

## Farklı Tip Güneş Kolektörlerinin Isıl Verim Değerlerinin Hesapsal Zekâ Yöntemleriyle Tahmin Edilmesi

Mehmet DAŞ<sup>1</sup>, Ebru KAVAK AKPINAR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>İliç Dursun Yıldırım MYO, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, İliç/Erzincan, Türkiye, mdas@erzincan.edu.tr

<sup>2</sup>Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye, ebruakpinar@firat.edu.tr

Geliş Tarihi: 05.07.2018

Kabul Tarihi: 31.10.2018

### Özet

Bu çalışmada güneş takip özelliğine sahip bir hava ısıtmalı güneş kolektörü (HIGK) ile azimut açısına göre sabitlenmiş hava ısıtmalı güneş kolektörü kullanılmıştır. Hareketli ve sabit olan HIGK'nin ısı performansları deneysel olarak incelenmiştir. Havanın kolektörlere giriş ve çıkış sıcaklıkları, ışıma, kolektör yüzey sıcaklığı ve havanın kolektörlerden çıkış hızı ölçülmüştür. Yapılan ölçümlere dayalı olarak her iki kolektörün ısı verimleri hesaplanmıştır. Elde edilen deneysel ısı verim değerleri için lineer regresyon ve karar ağacı regresyon kullanılarak 2 farklı tahminsel model elde edilmiştir. Elde edilen deneysel ısı verimleri karşılaştırılmış, güneş takip özelliğine sahip HIGK'nin daha verimli çalıştığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak elde edilen 2 farklı tahminsel modelin hata oranları karşılaştırılmış ve lineer regresyonun daha az hatalı bir tahminsel model oluşturduğu gösterilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Güneş Takip Sistemi, Güneş Kolektörü, Isıl Verim, Regresyon

## Estimation of Thermal Efficiency Values of Different Type Solar Collectors by Using Computational Intelligence Methods

### Abstract

In this study, an air heated solar collector (AHSC) with solar tracking feature and an air heated solar collector fixed with azimuth angle were used. The thermal performances of the moving and stationary AHSC have been experimentally investigated. The inlet and outlet temperatures of the air, the solar radiation, collector surface temperatures and the exit velocity of the air from the collectors are measured. The thermal efficiencies of both collectors were calculated based on the measurements made. Two different predictive models were obtained by linear regression and decision tree regression for the obtained experimental thermal efficiency values. The obtained experimental thermal efficiencies were compared and it was found that the AHSC with solar tracking function works more efficiently. As a result, the error rates of the two predictive models obtained are compared and linear regression has been shown to produce a less faulty predictive model.

**Keywords:** Solar Tracking System, Solar Collector, Thermal Efficiency, Regression

### 1. Giriş

Enerji ülkelerin gelişmişlik düzeylerini belirleyen ve sanayinin olduğu kadar halkın günlük ihtiyacının da en önemli etkenlerdendir. Enerji; kömür, petrol, doğalgaz vb. gibi fosil kökenli kaynaklardan ya da güneş, rüzgâr, su vb. gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilebilir [1]. Ancak, kaynakları giderek tükenen fosil kökenli yakıtların gün geçtikçe pahalı hale gelmesi, çevreye zarar vermesi ve yakın gelecekte tükenen olması, buna karşın ihtiyaç duyulan enerjinin günden güne artması ucuz, temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi her geçen gün artırmaktadır [2].

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli yeri olan rüzgâr enerjisi Güneş enerjisi, yenilenebilir

olması, çevreye karşı herhangi bir zarar teşkil etmemesi ve yüksek maliyet gerektirmemesi nedenleriyle kurutmada da en çok tercih edilen enerji kaynaklarından birisi olmuştur [3].

