



## MATLAB / SİMULİNK ÜZERİNDEN GERÇEK ZAMANLI GÖMÜLÜ SİSTEM TABANLI GÜNEŞ TAKİP SİSTEMİNİN TASARIMI VE UYGULAMASI

Ömer BOYACI<sup>a,\*</sup>, Çağrı KOCAMAN<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Hitit Üniversitesi, Osmancık Ömer Derindere Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Çorum, TÜRKİYE

<sup>b</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Uçak Bakım ve Onarımı Bölümü, Samsun, TÜRKİYE

\*Sorumlu yazarın e-posta adresi: omerboyaci@hitit.edu.tr

Gönderim Tarihi: 24.12.2017 Kabul Tarihi: 17.03.2017

### Özet

Bu çalışmada, mikrodenetleyici kontrollü 3 eksen hareket kabiliyetine sahip bir güneş takip sisteminin prototip tasarımı ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan sistemin amacı günün her saatinde güneş ışınlarının, güneş paneline dik gelmesini sağlamak ve bu sayede güneş panelinden maksimum verim almaktır. Uygulamada açık döngü kontrol sistemi kullanılmış ve sistem gerçek zamanlı olarak Matlab / Simulink ortamında kontrol edilmiştir. Kontrolör olarak Atmel firmasının geliştirdiği Atmega 328 mikro denetleyicisi kullanılmış olup, güneş paneli 3 eksen hareket kabiliyeti bulunan bir platform üzerine yerleştirilmiştir. Eksenlerin hareketinde servo motorlar kullanılmış ve bu sayede istenilen açıda hareket etmesi sağlanmıştır. Işık algılayıcıları panelin alt, üst, sağ ve soluna yerleştirilerek ışığın yönü ve şiddeti tespit edilmiştir. Alınan veriler Matlab/Simulink ortamında işlenerek güneş panelinin bağlı bulunduğu eksenler kontrol edilmiştir. Literatürden farklı olarak sisteme 3. eksen eklenerek istenilen konuma daha hızlı bir şekilde ulaşması sağlanmıştır. Güneş ışınlarının panele uygun doğrultuda gelmesi ile güneş panelinden günün her saatinde yüksek verim alınması sağlanmış ve sabit bir platforma göre daha verimli çalıştığı gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş Takip, Gömülü Sistemler, Fotovoltaik

## DESIGN AND IMPLEMENTATION OF REAL-TIME EMBEDDED SYSTEM-BASED SOLAR FOLLOW-UP SYSTEM USING MATLAB / SIMULINK

### Abstract

In this study, a prototype design and application of a solar tracking system with microcontroller controlled 3-axis motion capability is carried out. The aim of the system designed is to ensure that the sun's rays are perpendicular to the solar panel at every hour of the day, and that the maximum efficiency is obtained from the solar battery. In practice, open loop control system is used and controlled in real time in Matlab / Simulink environment. Atmega 328 micro-controller developed by Atmel company is used as a controller and it is placed on a platform with 3-axis motion capability with solar panel. Servo motors were used in the movement of the axes and it is ensured that they move at the desired angle. Light

detectors were placed on the bottom, top, right and left sides of the panel to determine the direction and intensity of the light. Received data are checked the axes on which the solar panel by machining in matlab/simulink. Unlike the literature, it is possible to reach the desired position faster by adding 3rd axis to the system. It has been observed that high efficiency is obtained from the solar panel at all hours of the day and that the solar panel works more efficiently than a fixed platform.

**Key words:** Solar Tracking, Embedded Systems, Photovoltaic

---

## 1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında fosil yakıtların çevreyi kirletmesi, sınırlı olması ve iklim değişikliğine sebep olmasından dolayı bazı önlemler alınmasının gerekliliği ortaya çıkmıştır. Dünya ülkeleri sonsuz ve temiz yenilenebilir enerji kaynakları kullanımına yönelmeye ihtiyaç duymuştur. Çevre kirliliği problemleri ve ekonomik değerlendirmeler sonucunda ucuz ve temiz enerji düşüncesi, yenilenebilir enerji araştırmalarını günden güne artırmıştır. Son yıllarda yenilenebilir çevre dostu yeni enerji kaynakları ile elektrik enerjisi üretimi büyük önem kazanmıştır. Rüzgâr ve güneş enerjileri en yaygın yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Yeterli düzeyde olmasa da, bu iki enerji kaynağı yeryüzünün birçok bölgesinde kolayca temin edilebilmektedir. Yakın zamanda gelişim gösteren güneş paneli teknolojisi sayesinde güneş enerjisi yenilenebilir elektrik enerjisi kaynaklarından biri olmuştur. Elektrik enerjisi elde etmek için kullanılan güneş panelleri fotovoltaik olarak adlandırılmaktadır (Demirtaş, M., 2006).

Konumu açısından güneşlenme alanı ve süresi oldukça iyi olan ülkemizde güneş enerjisi alternatif enerji kaynağı olarak öne çıkmaktadır. Son yıllarda yapılan araştırmalar, ülkemizde yılda metrekare başına 1100 kWh' lik güneş enerjisi potansiyelinin olduğunu göstermektedir (Altın, V., 2004).

Literatür incelendiğinde, güneş panelinden elektrik üretim verimini artırmak için çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Fernández-Ahumada ve arkadaşları (2017) güneş takip sistemlerinin hareketinin genel ve birleşik denklemlerinin analitik indirgemesi üzerine bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada, enerjiyi optimize eden genel denklemleri üretmiştir.

Bahrami ve arkadaşları (2016) yaptıkları çalışmada enlemin farklı güneş takipçilerinin performansına etkisini incelemiştir. Yatay bir yüzey üzerinde ölçülen Avrupa ve Afrika çevresindeki çeşitli bölgelerin saatlik güneş ışın verileri toplanmış ve araştırmanın bölgelerdeki uygun güneş panellerinin seçimi ve yerleştirilmesinde tasarımcılara yardımcı olmaya çalışmıştır.

Obara ve arkadaşları (2017) MH(Metal Hydride) reaktörleri kullanarak güneş radyasyon sürücülü bir güneş takip sistemi geliştirmiştir. MH reaktörleri arasında sıcaklık farkı olduğunda, güneş yönü açısı değiştirmektedir. Bunun nedeni, her reaktörde hermetik olarak kapatılan hidrojenin denge basıncında bir boşluk oluşması ve bu basınç farkına göre aktüatör açısının güneşi takip etmesidir.

---

Abdelghani-Idrissi ve diğerleri (2018) güneş panellerini gün boyunca güneşe bakacak şekilde yerleştirmek için bir kontrol sistemi programlayarak güneş enerjisi su ısıtma sisteminin termal verimlilik artırma analizini yapmıştır. Analiz sonucunda %40' lık kazanç farkı olduğunu tespit etmişlerdir.

