available rooftop floor area of Technical and Social Science Vocational School at Usak University by simulation using open source software. The building of Technical and Social Science Vocational School at Usak University has been drawn and rotated as in the real location using the Blender which is open source 3D drawing software. The available rooftop floor area has been marked as a vi-sensor and the rest has been marked as a vi-geometry using the VI-Suite add-on in the Blender. The location info and the related nodes have been connected and set in the note editor to simulate the instantaneous irradiance and annual percentile sunlit time on the available rooftop floor area using the VI-Suite add-on. The instantaneous irradiance of the area can be calculated through desired hours and days info. The irradiance has been calculated up to 600 Watt per squares meter depending on the sun position and building parts for the first day of the year and local solar time on 12:00. The annual percentile sunlit time of the area has been calculated up to 79 % in case of the solar elevation angle greater than zero during a year.

Keywords – VI-Suite, sunlit, solar, irradiance, simulation

I. GİRİŞ

Yenilenebilir enerji üretiminin kesintili ve belirsiz olması, güç sistemi operasyonunda ve kontrolünde sıkıntılar doğurmakta, bu durum frekans ve güç akışında dalgalanmalara neden olmakta ve çözümü için ileri araştırma ve geliştirmeye ihtiyaç duyulmakta ve yenilenebilir enerji sistemlerindeki değişkenleri tahmin etmek, önemli bir rol oynamaktadır [1]. Fotovoltaik (PV) çıkış gücünün değişkenliği ve belirsizliği enerji piyasası için önem teşkil ettiğinden dolayı PV çıkış gücünün doğru tahmin edilmesi gerekmektedir [2]. PV enerji üretimi, doğrudan solar ışınım ile ilişkili olduğundan dolayı solar ışınım önemli bir parametre olarak görülmektedir [3].

Bae ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada destek vektör makinası yöntemiyle saatlik solar ışınım tahmini yapılmış olup ölçülen değerler ve tahmin edilen değerler karşılaştırılmıştır [2]. Melzi ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada makine öğrenme modeli yöntemiyle saatlik solar ışınım tahmini yapılmıştır [4]. Jayawardene ve Venayagamoorthy tarafından yapılan bir çalışmada hücresele

hesaplama ağı yöntemiyle PV santralleri için solar ışınım miktarını tahmin etmektedir [1]. Mathiesen ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada analog metot kullanılarak solar ışınım değişkenliğinin tahmini yapılmıştır [5]. Watetakarn ve Premrudeepreechacharn tarafından yapılan bir çalışmada solar güç santralleri için solar ışınımın tahmini yapay sinir ağı ile yapılmıştır [6]. Darbali-Zamora ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada mikrogrid uygulamaları için istatistiksel yaklaşım tabanlı solar ışınım tahmini yapılmıştır [7]. Lyu ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada dalgacık dönüşümü kullanılarak solar ışınım tahmini yapılmıştır [8]. Nalina ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada çok değişkenli regresyon yöntemi kullanılarak solar ışınım tahmin edilmiştir [3]. Peng ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada uydu tabanlı solar ışınım tahmini yapılmıştır [9]. Cao ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada dalgacık analizi ile birleştirilmiş yapay sinir ağı kullanılarak solar ışınım tahmini yapılmıştır [10]. Orjuela-Cañón ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada doğrusal ve doğrusal olmayan modeller

kullanılarak küresel solar ışınımın çok kısa dönemli tahmini yapılmıştır [11].

Sewchurran ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada çatıya yerleştirilecek PV sistemler için bir fizibilite çalışması yapılmıştır [12]. Charan ve Pradeep tarafından oluşturulan bir algoritma ile şebekeye bağlı çatı katına yerleştirilecek solar sistemler için bir enerji yönetim sistemi oluşturuldu [13]. Hindistan’da Mühendislik ve Yönetim Enstitüsü’nün çatısına 6 kW’lık bir solar sistem kurulmuştur [14]. Sharma ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada şebekeden bağımsız çatı için solar PV sistemlerinin teknolojik ve ekonomik analizi yapılmıştır [15]. Latif ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada LİDAR kullanılarak coğrafi bilgi sistemi tabanlı bir sistem ile çatılardaki solar PV potansiyellerini tahmin etmişlerdir [16].