Literatürde güneş enerjisinden daha etkili bir şekilde faydalanmak için güneş takip sistemli çalışmalar yapılmıştır. İşcan, güneşi sürekli olarak gün içerisinde iki yönde takip edebilen güneş takip sistemi devresi tasarlamıştır. Yapılan sistemin gün içerisinde çalışma analizini yapmış ve tasarlanacak farklı güçler için maliyet analizi hazırlamıştır [4]. Demirtaş, bilgisayar kontrollü iki eksenli güneş takip sistemi tasarlamış ve imal etmiştir. Sistemin dikey ve yatay hareketini step motor (adım motoru) ile

sağlamıştır. Elde edilen verileri bilgisayar ortamına kaydedebilmek için ve sistemi bilgisayar ile kontrol edebilmek için mikro denetleyici kontrollü bir ara birim kullanmıştır. Güneş takip sistemi ile takip edildiğinde normal gün ışığında 12 Volt, güneşe dik olduğu zamanlarda 18.5 Volt, güneşi yeterli hassasiyette takip edemediği veya havanın kapalı olduğu zamanlarda ise 10 Volt civarında gerilim üretmiştir. Hareketli sistemin üretimlerini sabit sistem ile karşılaştırdığında %35 daha fazla üretim elde ettiğini savunmuştur [5]. Seme and Štumberger, iki eksenli güneş takip sistemi üzerinde güneş radyasyonu ve Diferansiyel Evrim kullanarak güneş açıları için yeni bir tahmin algoritması geliştirmişlerdir [6]. Kırbaş ve ark., güneş takip mekanizması kullanarak hava ısıtmalı güneş kollektörlerinde güneş enerjisinin etkin kullanımını sağlamışlardır. Çalışmalarında biri sabit biri hareketli olmak üzere iki adet kolektörün çıkış sıcaklıkları arasındaki farkı belirlemek için ölçümler yapmışlardır. Sabah ve öğleden sonra hareketli tipteki kollektörün çıkış sıcaklığının sabit olan kollektöre göre ortalama 5-12 °C daha fazla olduğu belirlemişlerdir[7].

Literatürde regresyon analizi ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Akpınar ve Çerçi, biberin konvektif ısı transfer katsayısı, doğal taşımında direkt güneş altında kurutma prosesi kullanılarak belirlemişler ve elde edilen sonuçları değerlendirmişlerdir. C ve n katsayıları, kurutma deneyleri sonucu elde edilen değerler ile lineer regresyon analizi yaparak tespit etmişlerdir[8]. Erentürk ve ark., farklı kuruma şartları ve farklı örnek kalınlıkları için havucun tek tabaka kuruma kinetiğini incelemişlerdir. Kuruma verileri kullanılarak kurutma eğrileri elde etmişlerdir. Kuruma kinetiğini ifade etmek amacıyla literatürde bulunan dört farklı kurutma modeli sisteme uygulamışlardır. Modellerin kıyaslanması,  $r$ ,  $r^2$ ,  $\chi^2$ , ve SSR değerleri bulunarak yapmışlardır. Bunlara ek olarak nem içeriği tahmininde YSA ve regresyon modelleri uygulanmış ve seçilen modellerle kıyaslamışlardır [9].

Yapmış olduğumuz çalışmanın amacı ısı verimi arttırmak için HIGK ne güneş takip özelliği kazandırmaktır. Bu kapsamda tasarlanan hareketli HIGK ve sabit HIGK'nin ısı verimlilikleri

karşılaştırılmıştır. Her iki kollektör için hesaplanan ısı verim değerleri için lineer regresyon ve karar ağacı regresyon ile tahminsel modeller oluşturulmuştur