Şahin ve Okumuş (2013) tarafından Matlab / Simulink yazılımını kullanarak bir güneş panelinin matematiksel modelini oluşturmuştur. Modellenen güneş paneline farklı özellikte yükler bağlanarak çıkış akımı, çıkış gerilimi ve güç değerlerinin değişimleri elde edilmiştir. Teorik ve benzetim sonuçları karşılaştırılmış ve fiziki koşulların değişimi ile güneş paneli eğrilerinin nasıl etkilendiği ortaya koymuştur.

Sidek ve arkadaşları (2017) açık çevrim 2 eksen kontrollü güneş takip sistemi uygulamasını gerçekleştirmiştir. Sistemin kontrolü için astronomik denklem ve GPS bilgisini kullanan güneş yolu yörünge algoritması sisteme gömülmüştür. PID(propotional–integral–derivative) konumlandırma sistemi kullanılarak sabit sistemlere oranla %26.9 daha yüksek güç ürettiği görülmüştür.

Eldin ve arkadaşları (2016) sıcak ve soğuk bölgelerde güneş panelleri için güneş takip sistemlerinin verimliliklerini incelemiştir. Almanya, Berlin gibi soğuk bölgelerde yaklaşık kazanç %39 iken Mısır, Aswan gibi sıcak bölgelerde %5-%10 arasında değiştiğini göstermiştir.

Yapılan literatür taramasında bir kısım çalışmalarda zaman eksenini baz alınmış diğerlerinde ise güneş geliş açısının referans alındığı görülmüştür. Bu çalışmada ise hem güneş ışınlarının geliş açısı hem de zaman eksenini referans alınarak kontrol işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada gerçek zamanlı Matlab / Simulink üzerinden kontrol edilebilen 3 eksen kontrollü bir sistem tasarlanıp uygulaması gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 2 eksen ışık algılayıcıları ile diğer eksen ise zamana göre kontrol edilmektedir. Çalışma bu yönüyle literatürdeki çalışmalardan farklılık göstermektedir. Makalenin bu bölümünde literatür taraması yapılmış olup bundan sonraki bölümlerinde kullanılan materyallerden, uygulanan metottan ve sonuçlardan bahsedilmiştir.

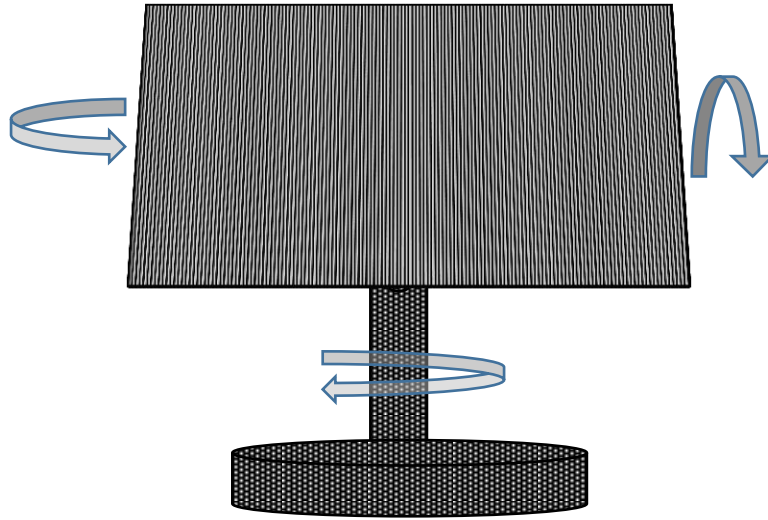
## 1.1. Güneş Panelleri

Güneş panelleri kullanımının birçok avantajlarına karşılık, kurulum maliyetlerinin oldukça yüksek ve kendilerini amorti edebilme sürelerinin oldukça uzun olması gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Güneş panellerinin ilk üretildikleri yıllarda kendini amorti etme süreleri, panelin kendi ömründen daha fazlaydı. Son zamanlarda, gelişmiş ülkelerin uyguladığı teşvik ve ekolojik politikalar sayesinde fotovoltaik panellerin kurulum maliyetini karşılama süreleri 3–4 yıla kadar düşmektedir. Fakat bu süre ülkelerin konum ve şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Yapılan araştırmalar ve çalışmalar sonucunda fotovoltaik panellerin maliyetlerinde azalma sağlanabilmiştir (Rüstemli, vd., 2013). Güneşlenme ve panel sıcaklığı gibi dış faktörler nedeniyle güneş panellerinden elde edilen elektrik enerjisi, sürekli olarak değişim göstermektedir. Dünyada günden güne artış gösteren enerji ihtiyacını karşılamak için güneş enerjisinin alternatif bir enerji kaynağı olarak kullanılmasının yanında öncelikle güneş panellerinin verimliliğinin artırılması gerekmektedir. Günümüzde normal boyutlardaki bir güneş panelinin ortalama verimi sadece küçük güçlü ticari aygıtlara (hesap makinesi ve oyuncaklar gibi) yetecek miktardadır. Daha büyük güç tüketen cihazları besleyebilmek için

daha büyük boyutlu güneş panellerine ihtiyaç vardır. Fakat bunların büyük boyutlu olmaları uygulamalarda yer ve maliyet açısından problem oluşturmaktadır. Panelin boyutunu artırılması yerine her bir güneş panelinin verimini arttırmak daha mantıklıdır (Demirtaş vd., 2008).

## 2. GÜNEŞ TAKİP SİSTEMİ

Güneş panelinden yüksek verim alabilmek için günün her saatinde güneş ışınlarının panellere  $90^\circ$  açı ile gelmesini sağlamak amacıyla güneşi takip eden bir hareketli platform oluşturulmuştur. Uygulamada Matlab/Simulink programı kullanılmış, sistem verileri gerçek zamanlı olarak alınmıştır.

