

Fotovoltaik Panel Karakteristiklerini Hesaplayan Desktop Tabanlı Bir Yazılım Geliştirilmesi ve Şanlıurfa İli için Örnekleme Çalışması

Zeynel Abidin Fıratoglu, Yusuf İşiker, Onur Yemenici, Bülent Yeşilata

e-posta: firatoglu@harran.edu.tr; yusuf47@harran.edu.tr; oseekin@uludag.edu.tr; byesilata@yahoo.com

Geliş Tarihi: 18.12.2017

Kabul Tarihi: 11.04.2018

Özet

Bu çalışmada, uygulama için seçilen herhangi bir yörenin ışınım ve çevre sıcaklığı verileri ile seçilen yörede kullanılacak herhangi bir fotovoltaik (PV) panelin performans verilerine kolayca erişimi sağlayabilen desktop tabanlı bir yazılım geliştirilmiştir. Yazılım algoritması iki temel ara yüze sahip olup, yazılımın kodlanmasında C Sharp programlama dili kullanılmıştır. Yazılımın ilk ara yüzünde, yıl içinde seçilen bir gün için; ortalama saatlik ışınım miktarı ve çevre sıcaklığı verilerini kullanıcının sayısal olarak hemen elde etmesi mümkündür. Bu ara yüzde, seçilen günün tüm saatlerine ait çevre sıcaklığı ve ışınım miktarı değerleri ayrıca grafiksel olarak ta gösterilmektedir. Kullanıcı arzu ettiğinde grafikteki verilerin tümünü sayısal olarak veri tabanına alabilmektedir. Yazılımın ikinci ara yüzü; herhangi bir PV paneli için temel katalog verileri girdisiyle, söz konusu PV panelin, akım-gerilim (I-V) karakteristiklerini grafiksel çıktı olarak gösterebilecek özellikte düzenlenmiştir. İkinci ara yüzün diğer bir özelliği ise; birinci ara yüzde seçilen gün ve ikinci ara yüzde seçilen panel için günün tüm saatlerinde PV panel güç çıkışı ve PV panel verimi değerlerinin grafiksel olarak gösterebilmesidir. Seçilen günde, seçilen PV panel vasıtasıyla elde edilen günlük enerji kullanıcı açısından önemli bir parametredir ve grafik üzerinde bu değer açık bir biçimde vurgulanmaktadır. Geliştirilen yazılım, seçilen yöreye ait uzun dönemli meteorolojik iklim verilerine dayalı bir model kullandığından daha hassas ve gerçekçi sonuçlar alınabilmektedir. Yazılımın diğer önemli bir özelliği ise; kullanıcı dostu ara yüzler sayesinde, toplumun tüm kesimindeki PV sistem kullanıcılarına, doğru PV panel seçimi ve yıl boyunca sistem performansının ne olacağı konusunda direkt bilgi sunabilmektedir. Geliştirilen yazılımın niteliklerinin daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla bu çalışmada Şanlıurfa iline ait veriler yazılıma entegre edilmiş ve yazılımdan elde edilebilecek çıktılara yönelik bir örnekleme çalışması sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Fotovoltaik, Yazılım, iklimsel veriler, Şanlıurfa

Development of a Desktop-Based Software Calculating Photovoltaic Panel Characteristics and A Case Study for Şanlıurfa

Abstract

In this study, a desktop-based software was developed. The software allows users to obtain solar radiation, ambient temperature and the performance characteristics of any selected photovoltaic (PV) panel for any location. The software algorithm has two basic interfaces in nature and C Sharp programming language is used for the software coding. On the first interface of the software, the average hourly amount of radiation and the ambient temperature data are numerically available for the user. The values for the ambient temperature and the amount of radiation for all hours of the selected day are also shown graphically. The whole daily data for the selected day can be exported into user's database archive. The current-voltage (I-V) characteristics of the PV panel in question can be displayed graphically on the second interface of the software, provided that its basic technical catalog data is entered. Another feature of the second interface is that PV panel power output and efficiency values can be displayed for any hours of the day. The daily energy obtained through the selected PV panel is an important parameter for the user and this value is clearly emphasized on the graph. The developed software uses a model based on the long-term meteorological climate data of the selected geographical area, so that more accurate and realistic results can be obtained. Another important feature of the software is that it can provide direct information across the community users at all expertise levels for choosing the right PV panel and for determining what the system performance will vary throughout the year. A case study by using long term meteorological database of Şanlıurfa province has been presented in this study, for better explanation of the developed software.