## 2. Materyal ve Metot

Hareketli ve sabit HIGK 800mm x 1400mm ölçülerindedir ve yutucu plakaları siyaha boyanmış trapez sacdan oluşmaktadır. HIGK performansını etkileyen en önemli faktörlerden biri güneş ışığından maksimum düzeyde faydalanmaktır. Bunun için güneş ışınlarının kollektöre sürekli 90°'de gelmesi gerekir. Hareketli HIGK güneş ışınlarının kollektöre dik açıda gelebilmesi için programmable logic controller (PLC) sistemi ile güneşi doğu-batı ve kuzey-güney yönlerinde takip edecek şekilde tasarlanmıştır. Sabit HIGK ise azimut açısına göre Elazığ ili için 42° ye sabitlenmiştir. Kurulan deney düzeneği Şekil-1.'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Deney düzeneği

Deney düzeneğinin kurulumundan sonra sistem açık hava koşulları altında çalıştırılarak gerekli ölçümler yapılmıştır. Kollektörlerin ısı verimlerinin hesaplanması için kollektörlerin girişinden, çıkışından ve çevreden çeşitli ölçümler yapılmıştır. Ölçümler Temmuz 2017'de saat 08:00-17:00 arasında Elazığ ilinde yapılmıştır. Veri kaydetme aralığı 30 dakika olarak ayarlanmıştır.

Hava hızı ölçümü için  $\pm 0,2$  (m/s) hassasiyetli hotwire tip anemometre kullanılmıştır. Kollektörlerin çıkış

hava kanalına anemometre yerleştirilerek hava hızları ölçülmüştür. Kollektörlerin giriş ve çıkış hava sıcaklıkları ölçümü için her iki bölgeye birer adet ısı sensör monte edilerek sıcaklıklar ölçülmüştür. Yutucu plaka yüzey sıcaklığı için plaka üzerine ısı sensör yerleştirilmiştir. Kullanılan ısı sensörler  $\pm 0.5^\circ\text{C}$  hassasiyetlidir. Global radyasyon miktarı ölçümü için Kipp Zonen marka piranometre kullanılmıştır. Deneylerde hava sıcaklığı, hava hızı, yüzey sıcaklığı ve güneş ışınımı değerleri ölçülmüştür. Bu ölçümler yardımıyla kütleli debi ve ısı verim hesaplamaları yapılmıştır.

### **2.1. Hesaplamalar**

Güneş enerjili hava kolektöründe faydalı enerji, kolektörden geçen akışkanın giriş ve çıkış sıcaklığına bağlı olarak,

$$Q_u = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_g - T_{\text{ç}}) \quad (1)$$

şeklinde hesaplanır. Burada,  $\dot{m}$ , kolektörden geçen havanın kütleli debisi (kg/s),  $C_p$  havanın özgül ısıdır (J/kgK),  $T_g$  ve  $T_{\text{ç}}$  sırasıyla kolektör hava giriş ve çıkış sıcaklıklarıdır ( $^\circ\text{C}$ ).

Kollektörden geçen havanın kütleli debisi ise,

$$\dot{m} = \rho \cdot V \cdot A_k \quad (2)$$

şeklinde hesaplanır. Burada  $\rho$  havanın yoğunluğu (kg/m<sup>3</sup>),  $V$  hava akış hızı (m/s),  $A_k$  ise kolektörün çıkış kesit alanı (m<sup>2</sup>)'dir.

Termodinamiğin I. kanunundan faydalanarak kolektörün ısı verimi;

$$\eta = (\dot{m} \cdot C_p \cdot (T_g - T_{\text{ç}})) / (I \cdot AC) \quad (3)$$

şeklinde belirlenir. Burada,  $\eta$  ısı verimi,  $I$  kolektör yüzeyine gelen güneş ışınımı (W/m<sup>2</sup>),  $AC$  ise güneş ışınımının direkt olarak vurduğu yutucu plaka yüzey alanıdır (m<sup>2</sup>).