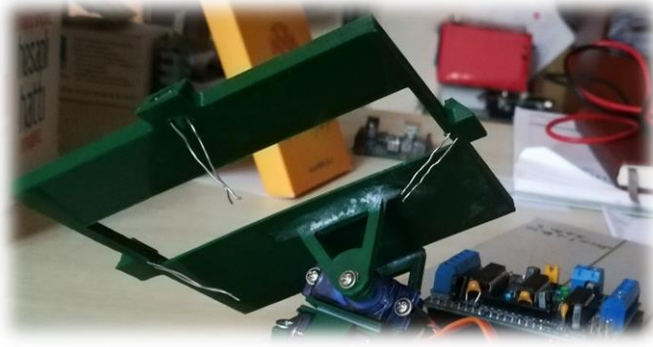


Şekil 1. Güneş takip sisteminin hareketli eksenleri

Sistemdeki hareketli eksenlerin hareket yönleri Şekil 1’ de gösterilmiştir. Literatürde önceden belirlenen açı değerlerine göre takip ve sensörlü takip gibi farklı çalışma türleri mevcuttur. Belirli açı değerlerine göre yapılan takip sistemlerinde bazı problemler ortaya çıkmaktadır. Bu sorunlardan bir tanesi güneş ışınlarının yeryüzünün her noktasına aynı açı ile düşmemesidir. Bu nedenle farklı konumlarda kurulacak olan sistemlerin tekrar programlanması gerekmektedir. Sensörlü takip sistemlerinde bu problem ortadan kaldırılmıştır.

### 2.1. Işık Algılayıcıları

Güneş takip sistemlerinde algılayıcılardan beklenti ışığın hangi taraftan geldiğini doğru algılamasıdır. Işık şiddetinin ölçülmesi için kullanılan LDR (Light Dependet Resistance)’ ler yüksek dirençli yarı iletken malzemelerdir. Eğer LDR’ nin üzerine düşen ışık yeterli frekansta ise iletken tarafından soğrulan fotonlar sınır elektronlarına yeterli enerjiyi verirler ve bu elektronlar iletim bandına geçerler. Elektronun serbest kalması ile direnç düşer ve elektrik iletimi başlar. Maliyet performans açısından ideal olan ve optik sensör türleri içerisinde akla gelen ilk elektronik elemandır.( Ünal, vd., 2016)

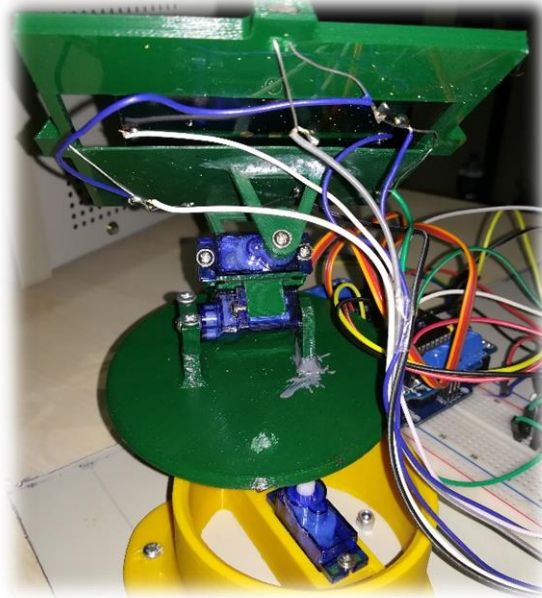


*Şekil 2. Işık algılayıcılarının yerleştirilmesi*

Hareketli güneş takip sistemi için güneş panelinin yerleştirileceği platform 3 boyutlu yazıcıdan üretilmiştir. Güneş panelinin her kenarının orta noktasına Şekil 2’ de görüldüğü gibi toplam dört adet ışık algılayıcısı yerleştirilmiştir.

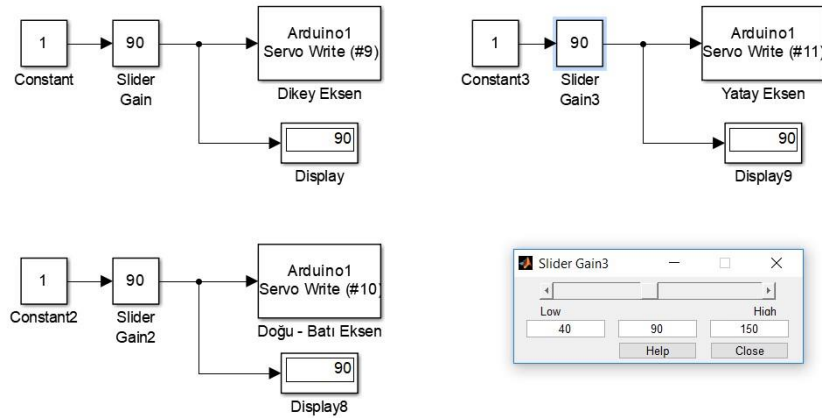
## **2.2. Servo Motor**

Servo motorlar, AA(Alternatif Akım) ve DA (Doğru Akım) servo olmak üzere iki çeşittir. AA Servolar, daha yüksek akım dalgalanmalarında ve endüstri ortamında kullanılmaktadır. DA servolar yüksek akım çekmediği ve ucuz olduğu için pratik uygulamalarda sıklıkla kullanılmaktadır (Çobanoğlu, B., 2017).



*Şekil 3. Hareketi sağlayan servo motorlar*

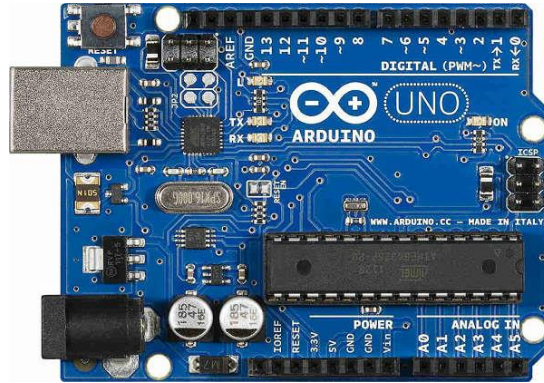
Panelin üç eksen üzerinde hareket edebilmesi için üç adet servo motor Şekil 3’ de gösterildiği gibi yerleştirilmiştir.



Şekil 4. Servo Motor Sınırlarının belirlenmesi (Matlab/Simulink)

Şekil 4’ de gösterilen Simulink blokları sayesinde servo motorlar farklı açı değerlerinde çalıştırılarak mekanik düzeneğin hareket sınırları gözlemlenmiştir. Bu denemeler sonucunda normal şartlarda 0-180 derece çalışabilen servo motorlar düzenek üzerinde sınırları 40-150 derece olarak sabitlenmiştir.