Keywords: Photovoltaic, software, climatic data, Şanlıurfa

1. Giriş

Uygulama türüne, ihtiyaca ve yüke bağlı olarak fotovoltaik sistemlerin direkt akupleli, bataryalı,

maksimum güç noktası izleyicili (MPPT), DC ve AC güç çıkıtlı, gibi bir çok farklı sistem bileşeni kullanma opsiyonu bulunmaktadır [1]. Ömür boyu maliyet

açısından hangi opsiyonun seçilen uygulamaya uygun olduğunun tespiti ancak her bir bileşen ve komple sistem üzerinde yürütülecek çok aşamalı optimizasyonlar ile mümkündür. Literatürde her bir opsiyon hatta her bileşen için geliştirilmiş, nümerik ve analitik bir çok yöntem bulunmasına [2] karşın, tüm opsiyonların birlikte analizini içeren genel bir yöntem bulunmamaktadır. Bu boşluk ve sistem çeşitliliğinden dolayı üreticilerin veya satıcıların, tüketicilerden gelen her talebe uygun sistem belirlemede önemli zorlukları bulunmaktadır. Bu sorunun aşılması için geliştirilmiş birçok yazılım bulunmaktadır (RETSCREEN, HOMER, INSEL, PVDESINGPRO-G, NREL, PVSOLEXPART, TRNYS vb.)

Yukarıda belirtilen bu yazılımlardan Kanada Devleti'nin desteğiyle geliştirilen RETSCREEN yazılımı yoğun kullanılmakta olup, 6700 yer istasyonunun ve NASA'nın uydu verilerini kullanarak; yenilenebilir enerji uygulamalarında enerji, maliyet, emisyon, finansal ve risk olmak üzere geniş ölçekte analizlerin yapılmasını mümkün kılabilir. Bu özelliği dolayısıyla literatürde çok sayıda çalışmada da kullanım alanı bulmuştur. Örneğin Mirzahosseini ve Taheri (2012), RETSCREEN aracılığıyla 12kW fotovoltaik elektrik santralının üç farklı durumunu İran'da enerji sübvansiyonları açısından araştırmışlardır [3]. Lee ve ark. (2012), bina uygulamalarında yenilenebilir ve klasik sistemlerden oluşan bir hibrit sistemin optimal boyutlandırılması için bir metodoloji geliştirmişlerdir [4]. RETSCREEN aracılığıyla yürütülen diğer bir çalışmada [5] ise, 10 MW kurulu gücündeki bir fotovoltaik elektrik santralının fizibilite analizi, Pakistan'da bulunan dokuz farklı şehire ait iklimsel veriler doğrultusunda gerçekleştirilerek, en uygun yörenin belirlenmesine çalışılmıştır. Diğer taraftan National Renewable Energy Laboratory (NREL) tarafından geliştirilen Homer yazılımı; fotovoltaik, rüzgar türbini, biyokütle, yakıt hücresi v.b. uygulamaların teknik ve ekonomik açıdan optimizasyonunu ve simülasyonunu gerçekleştiren bir yazılımdır. Bu yazılım ile yürütülen bir çalışmada Etiyopyanın kırsal alanlarında meteorolojik verilerden yararlanarak Rüzgâr-PV hibrit bir sistemin maliyet açısından kullanılabilir potansiyeli araştırılmıştır [6]. Yine HOMER yazılımı kullanılarak Lau ve ark. (2010) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, Malezya'da bulunan hibrit bir uygulamanın analizi yapılmıştır [7].

Yukarıda sözü edilen bu tür ticari yazılımların ortak özelliği; PV akım-gerilim (I-V) davranışlarını literatürdeki mevcut amprik veya yarı amprik

modeller ile tanımlayıp, sisteme bağlı yükün I-V karakteristikleriyle eşleştirme mantığına dayalıdır. Elde edilen sonuçların güvenilirliği ise, göz önüne alınan yöreye ait iklimsel verilerin doğruluk seviyesine ve kullanılan matematiksel modellerin sistem bileşenlerini ve çevresel faktörleri doğru tanımlayıp tanımlamama düzeyine göre değişir. Ancak bu tür yazılımlarda yöreye özel detaylı iklimsel veri analizi yapılmadığı gibi, kullanılacak PV panel teknik verilerinin kullanıcı tarafından sisteme girdi olarak tanımlanması yönünde esnek bir seçenek te bulunmamaktadır. Dolayısıyla; sistem büyüklüğünün gerçekçi ve doğru olarak tespiti, sistem kurulumunun yapıldığı yöreye ait ışınım şiddeti, çevre sıcaklığı ve kullanılacak PV panelin teknik katalog verileri büyük önem teşkil etmekle birlikte, mevcut ticari yazılımlarda bu parametrelerin bütünleşik ve hassas olarak ele alınmasında boşluklar söz konusudur [8, 9].