### **2.2. Regresyon Analizi**

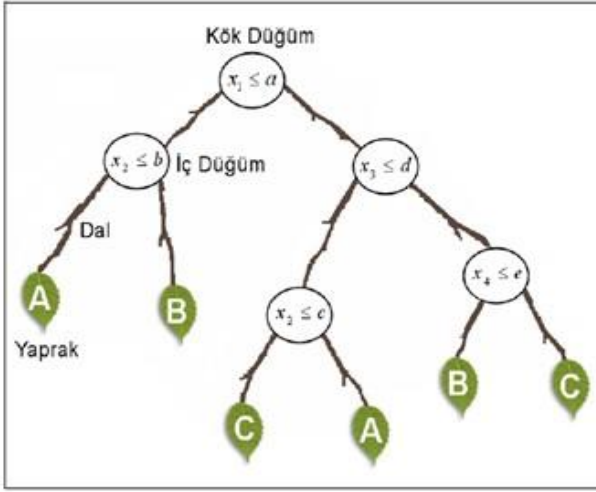
Doğrusal regresyon analizi belirlenmek istenen değişkenden daha kolay veya daha erken saptanabilen değişken(ler)den yola çıkarak belirlenmek istenen değişkeni tahmin eden bir model oluşturmaktır [10]. Bilinen normal dağılan sayısal bir değişkenden bilinmeyen, aralarında ilişki

olan bir başka normal dağılan sayısal değişkeni tahmin için uygulanırsa basit doğrusal regresyon (simple linear regression), birden fazla değişkenden yararlanarak bir değişkeni tahmin etmek amacıyla modelleme yapıldığında ise "çoklu doğrusal regresyon" (multiple linear regression) olarak tanımlanır [10-13].

$$Y_i = (b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n) + e_i \quad (4)$$

$Y$  bağımlı değişken,  $b_0$ , regresyon eğrisinin  $y$  eksenini kesim noktası,  $b_1$  ilk tahmin değişkeninin  $X_1$  katsayısı,  $b_2$  ikinci tahmin değişkeninin  $X_2$  katsayısı,  $e_i$  ise  $i$ 'inci denek için  $Y$ 'nin tahmin edilen değeriyle gözlenen değeri arasındaki farktır.

Karar ağaçları (KA) son yıllarda literatürde yaygın kullanımı olan bir sınıflandırma ve örüntü tanımlama algoritmasıdır. Bu yöntemin yaygın olarak kullanımının en önemli nedeni ağaç yapılarının oluşturulmasında kullanılan kuralların anlaşılabilir ve sade olmasıdır. KA sınıflandırma işleminin gerçekleştirilmesinde çok aşamalı veya ardışık bir yaklaşım kullanılmaktadır [14]. Bir karar ağacının temel yapısı Şekil 2'de görüldüğü üzere düğüm, dal ve yaprak olarak adlandırılan üç temel kısımdan oluşur. Bu ağaç yapısında her bir öznitelik (Hava hızı, Sıcaklık v.b.) bir düğüm tarafından temsil edilir. Dallar ve yapraklar ağaç yapısının diğer elemanlarıdır. Ağaçta en son kısım yaprak en üst kısım ise kök olarak adlandırılır. Kök ve yapraklar arasında kalan kısımlar ise dal olarak ifade edilir [14]. Başka bir ifadeyle bir ağaç yapısı; verileri içeren bir kök düğümü, iç düğümler (dallar) ve uç düğümlerden (yapraklar) oluşur. Eğitim verilerine ait öznitelik bilgilerinden yararlanılarak bir karar ağacı yapısı oluşturulmasında temel prensip verilere ilişkin bir dizi sorular sorulması ve elde edilen cevaplar doğrultusunda hareket edilerek en kısa sürede sonuca gidilmesi olarak ifade edilebilir. Bu şekilde karar ağacı sorulara aldığı cevapları toplayarak karar kuralları oluşturur. Ağacın ilk düğümü olan kök düğümünde verilerin sınıflandırılması ve ağaç yapısının oluşturulması için sorular sorulmaya başlanır ve dalları olmayan düğümler ya da yapraklar bulunana kadar bu işlem devam eder [15].