### 2.3. Denetleyici



Şekil 5. Arduino Uno Mikrodenetleyicisi

Kontrolör olarak Şekil 5’ de gösterilen Atmega 328 mikrodenetleyicisine sahip Arduino Uno kontrol kartı kullanılmıştır. Atmega 328 mikrodenetleyicisinin özellikleri:

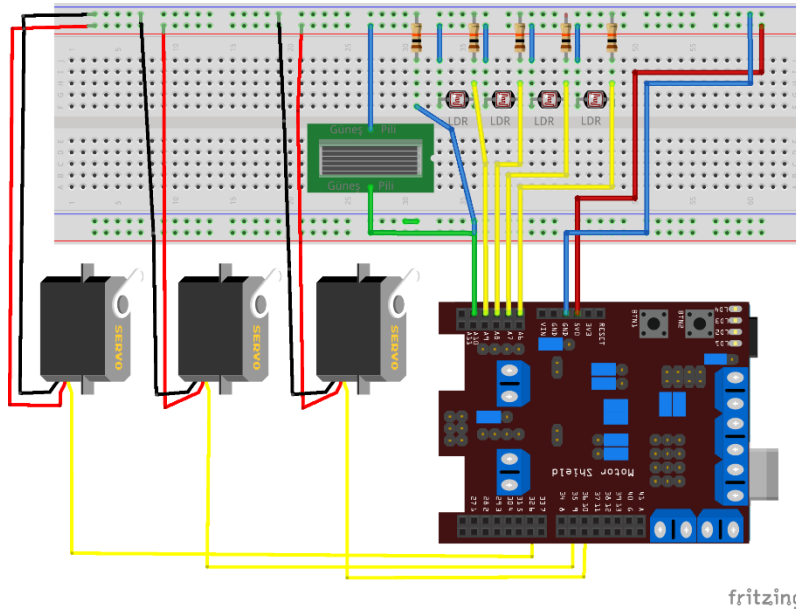
- Çalışma gerilimi : +5V DA (Volt Doğru Akım)
- Dijital giriş / çıkış pinleri: 14 tane (6 tanesi PWM çıkışını destekler)
- 10 bit çözünürlüğüne sahip 6 adet analog/dijital dönüştürücüye sahiptir.
- Giriş / çıkış pini başına düşen DA akım: 5V için 40mA, 3.3V için akım: 50mA
- Flash hafıza: 32KB (0.5KB bootloader için kullanılır)
- SRAM: 2 KB
- EEPROM: 1 KB
- Saat frekansı: 16 MHz

## 2.4. Güneş Paneli

Uygulamada kullanılan güneş paneli 65\*65\*3mm ebatlarında olup 0.6W - 5.5V çıkış gücüne ve 0-60mA çıkış akımına sahiptir. Güneş panelinin çıkış gerilimi Arduino' nun analog girişine bağlanmıştır. Panelin verimliliği verdiği çıkış voltajının Simulink ortamındaki bloklar kullanılarak hesaplanmıştır.

## 2.5. Sistem Elemanlarının Bağlantı Şeması

Sistem üzerinde Şekil 6' da gösterildiği gibi eksenlerin hareketini sağlayan 3 adet servo motor, 4 adet ışık algılayıcı direnç, 4 adet koruma direnci, 1 adet Arduino Uno kartı, 1 adet motor sürücü kartı ve güneş paneli kullanılmıştır.



Şekil 6. Bağlantı şeması

## 2.6. Sistemin Algoritması

Sistem algoritmasını oluşturmak için öncelikle sistemin davranışlarını belirleyen verilenin alınması işlemi gerçekleştirilmiştir. Başlangıçta dikey servo 95° açıda sabit tutulmuş ve yatay servonun açıları belirli oranda değiştirilerek sensörlerden ve güneş panelinden alınan veriler Tablo 1' de sunulmuştur. Aşağıda tablolarda bulunan kısaltmaların açıklamaları yer almaktadır.

Süst : Panelin üst tarafındaki ışık algılayıcı

Salt : Panelin alt tarafındaki ışık algılayıcı

Ssağ: Panelin sağ tarafındaki ışık algılayıcı

Ssol : Panelin sol tarafındaki ışık algılayıcı

Yatay Servo: Yatay konumu sağlayan servo motora gönderilen açı değeri

Dikey Servo: Dikey konumu sağlayan servo motora gönderilen açı değeri

**Tablo 1.** Sensör ve servo verileri – I

Yatay Servo	Süst	Salt	Ssağ	Ssol	Güneş Paneli	Güneş Paneli (V)
40 <sup>0</sup>	589	741	764	490	578	2,823
50 <sup>0</sup>	601	767	756	504	657	3,209
60 <sup>0</sup>	612	771	749	527	713	3,482
70 <sup>0</sup>	635	789	741	613	780	3,809
80 <sup>0</sup>	642	798	713	674	868	4,239
90 <sup>0</sup>	643	803	671	709	1013	4,947
100 <sup>0</sup>	654	804	625	726	889	4,341
110 <sup>0</sup>	647	803	576	738	775	3,785
120 <sup>0</sup>	622	798	540	744	720	3,516
130 <sup>0</sup>	571	782	508	732	683	3,335
140 <sup>0</sup>	557	775	503	733	626	3,057
150 <sup>0</sup>	545	776	497	731	548	2,676

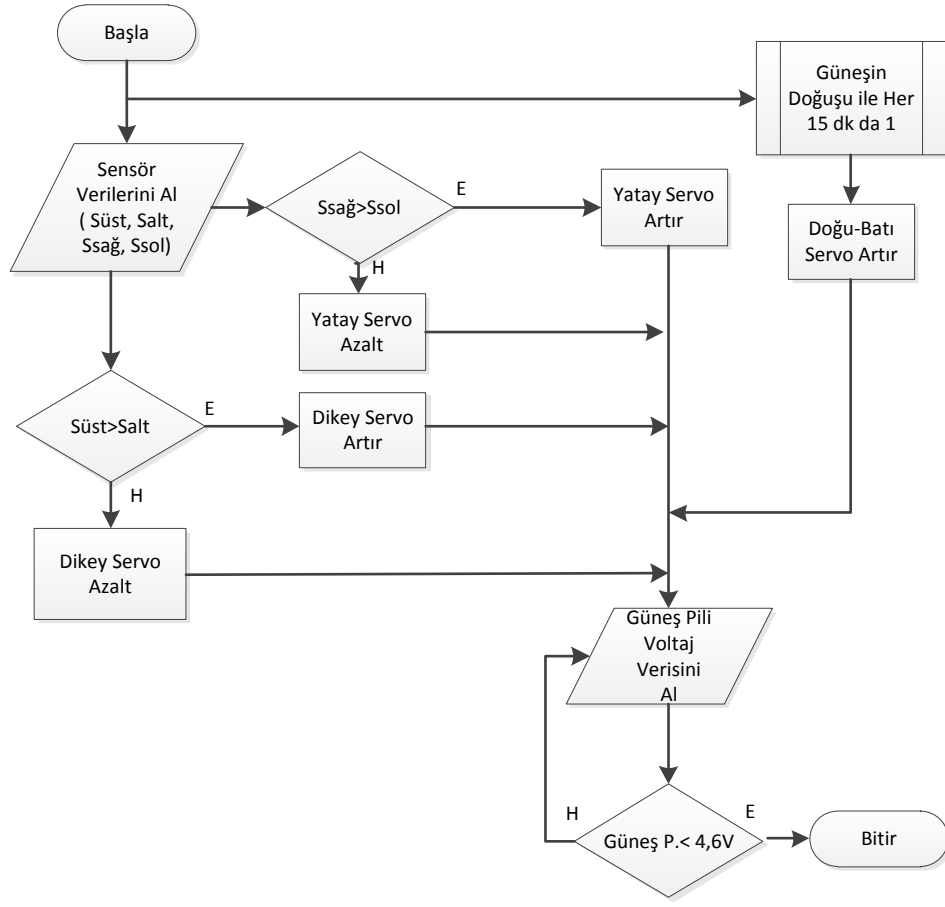
Daha sonra yatay servo 95<sup>0</sup> açıda sabit tutularak dikey servonun açıları değiştirilmiş sensörlerden ve güneş panelinden alınan veriler Tablo 2’ de gösterilmiştir.