PV sistemlerinin performansını belirlemeye dönük simülasyonlarda, panel yüzeyine düşen ışınım şiddeti ve panel yüzey sıcaklığının belirlenmesi için, uzun dönemli meteorolojik verilerin kullanımı ve bu verilerden elde edilecek katsayıların matematiksel modellere entegrasyonu için ciddi bir ön analiz süreci gereklidir [10,11]. Çünkü meteoroloji istasyonlarında yapılan ölçümlerden alınan ham verilerin direkt kullanımı, sistem analizlerinde önemli hatalara neden olabilmektedir [12,13]. Parametrenin türüne bağlı olarak, matematiksel model geliştirme sürecinde çeşitli zorluklar yaşanmaktadır. Örneğin ışınım şiddetinin modellenmesinde yaşanan temel sorun, ışınım şiddetinin direkt ve yayılı olmak üzere iki bileşen içermesi ve eğimli yüzeyler için yapılacak hesaplamalarda bu bileşenlerin ayrı ayrı hesaplanması gerekliliğidir [14]. Çevre sıcaklığındaki temel sorun ise; sıcaklığın gün boyunca değişiminin basit bir matematiksel ilişki kullanılarak ifade edilememesidir [15].

Yukarıdan anlaşılacağı üzere PV sistemin performansını belirlemek için, değişimi doğrusal olmayan iklimsel ve teknik parametrelerin bütünleşik ele alındığı bir metodolojinin kurulması gerekmektedir. Yüksek uzmanlık ve hassasiyet gerektiren bu metodolojinin, her seviyede PV kullanıcılarına doğru kapasitede sistem seçim şansı verilebilmesi de gerekmektedir.

Söz konusu bu gereklilikleri karşılamak amacıyla bu çalışmada her düzeydeki PV sistem kullanıcılarına hitap edebilecek kullanıcı dostu ara yüzlere sahip

desktop tabanlı bir yazılım geliştirilmiştir. Bu sayede kullanıcılar;

- (i) Uzun dönem meteorolojik verileri yardımıyla belirlenmiş; yılın herhangi bir günündeki herhangi bir saat dilimi için ışınım şiddeti ve çevre sıcaklığı anlık verisine ulaşabilecektir.
- (ii) Farklı eğim açılarında panel yüzeyine gelen ışınım şiddeti değerleri ile yatay yüzeye gelen ışınım şiddeti değerlerini kıyaslayabilecektir.
- (iii) Pazarda yaygın bir şekilde kullanılan herhangi bir PV panel tipinin teknik katalog verilerini kullanarak, herhangi bir zaman dilimi için panelin anlık güç karakteristikleri ve güç çıktılarını belirleyebilir.

Çalışmada geliştirilen yazılım sözü edilen yönleriyle; kullanıcıların maliyetli uzmanlık desteğine ihtiyaç olmadan kendi başlarına sistem seçimine karar vermelerini sağladığı gibi, araştırmacılar ve mühendisler için de, teknik destek talep edilen her bir uygulama için çok uzun ve yorucu bir modelleme sürecine gerek duymadan hesap yapmalarına imkan verebilecektir.

Bu çalışmada geliştirilen yazılımın sözü edilen niteliklerini göstermek amacıyla Şanlıurfa ili uygulama yöresi olarak seçilmiş olup, kullanılan metodolojinin temel adımları da Şanlıurfa meteorolojik verileri üzerinden açıklanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Çalışma sonunda geliştirilen Fotovoltaik dizayn yazılımı temelde iki ana bölümden meydana gelmektedir.

İlk bölümde uygulama yöresi olarak seçilen Şanlıurfa iline ait yatay yüzeye gelen ışınım şiddeti ve çevre sıcaklığı verilerini yılın herhangi bir günü için grafiksel verilmektedir. Bunun yanında söz konusu grafiksel gösterimde atmosfer dışına gelen ışınım değeri ve güneşe dönük bir panel için seçilen eğim açısında panel yüzeyine gelen ışınım şiddetinin gün boyunca değişimi de aynı grafiksel gösterimde yer almaktadır. İkinci bölümde ise yazılım ilk bölümden aldığı ışınım ve çevre sıcaklığı verileri kullanarak teknik katalog parametreleri girilen bir PV panel için kullanıcı seçimine bağlı olarak; panelin maksimum çalışma noktasındaki elektriksel karakteristiklerini, ve seçilen güne ait tüm güneşli

saatlerdeki panel performans verilerini grafiksel olarak göstermektedir. Yazılımda kullanılan materyal ve yöntemler aşağıda ayrıntılı verilmiştir.