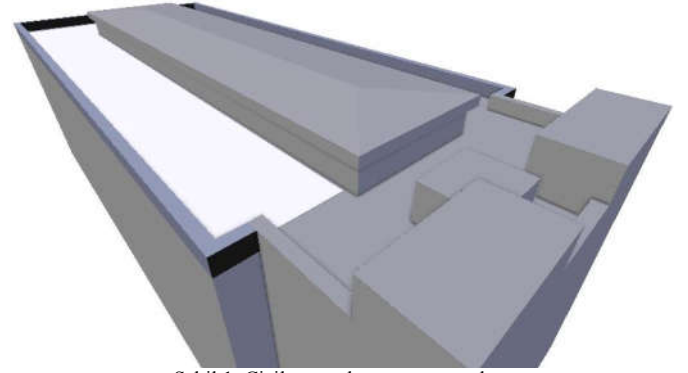
Bu çalışmada Uşak Üniversitesi, Teknik ve Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu binasının çatı katındaki kullanılabilir taban alanın anlık ışınım miktarını ve yıllık yüzdesel güneşlenme süresini açık kaynak kodlu yazılımlar kullanılarak simülasyon yoluyla belirlenmiştir.

II. MATERYAL VE METOT

Uşak Üniversitesi, Teknik ve Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu binası, bedava ve açık kaynak kodlu, bilimsel görselleştirme ve analiz için de kullanılabilen bir 3D çizim programı olan Blender (Blender Vakfı) [17] uygulaması kullanılarak çizilmiş ve gerçek konumundaki gibi yönlendirme yapılmıştır. Güneş yolu ve gölge haritalaması yapabilen, Radiance ve EnergyPlus gibi dış uygulamalarla beraber ışık ve enerji simülasyonları yapabilen, benzer uygulamalara göre minimum donanım ve maliyet bariyerli bir Blender eklentisi olan VI-Suite [17, 18] ile binanın çatı katının kullanılabilir taban alanı vi-sensör, diğer bölümler ise vi geometri olarak seçilmiştir. Şekil 1’de çizilen çatı katı görülmektedir. Çatı üzerindeki beyaz alan ışık sensörünü göstermektedir.

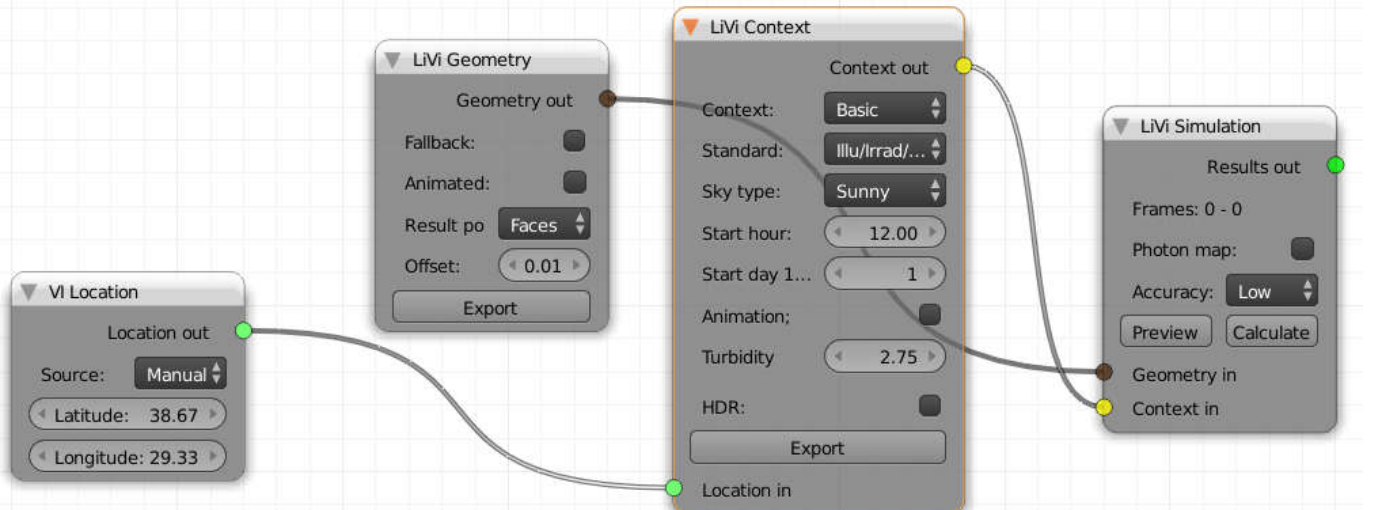
Bu çalışmada, Uşak Üniversitesi, Teknik ve Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu binasının çatı katında PV sistemi için kullanılabilir Şekil 1’de görülen alan 6x6 metrelik alt alanlara ayrılmış ve bu alt alanlarda 26x26’lık eşit büyüklükteki daha alt alanlara ayrılmıştır. Bu sayede simülasyon sonucunda küçük alanların ışınım miktarları ve yüzdesel güneşlenme süreleri ayrı ayrı incelenebilmektedir. Sensör alanını daha küçük alanlara ayırmak, her bir alanının