**Tablo 2.** Sensör ve servo verileri – II

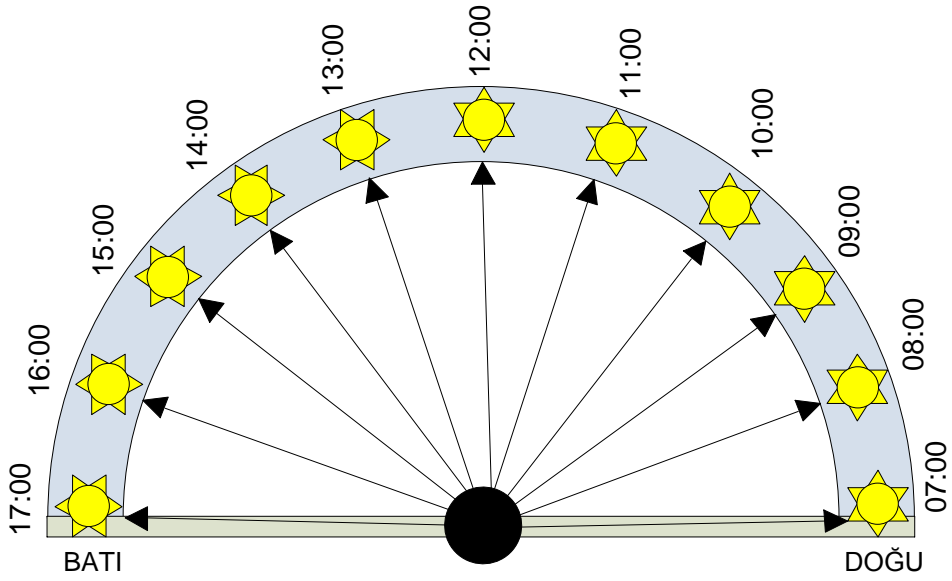
Dikey Servo	Süst	Salt	Ssağ	Ssol	Güneş Paneli	Güneş Paneli (V)
40 <sup>0</sup>	712	687	562	666	603	2,945
50 <sup>0</sup>	691	718	567	670	646	3,155
60 <sup>0</sup>	66	740	573	673	759	3,707
70 <sup>0</sup>	637	757	588	677	832	4,063
80 <sup>0</sup>	603	769	594	680	968	4,727
90 <sup>0</sup>	578	778	596	680	1014	4,952
100 <sup>0</sup>	569	784	595	679	889	4,341
110 <sup>0</sup>	565	787	591	676	775	3,785
120 <sup>0</sup>	556	789	585	670	720	3,516
130 <sup>0</sup>	535	789	577	662	683	3,335
140 <sup>0</sup>	508	803	564	651	626	3,057
150 <sup>0</sup>	491	814	555	636	548	2,676

Alınan verilere göre güneş ışınları panele 90<sup>0</sup> açı ile geldiğinde güneş panelinden en yüksek verim alındığı görülmektedir. Bu alınan veriler doğrultusunda dikey ve yatay konumların kontrolünün sağlanması için tasarlanan algoritma Şekil 7’ de gösterilmiştir. Doğu-Batı yönünde hareketi sağlayan servo motorun konumunun kontrolü, Şekil 8’ de gösterilen güneşin gün boyunca ufuk düzlemindeki konumuna göre düzenlenmiştir.



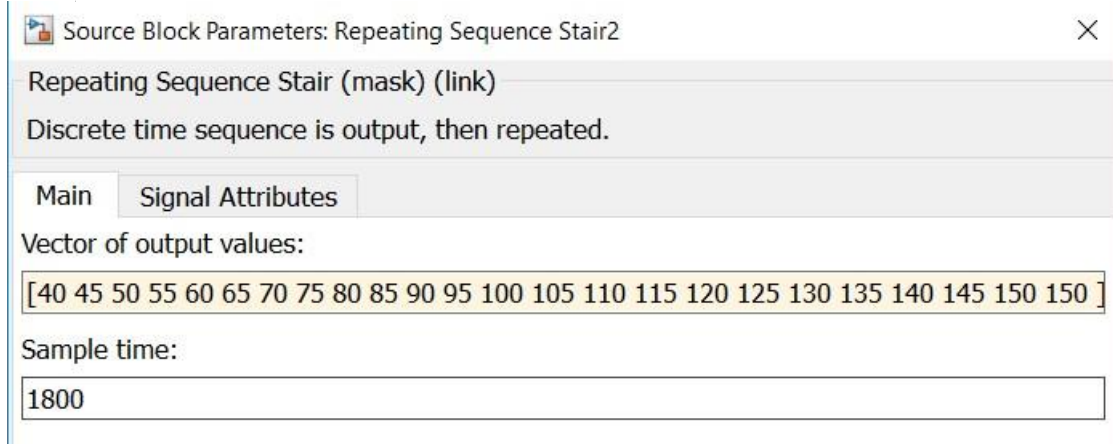


Şekil 7. Sistemin çalışma algoritması



Şekil 8. Güneşin ufuk düzlemindeki konumu

Bu eksenin konum kontrolü ışık algılayıcılarından bağımsızdır. Belirlen zaman aralıklarında doğudan batıya doğru belirli miktarda hareket etmektedir. Şekil 9’ da gösterilen 24 elemanlı dizi doğu batı servo motorunun 30 dakikada (Sample time = 30 dakika = 1800 saniye) bir sırayla alacağı açı değerlerini göstermektedir.