2.1. Veri Tabanlarının Oluşturulması

Şanlıurfa için veri tabanlarının oluşturulmasında Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilen 16 yıllık saatlik ortalama ölçümlerden yararlanılmıştır. Ham data şeklinde elde edilen saatlik ölçümler oluşturulan bilgisayar programları yardımıyla günlük, aylık ve yıllık ortalamalara dönüştürülmüş ve elde edilen verilerin yıl boyunca değişimi günün tüm saatlerini içerecek formatta düzenlenmiştir. Geliştirilen yazılımda kullanıcılar ışınım şiddeti ve çevre sıcaklığının değişimini yılın herhangi bir günü için izleyebileceklerdir. Ayrıca alt menülerden de istedikleri bir zaman dilimi için ışınım ve sıcaklık değerlerine de ulaşabileceklerdir.

Yatay yüzeye gelen ışınım şiddetinin tespitinde hazırlanan veri tabanlarından yararlanılırken, atmosfer dış yatay yüzeye gelen ışınım şiddetinin hesaplanmasında;

$$I_D = I_o (\cos(\delta) \cos(E) \cos(h) + \sin(E) \sin(\delta)) \quad (1)$$

Denklemini kullanılmıştır. Denklemdaki I_o parametresi atmosfer dış yüzeyine gele ışınım şiddeti olup hesabı için literatürde çok iyi bilinen

$$I_o = I_{gs} \left[1 + 0.033 \cos\left(\frac{360n}{365}\right) \right] \quad (2)$$

şeklindeki matematiksel bağıntı ile tanımlanmaktadır. Denklemlerde δ deklinasyon açısını, E enlemi, h güneş saat açısını, I_{gs} güneş sabitini ve n gün sayısını (1 Ocak'tan itibaren) göstermektedir. Güneye dönük eğimli bir yüzey üzerine gelen toplam ışınım miktarı;

$$I_{Te} = R_d I_d + R_y I_y + I_{TY} \rho \left(\frac{1 - \cos(e)}{2} \right) \quad (3)$$

bağıntısıyla tanımlanır. Denklemdaki, R_d direkt ışınım faktörünün matematiksel tanımı;

$$R_d = \frac{\cos(E - e) \cos(\delta) \cos(h) + \sin(E - e) \sin(\delta)}{\cos(E) \cos(\delta) \cos(h) + \sin(E) \sin(\delta)} \quad (4)$$

şeklinde dir. R_y ise yayılı ışınım faktörü olup bu çalışmada bu büyüklük Liu ve Jordan tarafından aşağıda önerilen bağıntıyla tanımlanacaktır (bkz, Klein, 1977).

$$R_y = \frac{1 + \cos(e)}{2} \quad (5)$$

Denklem (3), (4) ve (5)'deki diğer büyüklüklerden ρ yansıma katsayısını, 'e' panel eğim açısını, I_d , ve I_y sırasıyla yatay yüzeye gelen direkt ve yayılı ışınımı göstermektedir. Yansıyan ışınım bileşeninin, toplam ışınım içerisindeki payının küçüklüğü nedeniyle, bu bileşen literatürde birçok çalışmada olduğu gibi bu çalışmada da ihmal edilmiştir. Bu doğrultuda; yatay yüzeye gelen ışınımın direkt ve yayılı bileşenleri değerlerinin hesabında, bulanıklık indisinin bir fonksiyonu olarak verilen

$$\frac{\bar{I}_y}{\bar{I}_T} = 1 - 1.112\bar{B}_i \quad (6)$$

bağıntısından aylık-ortalama günlük yayılı ışınım bileşeni tespit edilmiş ve

$$\frac{I_y}{\bar{I}_y} = \left(\frac{\pi}{24} \right) \frac{\cos(h) - \cos(h_s)}{\sin(h_s) - (2\pi h_s / 360)\cos(h_s)} \quad (7)$$

denklemleri vasıtasıyla da saatlik-ortalama değerler hesaplanmıştır. Yatay yüzeye gelen direkt ışınım bileşeninin saatlik-ortalama değeri ise; toplam ışınım ile yayılı bileşen değerleri arasındaki fark alınarak kolayca belirlenebilmiştir.