analizi yapılacağından simülasyon süresinin uzamasına neden olmaktadır.



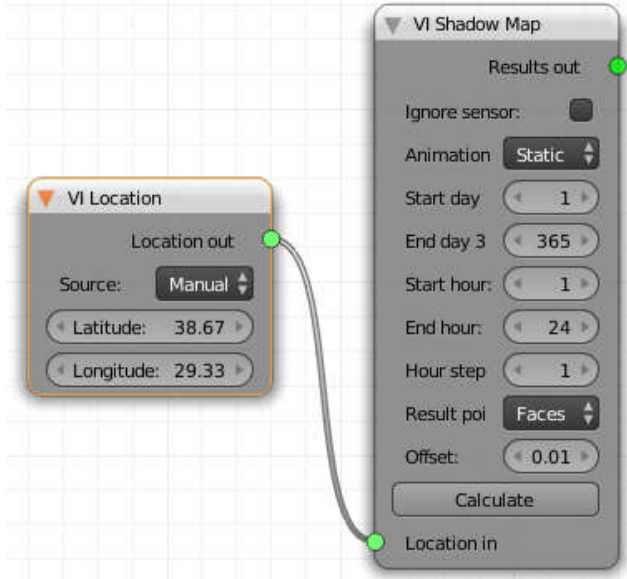
Şekil 1. Çizilen çatı katı ve sensör alanı

Düğüm editörü yardımıyla ve “VI Location” düğümü kullanılarak simülasyonu yapılacak konumun enlem ve boylam bilgileri girilmiştir. Bu bilgiler güneş yolu gibi matematiksel işlemlerin yapılabilmesi için gerekmektedir. Çizilen şekiller, “LiVi Geometry” düğümü kullanılarak simülasyon ve analiz için kullanılabilir duruma getirilmektedir. “LiVi Context” düğümü kullanılarak yapılacak simülasyonun şartlarını ve anlık simülasyon için yılın gün ve saat bilgileri girilmektedir. “LiVi Simulation” düğümü girişine “LiVi Geometry” ve “LiVi Context” düğümü çıkışları eklenerek simülasyon işlemine geçilebilmektedir. Simülasyon süresi, çizilen şekillere, analiz türlerine ve bilgisayarın yazılım ve donanım durumuna göre kısa zaman veya uzun zaman alabilmektedir. Bu durumda simülasyonun doğruluk derecesinden ödün verilerek simülasyon süresi kısaltılabilmektedir. Şekil 2’de anlık solar ışınım miktarının analizi için gerekli düğümler ve bu düğümlerin birbirleriyle bağlantıları görülmektedir. Çizilen çatı katı ve sensör alanı VI-Suite eklentisine uygun materyal türü seçildikten sonra “LiVi Geometry” düğümünde “Export” butonuna tıklanılmaktadır. “LiVi Context” düğümündeki ayarlar yapıldıktan sonra da ilgili düğümdeki “Export” butonuna tıklanılmaktadır. Son olarak “LiVi Simulation” düğümü kullanılarak istenilen doğruluk derecesi girildikten sonra “Calculate” butonuna tıklanılmaktadır. Hesaplama işlemi tamamlandığında “VI-Suite Display” sekmesi kullanılarak simülasyon ve analiz sonuçlarına erişilebilmektedir.