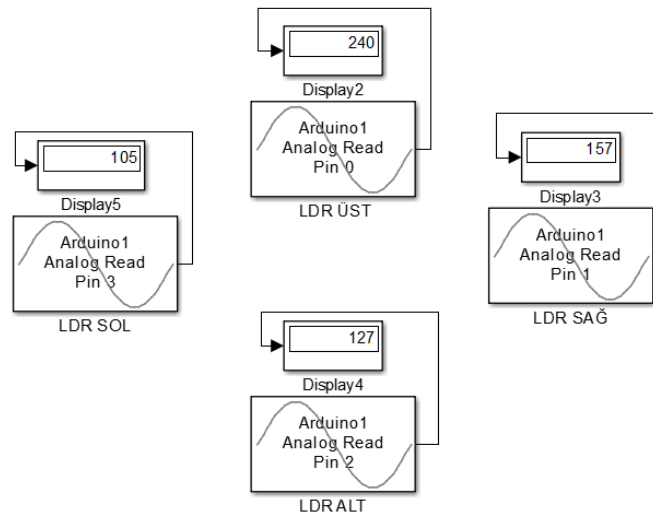


Şekil 9. Zamana göre doğu-batı hareketi

### 3. SIMULINK BLOKLARININ OLUŞTURULMASI

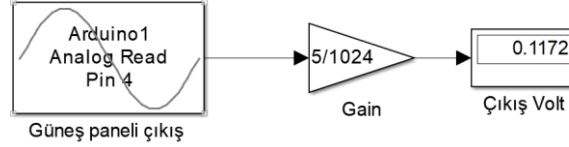
#### 3.1 Işık Algılayıcı Verilerinin Alınması

Arduino Uno kartının analog girişlerine bağlanan ışık algılayıcılarının sağladığı verilerin Simulink ortamına aktarılması için gerekli bloklar Şekil 10’ da gösterilmiştir. Simulink kütüphanesine eklemiş olduğumuz Arduino kütüphanesinden Analog Read blokları Simulink ortamına eklenerek, güneş paneline gelen ışık düzeyleri Simulink ortamında gösterilmiştir. Arduino Uno kartının analog girişleri 10 bit çözünürlüğe sahip olduğu için analog sinyaller minimumda 0 maksimumda 1024 değerini almaktadır.



Şekil 10. Algılayıcılardan verilerinin alınması (Matlab / Simulink)

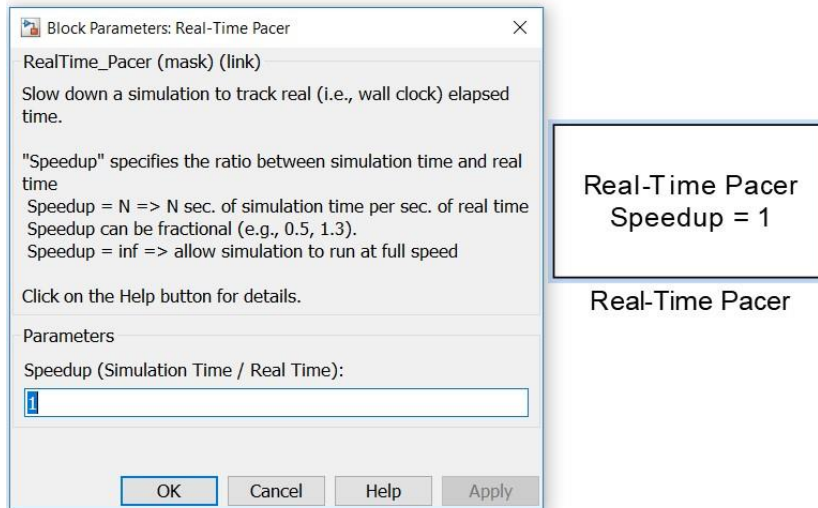
Şekil 11’ de gösterilen bloklarda, Arduino kartının analog girişlerine bağlanan güneş pilinin Simulink ortamındaki gerilim değerleri gösterilmektedir.



Şekil 11. Güneş panelinden gerilim değerlerinin alınması (Matlab/Simulink)

### 3.2. Gerçek Zaman Pacer Bloğu:

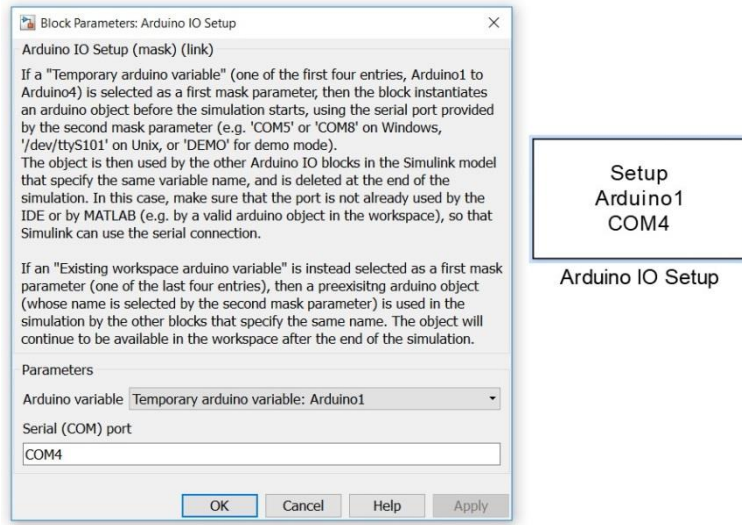
Gerçek Zaman Pacer bloğu, gerçek zamanlı çalışan uygulama ile Simulink benzetim ortamı arasındaki senkronizasyonu sağlamak için kullanılan bloktur. Şekil 12’ de görüldüğü gibi "Speedup Simulation Time/Real Time" oranı 1 verilerek simülasyon zamanının, gerçek zaman deney sistemi zamanı ile eş zamanlı olması sağlanır.