2.2 PV Panel

Literatürde panel karakteristiği ile ilgili geliştirilmiş birçok model bulunmaktadır. Bu çalışmada panel karakteristiklerin tanımlanmasında, $R_{sh} \gg R_s$ varsayımıyla elde edilen aşağıdaki matematiksel model kullanılmıştır [16].

$$I = I_L - I_{kr} \left[\exp\left(\frac{V + IR_s}{A}\right) - 1 \right] \quad (8)$$

Denklemlerdeki I_L yüzeye ışınım düştüğünde üretilen akımı, I_{kr} karanlık devre akımı, R_s seri direnci, A termal voltajı, I ve V sırasıyla çalışma akımını ve voltajını göstermektedir. Bu modelin en büyük özelliği, beş olan parametre sayısının dörde düşürülmesi sonucu üretici firma katalog verileriyle çözüm yapılabilmesidir.

3. Fotovoltaik Dizayn Yazılımının Şanlıurfa İli için Uygulanması

Yukarıda sözü edilen matematiksel modellerden yararlanarak C Sharp programlama dilinde, desktop tabanlı olarak geliştirilen yazılımın logosu ve açılış sayfası Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği

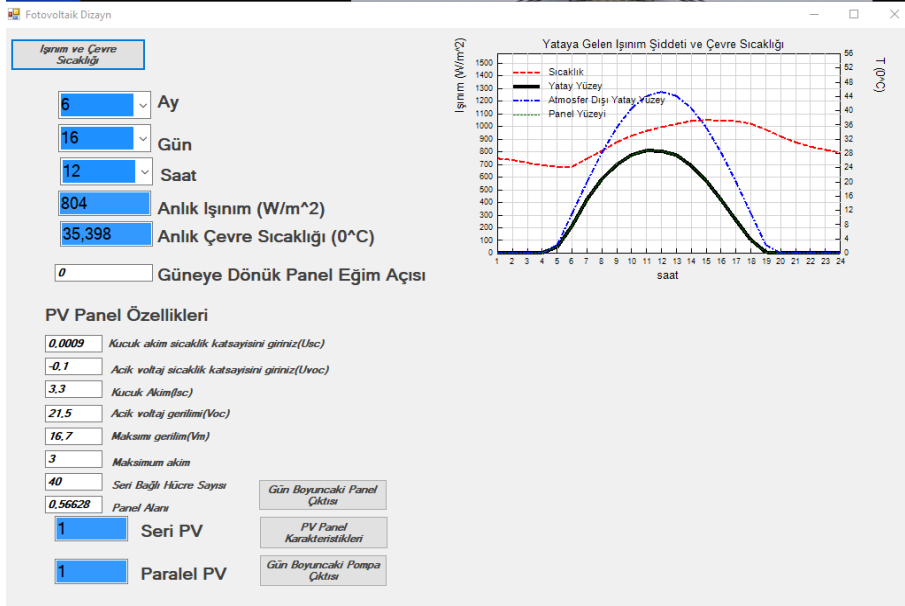
üzere yazılım i. İklimsel veriler ve ii. PV panel çıktıları şeklinde iki ana bölüm ya da ara yüzden meydana gelmektedir. İlk bölümde seçilen herhangi bir ayın günü ve saati için "Işınım ve Çevre Sıcaklığı" butonuna tıkladığında anlık ışınım değerini ve çevre sıcaklığı verilerini sayısal olarak vermektedir. Bu verileri sayısal vermesi ile eş zamanlı olarak seçilen ay ve gün için ışınım şiddeti ve çevre sıcaklığının gün boyunca değişimini grafiksel olarak sağ yanda gösterilmektedir. Programın sözü edilen kısmının görüntüsü Şekil 2'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, grafiksel olarak ışınım şiddeti ve çevre sıcaklığı yanında atmosfer dışına gelen ışınım şiddeti verisi de grafikte aynı diyagram üzerinde yer almaktadır. Programın söz konusu bölümünün altında istenirse güneye dönük bir panelin eğim açısı da verilebilmektedir. Eğim açısı verilirse yazılım eğimli panel üzerine gün boyunca gelen ışınım şiddetini hesaplamakta ve diğer veriler ile eş zamanlı olarak diyagramda grafiksel göstermektedir.