Şekil 2. Dört boyutlu özellik uzayına sahip üç sınıftan oluşan karar ağacı yapısı

Bu çalışmada her iki kollektör için verim değerleri lineer regresyonu ve karar ağacı regresyonu kullanılarak tahminsel modeller oluşturulmuştur. Tahminsel model oluşturmada MATLAB2016a yazılımı kullanılmıştır. Her bir regresyon için toplam 114 adet veri kullanılmıştır. Her iki regresyon için Havanın kollektöre giriş sıcaklığı ( $T_g$ ), güneş ışınım radyasyon ( $R$ ) değeri, havanın çıkış hızı ( $V$ ), kollektör havası çıkış sıcaklığı ( $T_c$ ) ve kollektör panel sıcaklığı ( $T_p$ ) giriş bilgisi olarak alınmıştır. Çıkış bilgisi olarak ısı verim ( $\eta$ ) kullanılmıştır. Her bir regresyon için 95 adet giriş verisi 19 adet çıkış verisi kullanılmıştır.

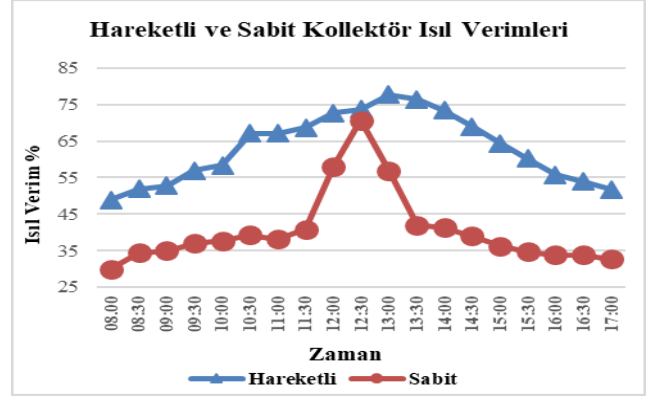
Lineer ve karar ağacı regresyon kullanılarak elde edilen tahminsel modelin doğruluğunu belirlemek için ortalama karesel hata (MAE) ve kök ortalama karesel hata (RMSE), analizleri yapılmıştır. Hata analizleri Tablo 1.'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Hata analizleri, formülleri ve parametreleri

Hata Analizi	Formülü	Parametreler
MAE	$\frac{ P_1 - A_1  + \dots +  P_n - A_n }{n}$	P: Tahmin Değeri A: Gerçek Değer n: Toplam Hata Değeri
RMSE	$\sqrt{\frac{(P_1 - A_1)^2 + \dots + (P_n - A_n)^2}{n}}$	P: Tahmin Değeri A: Gerçek Değer n: Toplam Hata Değeri

### 3. Bulgular ve Tartışma

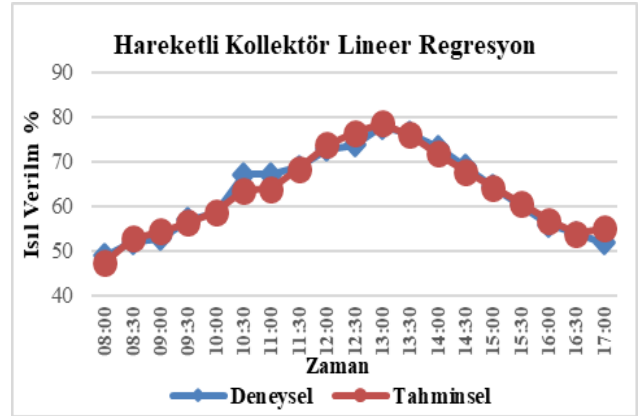
Hareketli ve sabit güneş kollektörlerinin ısı verimleri Denklem (3)'e göre hesaplanmış ve elde edilen değerler Şekil 3.'te gösterilmiştir