Şekil 12. Real Time Pacer (Matlab/Simulink)

### 3.3. Arduino Matlab/Simulink Haberleşmesi

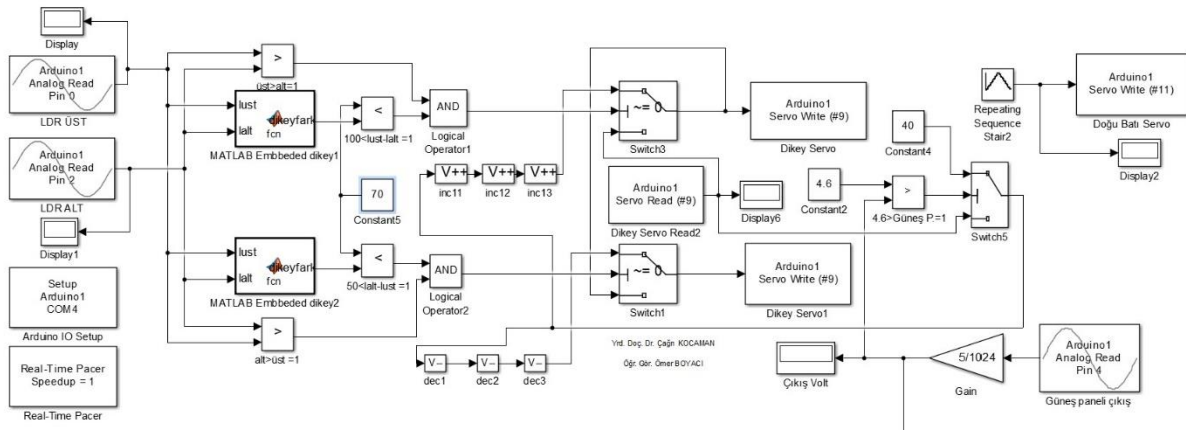
Simulink ortamındaki veriler, USB portu üzerinden denetleyici kartına seri haberleşme yönetimi ile gönderilip alınmıştır. Bu haberleşmenin sağlanabilmesi için Arduino Simulink kütüphanesinden Şekil 13’ de gösterilen Arduino IO Setup bloğunun eklenmesi ve USB kablo hangi porta bağlı ise “Serial (COM) port” bölümüne yazılması gerekmektedir.



Şekil 13. Arduino IO Setup

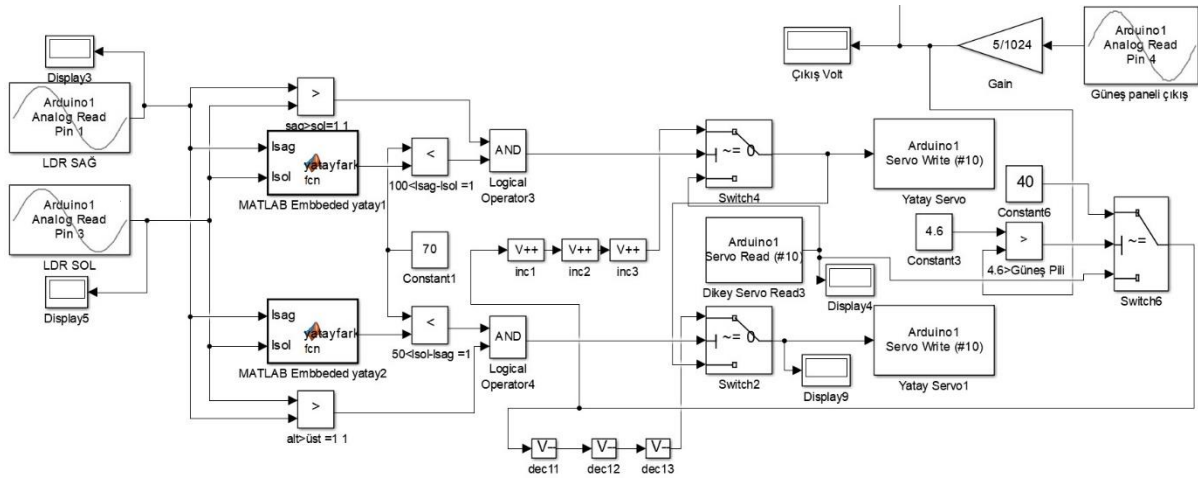
### 3.4 Sistemi Oluşturan Bloklar

Dikey eksenin hareketinin belirlenmesinde alt ve üst ışık algılayıcıları etkili olmuştur. Alt ve üst algılayıcılardan gelen değerler karşılaştırılmış ve yüksek değer alınan algılayıcı yönüne doğru dikey servo motor hareketi sağlanmıştır. Bu hareketi sağlayan bloklar Şekil 14 'de gösterilmiştir. Bu sayede güneş paneli ışık yoğunluğunun fazla olduğu tarafa doğru döndürüldüğünden çıkış geriliminin arttığı gözlemlenmiştir.



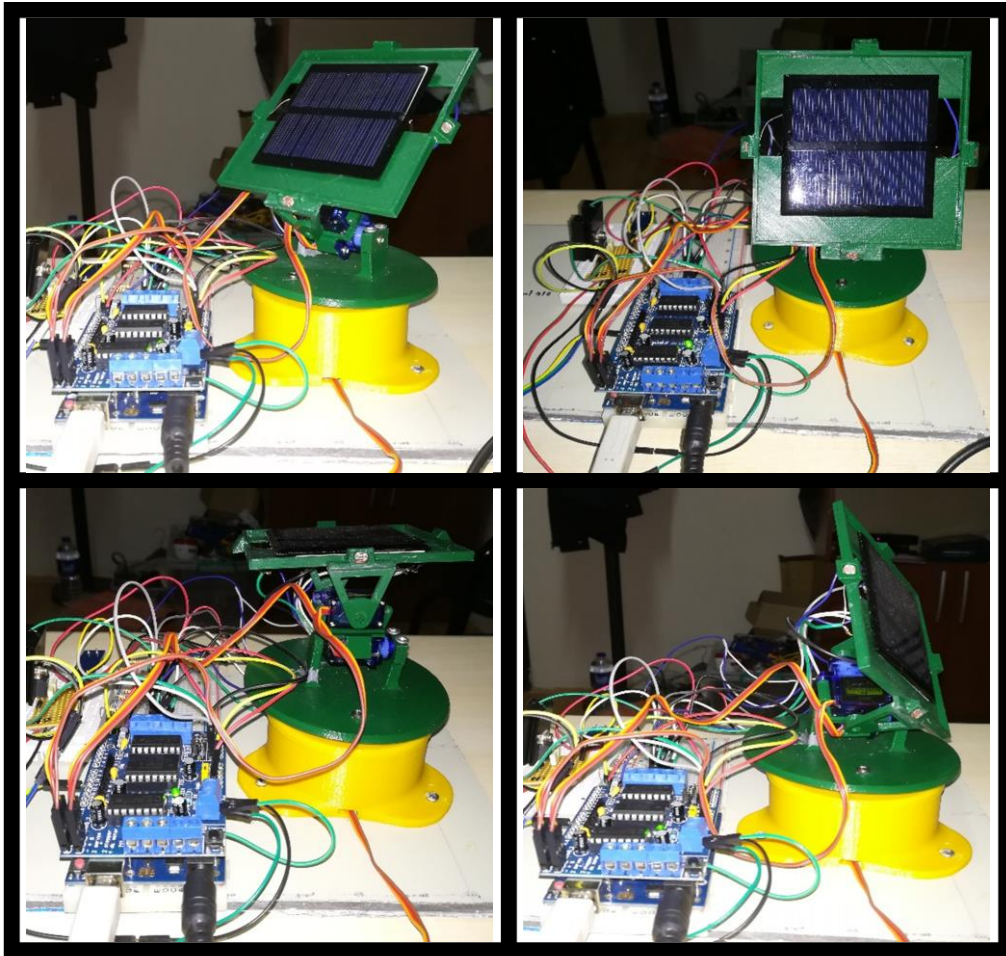
Şekil 14. Dikey ve doğu-batı eksen blokları

Panelin sağ ve sol kenarında bulunan ışık algılayıcıları tarafından alınan veriler ile yatay konum kontrol edilmiştir. Yatay konumun hareketini sağlayan servo motora açı değerlerini gönderen bloklar Şekil 15’de gösterilmektedir.