Programın ikinci bölümü PV panel katalog bilgileri, butonlar ve grafik şeklinde üç kısma ayrılabilir. Herhangi bir PV panelin katalog bilgileri girilip "PV Panel Karakteristikleri" butonuna basıldığında yazılımı ilk bölümde seçilen ay, gün ve saat için anlık ışınım ve çevre sıcaklığı verisini sayısal olarak almakta ve katalog bilgileri verilmiş PV panelin I-V karakteristiklerini hesaplayıp bunları grafiksel olarak göstermektedir. Aynı grafik üzerinde söz konusu panel için maksimum çalışma noktasındaki sayısal değerler de gösterilmektedir. Bu süreç Şekil 3'de gösterilmiştir. Seçilen ay, gün ve saatten bağımsız olarak programın ilk bölümündeki sayısal ışınım şiddeti ve çevre sıcaklığı verileri isteme bağlı olarak değiştirilip, PV panelin farklı ışınım şiddeti ve çevre sıcaklıkları için I-V karakteristiklerinin elde edilmesi mümkündür. Programda "Gün Boyunca Panel Çıktısı" butonuna basıldığında yazılım programın ilk bölümünden ışınım ve çevre sıcaklığı verilerini alıp katalog bilgileri verilmiş olan PV panelin maksimum çalışma noktasındaki (MPPT) güç çıktısını, günün tüm saatlerine ait değerleri hesaplayıp, grafiksel olarak göstermektedir. Bu grafikte eş zamanlı olarak panel veriminin gün içindeki değişimi de yer almaktadır. Ayrıca aynı grafik üzerinde panel üzerine gün boyunca düşen toplam ışınım ve panelin ürettiği günlük toplam elektrik enerjisi miktarı da sayısal veri olarak grafik üzerinde yer almaktadır. Programın bu kısmı Şekil 4' de gösterilmiştir. Program ara yüz görüntüsünden anlaşılacağı üzere; kullanıcının seri ve paralel panel sayılarını değiştirerek, farklı panel konfigürasyonları için

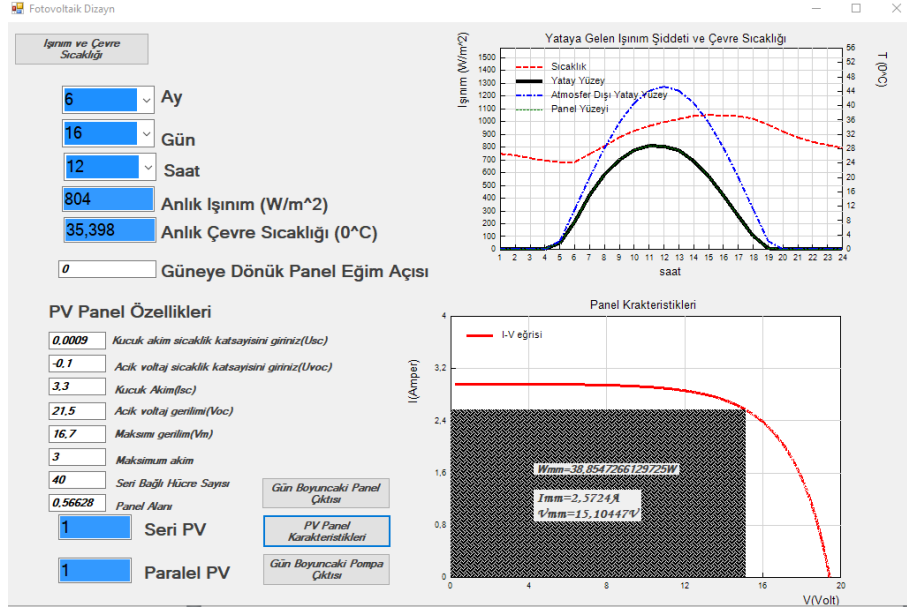
yukarıda sözü edilen verileri elde etmesi mümkündür.

The screenshot shows the 'Fotovoltaik Dizayn' software interface. The 'Işınım ve Çevre Sıcaklığı' (Irradiation and Ambient Temperature) section includes dropdown menus for 'Ay' (Month) set to 6, 'Gün' (Day) set to 16, and 'Saat' (Hour) set to 12. Below these are input fields for 'Anlık Işınım (W/m²)', 'Anlık Çevre Sıcaklığı (0°C)', and 'Güneye Dönük Panel Eğim Açısı' (Tilt angle of the panel facing south) set to 0. The 'PV Panel Özellikleri' (PV Panel Characteristics) section contains several input fields: 'Küçük akım sıcaklık katsayısını giriniz (Usc)' (0.0009), 'Acık voltaj sıcaklık katsayısını giriniz (Uvoc)' (-0.1), 'Küçük Akım (Isc)' (3.3), 'Acık voltaj gerilimi (Voc)' (21.5), 'Maksimum gerilim (Vm)' (16.7), 'Maksimum akım' (3), 'Seri Bağlı Hücre Sayısı' (40), and 'Panel Alanı' (0.56628). There are also buttons for 'Gün Boyuncaklı Panel Çıktısı', 'PV Panel Karakteristikleri', and 'Gün Boyuncaklı Pompa Çıktısı'. The 'Seri PV' and 'Paralel PV' sections both have the value 1.