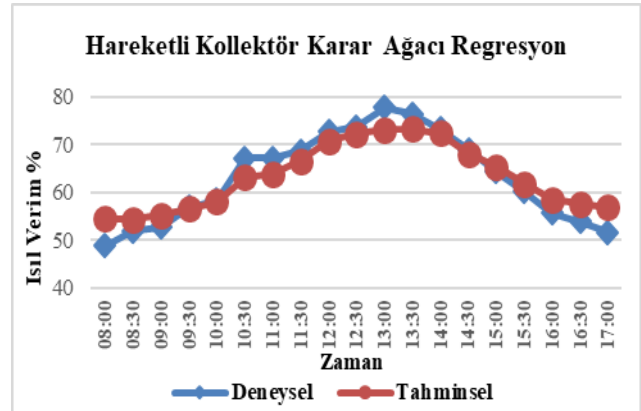
Şekil 3. Isıl verimler

Şekil 3.'e göre hareketli kollektör ile sabit kollektörün ısı verimleri saat 12.30 da birbirlerine yaklaşmıştır.

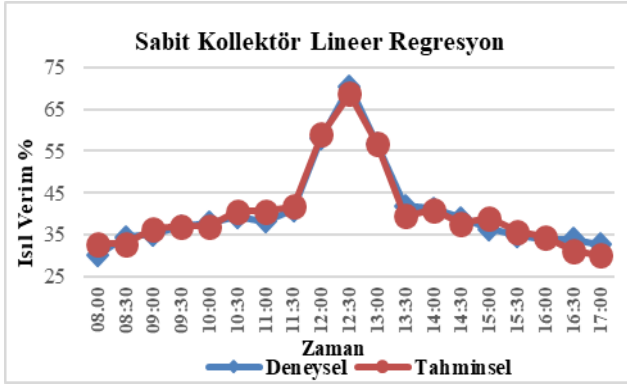
Sabit ve hareketli kollektörlerin hesaplanan ısı verim değerleri için lineer ve karar ağacı regresyon kullanılarak tahminsel modeller elde edilmiştir. Şekil 4-7'de deneylerden elde edilen ısı verim ile tahminsel modellerden elde edilen ısı verim değerleri gösterilmiştir.



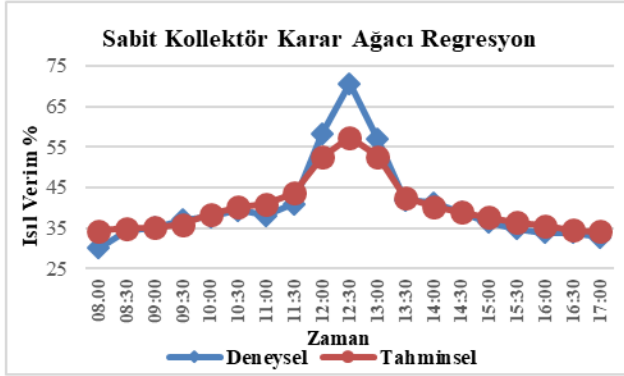
Şekil 4. Lineer regresyon



Şekil 5. Karar ağacı regresyon



Şekil 6. Lineer regresyon



Şekil 7. Karar ağacı regresyon

Şekil 4-7'ye göre ısı verim değerlerinin deneysel ve tahminsel değerleri karşılaştırıldığında, lineer regresyon tahminleri deneysel değerlere daha yakındır.

Tablo 2.'de tahminsel modellerin doğruluğunu belirlemek için yapılan hata analiz değerleri verilmiştir.

Tablo 2. Hata analiz değerleri

		Lineer Regresyon	Karar Ağacı Regresyon
Hareketli Kollektör	MAE	1.3888	2,5378
	RMSE	1.6875	2,9775
Sabit Kollektör	MAE	1,4388	2.3273
	RMSE	1,6986	3.7865

Hata analiz değerleri incelendiğinde, karar ağacı regresyon için ısı verim tahminsel modelin hata değeri daha fazladır.