Şekil 2. Düğümler ile anlık solar ışınımın VI-Suite simülasyonu

Belirlenen sensör alanının yüzdesel güneşlenme süresi analizi için Şekil 3'de ki düğümler ve bağlantıları kullanılmıştır.

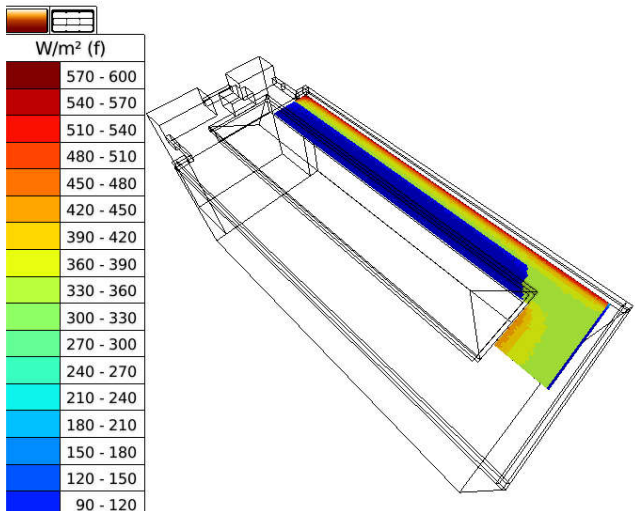


Şekil 3. Düğümler ile yüzdesel güneşlenme süresinin simülasyonu için VI-Suite simülasyonu

Bu çalışmada, sensör alanının yüzdesel güneşlenme süresi analizinde tüm yıl boyunca saatlik olarak hesaplama yapılması için gerekli değişkenler girilerek. "VI Shadow Map" düğümündeki "Calculate" butonuna tıklanılmaktadır. Hesaplama işlemi tamamlandığında "VI-Suite Display" sekmesi kullanılarak simülasyon ve analiz sonuçlarına erişilebilmektedir. Yüzdesel güneşlenme süresi analizinin, güneşin elevasyon açısının sıfırdan büyük olduğu durumlar için hesaplandığı görülmüştür.

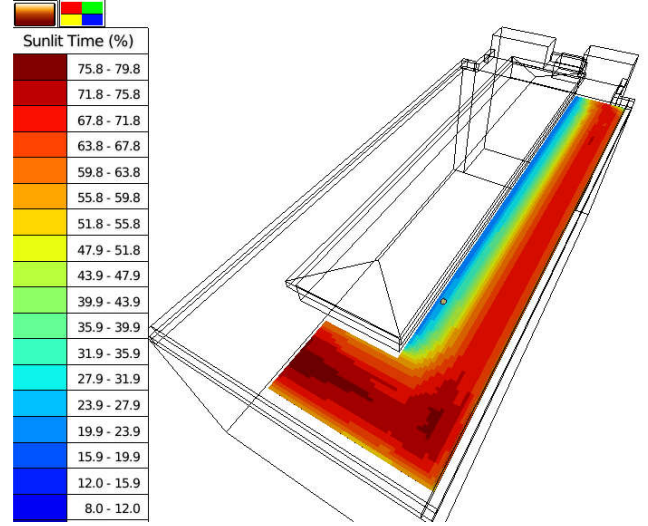
III. BULGULAR

Düğüm bağlantıları sayesinde yılın birinci günü ve yerel solar saat ile saat 12:00'de sensör alanının anlık solar ışınım miktarı simülasyonun sonucu Şekil 4'de görülmektedir. Sensör alanının büyük bir bölümü gölgede kaldığı görülmekte ve 600 W/m²'ye varan bir solar ışınım hesaplandığı görülmektedir.