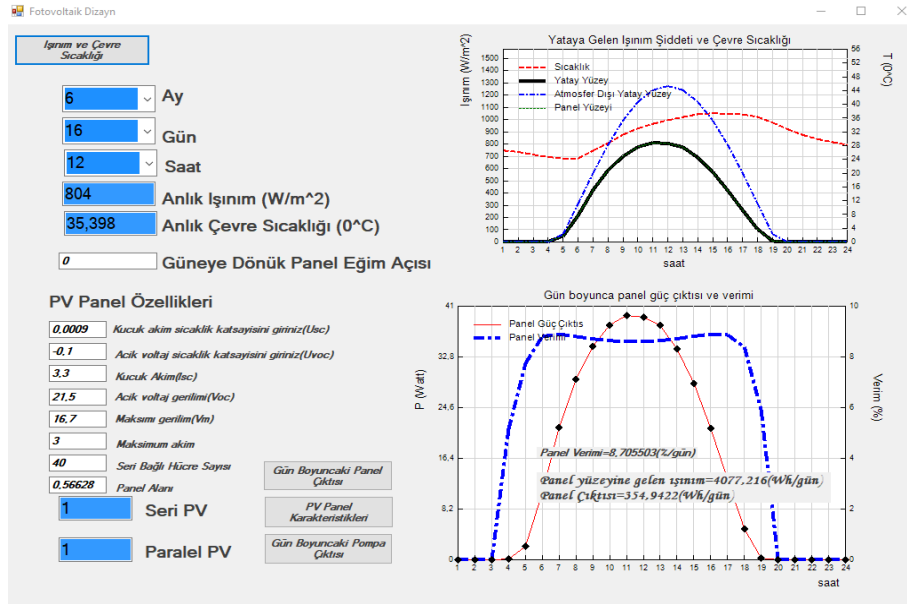
Şekil 1. Geliştirilen yazılımın başlangıç adımındaki ara yüzünün gösterimi.



Şekil 2. Işınım şiddeti ve çevre sıcaklığı gibi verilerin yazılım ara yüzünde sayısal ve grafiksel gösterimi.



Şekil 3. PV panel karakteristiklerinin yazılım ara yüzünde grafiksel gösterimi.



Şekil 4. Seçilen gün için PV panel güç çıkışı ve veriminin yazılım ara yüzünde grafiksel gösterimi.

4. Değerlendirme ve Öneriler

Bu çalışmada geliştirilen desktop tabanlı yazılım sayesinde; PV panel sistemlerinin kapasite ve performanslarının belirlenmesinde anahtar parametreler niteliğine sahip ışınım şiddeti ve çevre sıcaklığı anlık ve günlük verilerinin kolayca belirlenebilmesi mümkün olabilmektedir. Bu verilerin doğruluğu, uygulama için seçilen yöreye ait uzun dönem verilerinin dikkatli ve doğru olarak modellenmesi vasıtasıyla sağlanmıştır. Geliştirilen yazılımın bir diğer ara yüzünde; kullanımı planlanan PV panelin teknik katalog verileri girilerek, anlık ve günlük PV sistem performansları seçilen uygulama yöresi için hassas ve doğru olarak belirlenebilmektedir. Örneğin geliştirilen yazılım ile

pazarda bulunan bir PV panele ait katalog verileri kullanılarak elde edilen güç çıkışı değerleri ışınım şiddetinin bir fonksiyonu olarak Tablo 1'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlardan görüleceği üzere 1000 W/m² ve 250C çevre sıcaklığında panel güç çıkışı yaklaşık olarak 49,1056 W olmaktadır. Söz konusu panelin katalogunda bu ışınımda panel çıkışı 50 W olarak verilmektedir. Dolayısıyla geliştirilen yazılım; katalog bilgilerini kullanarak, % 1.8 gibi düşük bir hata ile PV panel güç çıktılarını elde etme şansı sunmaktadır.

Söz konusu yazılımın aynı algoritma adımlarını kullanarak Türkiye ve Dünyadaki tüm coğrafyalara genişletilme özelliği bulunmaktadır. Ayrıca sadece PV panel elektrik çıktısını belirleme niteliği yanında

bazı özel sistem uygulamaları için amaca uygun parametrik çıktı verebilecek şekilde genişletilmesi de mümkündür. Bu kapsamda yazılımın örneğin PV sulama sistemlerini kapsayacak şekilde genişletilmesi ve belirlenen bir sistem için araziye gönderilecek anlık ve günlük su debisi değerlerini belirleme olanağı sağlaması mümkündür. Yazılımın gelişmeye açık diğer bir yönü ise; hassas olarak belirlenebilen çevre sıcaklığı verilerini kullanarak PV hücrelerin çalışma sıcaklığına yine hassas ve doğru bir model kullanılarak erişilebilmektir. Bu durumda hücre sıcaklığının yükseldiği anlardaki verim kayıpları da belirlenmiş olacaktır. Yazılımı bu noktalarda genişletme ve iyileştirmeye yönelik çalışmalarımız devam etmektedir.