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada sabit ve hareketli HIGK'lerinin performansı deneysel olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.'e göre hareketli kolektörün ısı verimi sabit kolektöre göre daha fazladır. Hareketli kolektör için ortalama ısı verim değeri %64, sabit kolektörün ortalama ısı verim değeri %41 dir.

Hesaplamalar sonucu her iki kolektör için elde edilen ısı verim değerleri için lineer regresyon ve karar ağacı regresyon kullanılarak tahminsel modeller oluşturulmuştur. Şekil 4-7.'de görüldüğü gibi lineer regresyon ile tahmin edilen ısı verim değerleri deneysel değerlere daha yakındır. Tablo 2.'de verilen hata analiz değerlerine göre lineer regresyon sonucu elde edilen tahminsel modelin hata oranları daha düşüktür. Bu verilere göre lineer regresyon ile yapılan tahminleme karar ağacı regresyona göre daha başarılıdır. Ölçüm aralığı daha da kısaltılarak daha fazla veri elde edilebilir ve farklı hesapsal zekâ yöntemleri kullanarak daha başarılı tahminsel model elde edilebilir.

#### Kaynaklar

- [1] Sahin, A. D., A Review of Research and Development of Wind Energy in Turkey, Clean-Soil, Air, Water 36, 734-742, 2008.
- [2] Bilgili, M., Sahin, B. ve Yasar, A. Application of Artificial Neural Networks for the Wind Speed Prediction of Target Station Using Reference Stations Data, Renewable Energy 32, 2350-2360, 2007.
- [3] Eroğlu Y., Seçkiner S.U. Performance analysis in wind farms by data envelopment analysis and Malmquist Index approaches. Pamukkale Univ. J. Eng. Sci., 23(1), 45-54, 2017.
- [4] Demirtaş, M. Bilgisayar kontrollü güneş takip sisteminin tasarımı ve uygulaması. Politeknik Dergisi, 9, 247-253. 2006.
- [5] İşcan, S., Özcan, Z. O., Gürleyen, Ş., Karayel, R. Güneş takip sistemi. Proje Tabanlı Mekatronik Eğitim Çalıştayı, Çankırı-İlgaz-Turkey. 2012.
- [6] Seme, S. and Štumberger, G., A novel prediction algorithm for solar angles using solar radiation and Differential Evolution for dual-axis sun tracking purposes. Solar Energy, 85, 2757-2770, 2012.

- [7] Kırbas, İ., Aydoğan, B., Uyumaz, A. Hava ısıtmalı güneş kollektörlerinde güneş takip mekanizması kullanımı. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 4, 74-84, 2013.
- [8] Çerçi, K. N., Akpınar, E. K. Güneş Altında Kurutma Prosesinde Biberin Konvektif Isı Transfer Katsayısının Belirlenmesi. Teskon , İzmir, 1659-1665, 2015.
- [9] Ertürk S., Ertürk K. Havuç kuruma kinetiğinin tahmininde regresyon analizi ve yapay sinir ağlarının kıyaslanması. Türkiye, 9, 819-822. 2006.
- [10] Alpar R. Basit Doğrusal Regresyon Çözümlemesi, Detay Yayıncılık, Ankara, 285-304, 2010.
- [11] Kirkwood BR, Sterne JAC. Regression Modelling. Medical Statistics. Blackwell Science. Australia, 315-342, 2003.
- [12] Pagano M, Gauvreau K. Simple Linear Regression. Principles of Biostatistics. Duxbury Press, USA, 379-424, 1993.
- [13] Safavian S.R., Landgrebe D., "A survey of decision tree classifier methodology", IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics, 21, 660-674, 1991.
- [14] Quinlan J.R., "C4.5: Programs for Machine Learning", Morgan Kaufmann, San Mateo, CA, 302 s, 1993.
- [15] Pal M., Mather P.M., "An assessment of the effectiveness of decision tree methods for land cover classification", Remote Sensing of Environment, 86, 554-565, 2003.