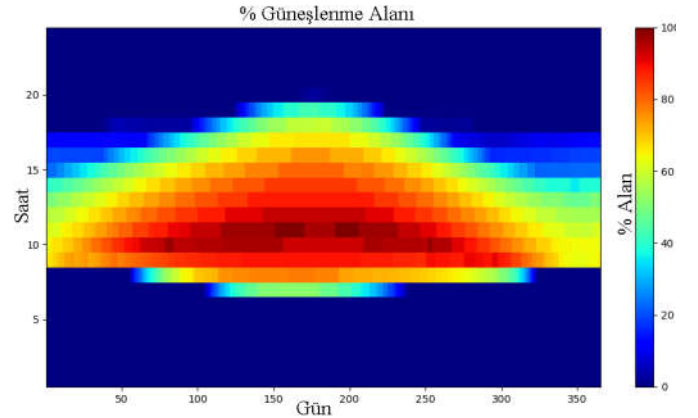
Şekil 4. Sensör alanına gelen anlık solar ışınım miktarı

Düğüm bağlantıları sayesinde bahsedilen çatı katının kullanılabilir yüzey alanının yıllık yüzdesel güneşlenme süresi simülasyonun sonucu ve güneşin elevasyon açısının sıfırdan büyük olduğu durumlar için %79'a varan bir oranın hesaplandığı Şekil 5'de görülmektedir.



Şekil 5. Sensör alanının yıllık yüzdesel güneşlenme süresi

Yıl boyunca yapılan analiz sonucunda saat ve güne bağlı yüzde güneşlenme alanı Şekil 6'da görülmektedir. Yaklaşık olarak yılın 150. günü saat 11 civarında sensör alanının yaklaşık olarak % 100'ünün güneşlendiği görülmektedir.



Şekil 6. Sensör alanının yıllık % güneşlenme alanı

IV. TARTIŞMA

Bu çalışmada VI-Suite yazılımının 0.4.12 sürümü kullanılmıştır. VI-Suite eklentisi kullanılarak yapılan analizlerde sensör alanının anlık solar ışınım miktarını da hesaplayabildiği anlaşılmaktadır. Eklentinin gelecek sürümlerinde saatlik, günlük veya yıllık ortalama solar ışınım miktarını da hesaplayabilmesi gerekliliği görülmüştür. Ayrıca % güneşlenme süresi hesabına ilaveten güneşlenme süresinin saat veya dakika olarak hesap edebilmesi gerekliliği görülmüştür.

V. SONUÇ

İstenilen saat ve gün bilgisi girilerek çatı katının kullanılabilir taban alanı için anlık ışınım miktarı hesaplanabilmektedir. Yılın birinci günü ve yerel güneş saati olarak saat 12:00 için güneşin pozisyonu ve çatı katının

şekline bağlı olarak metrekaşe başına 600 Watt'a kadar bir ışının elde edildiği görülmüştür. İlgili alanın yıllık yüzdesel güneşlenme süresi, yıl boyunca güneş elevasyon açının sıfırdan büyük olması şartıyla % 79'a varan bir oran hesaplanmıştır.

TEŞEKKÜR

Uşak Üniversitesi'ne (www.usak.edu.tr), Blender Vakfı'na (<https://www.blender.org/>), VI-Suite yazılımının yazarı olan Ryan Southall'a, bu yazılımın çalışması için gerekli olan dış uygulamalardan Radiance, EnergyPlus, matplotlib ve Kivy gibi yazılımların üretilmesinde ve sunulmasında emeği geçen herkese yazarlar tarafından teşekkür edilmektedir.