Tablo 1. Geliştirilen program ile yapılan bazı hesaplamalar.

| Işınım Şiddeti (W/m ²) | Çevre sıcaklığı (0C) | Panel güç çıkışı (MPPT) (W) | Akım MPPT (A) | Gerilim MPPT (V) |
|------------------------------------|----------------------|-----------------------------|---------------|------------------|
| 100 | 25 | 3.786 | 0,31035 | 12,2005 |
| 300 | 25 | 13,266 | 0,9494 | 13,972 |
| 600 | 25 | 28,449 | 1,9151 | 14,855 |
| 800 | 25 | 38,759 | 2,5604 | 15,1367 |
| 1000 | 25 | 49,1056 | 3,206 | 15,315 |

Teşekkür

Bu çalışma Harran Üniversitesi HÜBAK tarafından 1142 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

- [1] Fıratoğlu Z. A., Yeşilata B., (2003a), Lineer Elektriksel Yüke Bağlı PV Panellerin Optimizasyonu ve Bölgesel Uygulanabilirliğinin Araştırılması, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, 1, 64-72.
- [2] Khatib T., Mohamed A., Sopian K., (2013), A review of photovoltaic systems size optimization techniques, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 22, 454-465.
- [3] Mirzahosseini A.H., Taheri T., (2012), Environmental, technical and financial feasibility study of solar power plants by RETScreen, according to the targeting of energy subsidies in Iran, Renewable and Sustainable Energy Reviews 16, 2806- 2811.
- [4] Lee k., Lee D.W., Baek N., Kwon H., Lee C., (2012), Preliminary determination of optimal size for

renewable energy resources in buildings using RETScreen, Energy, 47, 83-96.

- [5] Khalid A., Junaidi H.,(2013), Study of economic viability of photovoltaic electric power for Quetta e Pakistan, Renewable Energy, 50, 253-258.
- [6] Bekele G., Boneya G., (2012), Design of a Photovoltaic-Wind Hybrid Power Generation System for Ethiopian Remote Area, Energy Procedia, 14,1 760 – 1765.
- [7] Lau K.Y., Yousof M.F.M., Arshad S.N.M, Anwar M., Yatim A.H.M., (2010), Performance analysis of hybrid photovoltaic/diesel energy system under Malaysian conditions, Energy, 35, 3245-3255.
- [8] Yeşilata B., Fıratoğlu, Z., A., (2008), Effect of solar radiation correlations on system sizing: PV pumping case", Renewable Energy, 33, 1, 155-161.
- [9] Fıratoğlu, Z., A., Yeşilata,B., (2003b), Bataryalı ve Direkt Akupleli Fotovoltaik Pompa Sistemlerinin Çalışma Karakteristiklerinin Araştırılması", Yıldız Teknik Üniversitesi Dergisi, 1-11.
- [10] Mohandes, M., Balghonaim, A., Kassas, REHMAN, M. S., Halawani, T. O., (2000), Use of Radial Basis Functions for Estimating Monthly Mean Daily Solar Radiation, Solar Energy, 69, 161-168.
- [11] Mohandes, M., Rehman, R., Hawalana, T. O., (1984), Estimation of Global Solar Radiation Using Artificial Neural Networks, Renewable Energy, 14, 179-184.
- [12] Mc Vicar, T. R., Jupp, D. L. B., (1999), Estimating one-time-day Meteorological Data from Standard Daily Data as Inputs to Thermal Remote Sensing Based Energy Balance Models, Agricultural and Forest Meteorology, 96, 219-228.
- [13] Lam, J. C. Li, D. H. W., (1996), Correlation Between Global Solar Radiation and its Direct and Diffuse Components, Building and Environment, 31, 527-535.
- [14] Hay, J. E., (1979), Calculation of Monthly Mean Solar Radiation for Horizontal and inclined Surfaces", Solar Energy, 23, 301-307.

- [15] Njau, E. C., (1999), Differential Variations of Maximum and Minimum Temperatures, Renewable Energy, 18, 147-155.
- [16] Fıratoğlu, Z., A., Yeşilata B., 2004, New Approaches on The Optimization of Directly-Coupled PV Pumping Systems", Solar Energy, Volume 77, Issue 1, 2004, Pages 81-93.