Şekil 15. Yatay eksen blokları

Sistemin nihai hali ve eksenlerin çalışma esnasında farklı konumlardaki görüntüleri Şekil 16’ da gösterilmiştir.



Şekil 16. Prototipin çalışması

#### 4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Günümüzde enerji problemlerine çözüm için alternatif enerji kaynaklarına yönelim fazladır. Güneş enerjisi, elektrik enerjisi üretmek için alternatif enerji kaynaklarının en popüler olanıdır. Fakat kurulum maliyeti, yeryüzü şeklinin ve güneşe karşı konumun farklılığı sebebiyle en verimli şekilde enerji üretmenin yolları aranmakta ve bununla ilgili çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalardan bir tanesi güneş takip sistemidir. Bu çalışmada Matlab/Simulink üzerinden gerçek zamanlı, 3 eksenli hareketli bir güneş takip sisteminin uygulaması gerçekleştirilmiştir. Çalışmada servo motorların kullanılması sayesinde panel güneşin geldiği yöne hassas ve açılı bir şekilde hareket etmesi sağlanmıştır. Elde edilen bulgularda yatay eksen  $95^{\circ}$ 'de dikey eksen  $40^{\circ}$ 'de olduğunda 2,945V panel çıkış gerilimi gözlemlenmiştir. Yatay eksen  $95^{\circ}$ 'de ve dikey eksen  $90^{\circ}$ 'de olduğunda ise 4,952V panel çıkış gerilimi alınmıştır. Güneş ışınlarının panel dik gelmesi ile panelin voltaj çıkışında %70.52'lik bir artış gözlemlenmiştir. Güneşin ufuk düzlemindeki günlük hareketi dikkate alınarak 3. eksen zamana bağlı olarak hareket yaptırılmıştır. Bu sayede istenilen doğrultuya en kısa sürede ulaşılması sağlanmıştır. Işık algılayıcıları tarafından da ışığın geliş yönü tespit edilerek güneş panelinin bağlı bulunduğu platformdaki yatay ve dikey eksen servoları ışığın yoğun olduğu tarafa doğru hareket ettirilerek güneş ışınlarının panele dik olarak gelmesi sağlanmıştır. Günün her saatinde güneş paneline güneş ışığının dik gelmesi sebebiyle güneş panelinden 4V ve üzeri çıkış gerilimi alınarak sabit güneş paneline göre panel çıkış geriliminin arttığı gözlemlenmiştir. Çalışmanın yapay zeka teknikleri (bulanık mantık algoritması vb.) kullanılarak daha da hassas bir sistem haline gelebileceği öngörülmektedir. Güneş panellerinden enerji üretiminin ve veriminin önemli olduğu günümüzde bu çalışmanın kullanılabilirlik açısından faydalı olacağı düşünülmektedir.

#### KAYNAKLAR

Demirtaş, M. (2006). Bilgisayar Kontrollü Güneş Takip Sisteminin Tasarımı ve Uygulaması. Politeknik Dergisi, 9(4), 247-253.

Altın, V. (2004). Güneş Enerjisinden Yararlanılarak Elektrik Üretimi. Mimar ve Mühendis Dergisi, 33, 28-31.

Oral, G., Uçan, O. N. (2012). Güneş Takip Sistemleri Ve Prototip Gerçekleştirme. İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi

Demirtaş, M., Sefa, İ., Irmak, E., Çolak, İ. (2008). Güneş Enerjili Sistemler İçin Mikrodenetleyici Tabanlı Da/Da Yükselten Dönüştürücü. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23(3),719-727.

Fernández-Ahumada, L. M., Casares, F. J., Ramírez-Faz, J., López-Luque, R. (2017). Mathematical study of the movement of solar tracking systems based on rational models. Solar Energy, 150, 20-29.

Bahrami, A., Okoye, C. O., Atikol, U. (2016). The effect of latitude on the performance of different solar trackers in Europe and Africa. Applied Energy, 177, 896-906.

Obara, S. Y., Matsumura, K., Aizawa, S., Kobayashi, H., Hamada, Y., Suda, T. (2017). Development of a solar tracking system of a nonelectric power source by using a metal hydride actuator. *Solar Energy*, 158, 1016-1025.

Abdelghani-Idrissi, M. A., Khalfallaoui, S., Seguin, D., Vernières-Hassimi, L., Leveneur, S. (2017). Solar tracker for enhancement of the thermal efficiency of solar water heating system. *Renewable Energy*.

Şahin, M. E., Okumuş, H. İ. (2013). Güneş Pili Modülünün Matlab/Simulink ile Modellenmesi ve Simülasyonu (Modeling and Simulation of Solar Cell Module in Matlab/Simulink). *EMO Bilimsel Dergi*, 3(5), 17-25.

Sidek, M. H. M., Azis, N., Hasan, W. Z. W., Ab Kadir, M. Z. A., Shafie, S., Radzi, M. A. M. (2017). Automated positioning dual-axis solar tracking system with precision elevation and azimuth angle control. *Energy*, 124, 160-170.

Eldin, S. S., Abd-Elhady, M. S., Kandil, H. A. (2016). Feasibility of solar tracking systems for PV panels in hot and cold regions. *Renewable Energy*, 85, 228-233.

Rüstemli, S., Dinçer, F., Çelik, M., & Cengiz, M. S. (2013). Fotovoltaik Paneller: Güneş Takip Sistemleri ve İklimlendirme Sistemleri. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(2).

URL-1, Ünal, H., Konuralp, A. (2016). Arduino İle İki Eksenli Güneş Takip Sistemi. 01.12.2017 tarihinde <https://prezi.com/drrvrpviyvru/arduino-ile-iki-eksenli-gunes-takip-sistemi/> adresinden alınmıştır.

Çobanoğlu, B. (2017). *Derinlemesine Arduino*, 1, Abaküs Yayınevi, (s. 250), Abaküs.