REFERANSLAR

- [1] I. Jayawardene and G. K. Venayagamoorthy, "Spatial predictions of solar irradiance for photovoltaic plants," in *2016 IEEE 43rd Photovoltaic Specialists Conference (PVSC)*, 2016, pp. 0267-0272.
- [2] K. Y. Bae, H. S. Jang, and D. K. Sung, "Hourly Solar Irradiance Prediction Based on Support Vector Machine and Its Error Analysis," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 32, pp. 935-945, 2017.
- [3] U. Nalina, V. Prema, K. Smitha, and K. U. Rao, "Multivariate regression for prediction of solar irradiance," in *2014 International Conference on Data Science & Engineering (ICDSE)*, 2014, pp. 177-181.
- [4] F. N. Melzi, T. Touati, A. Same, and L. Oukhellou, "Hourly Solar Irradiance Forecasting Based on Machine Learning Models," in *2016 15th IEEE International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA)*, 2016, pp. 441-446.
- [5] P. Mathiesen, D. Rife, and C. Collier, "Forecasting solar irradiance variability using the analog method," in *2016 IEEE 43rd Photovoltaic Specialists Conference (PVSC)*, 2016, pp. 1207-1211.
- [6] S. Watetakam and S. Premrudeepreechacharn, "Forecasting of solar irradiance for solar power plants by artificial neural network," in *2015 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT ASIA)*, 2015, pp. 1-5.
- [7] R. Darbali-Zamora, C. J. Gómez-Mendez, E. I. Ortiz-Rivera, H. Li, and J. Wang, "Solar irradiance prediction model based on a statistical approach for microgrid applications," in *2015 IEEE 42nd Photovoltaic Specialist Conference (PVSC)*, 2015, pp. 1-6.
- [8] L. Lyu, M. Kantardzic, and E. Arabmakki, "Solar irradiance forecasting by using wavelet based denoising," in *2014 IEEE Symposium on Computational Intelligence for Engineering Solutions (CIES)*, 2014, pp. 110-116.
- [9] Z. Peng, S. Yoo, D. Yu, and D. Huang, "Solar irradiance forecast system based on geostationary satellite," in *2013 IEEE International Conference on Smart Grid Communications (SmartGridComm)*, 2013, pp. 708-713.
- [10] S. Cao, W. Weng, J. Chen, W. Liu, G. Yu, and J. Cao, "Forecast of Solar Irradiance Using Chaos Optimization Neural Networks," in *2009 Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference*, 2009, pp. 1-4.
- [11] A. D. Orjuela-Cañón, J. Hernández, and C. R. Rivero, "Very short term forecasting in global solar irradiance using linear and nonlinear models," in *2017 IEEE Workshop on Power Electronics and Power Quality Applications (PEPQA)*, 2017, pp. 1-5.
- [12] S. Sewchurran, I. E. Davidson, and O. Ojo, "Drivers, barriers and a method for evaluating the feasibility of residential rooftop solar PV in Durban (Part 1)," in *2017 IEEE PES PowerAfrica*, 2017, pp. 208-213.
- [13] S. C. Teja and P. K. Yemula, "Energy management of grid connected rooftop solar system with battery storage," in *2016 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT-Asia)*, 2016, pp. 1195-1200.
- [14] D. Ghosh, S. M. Karmakar, A. Roy, S. Manna, S. Samanta, and S. Mitra, "Installation of 6kWp grid tie rooftop solar system for generation of 25 units of energy per day," in *2016 IEEE 7th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON)*, 2016, pp. 1-3.
- [15] P. Sharma, H. Bojja, and P. Yemula, "Techno-economic analysis of off-grid rooftop solar PV system," in *2016 IEEE 6th International Conference on Power Systems (ICPS)*, 2016, pp. 1-5.
- [16] Z. A. Latif, N. A. M. Zaki, and S. A. Salleh, "GIS-based estimation of rooftop solar photovoltaic potential using LiDAR," in *2012 IEEE 8th International Colloquium on Signal Processing and its Applications*, 2012, pp. 388-392.
- [17] R. Southall and F. Biljecki, "The VI-Suite: a set of environmental analysis tools with geospatial data applications," *Open Geospatial Data, Software and Standards*, vol. 2, p. 23, 2017/09/14 2017.
- [18] R. Southall, "Simulations and Visualisations with the VI-Suite," School of Art, Design & Media, University of Brighton, <http://arts.brighton.ac.uk/projects/vi-suite/documentation>, 2017.