



YAPAY ZEKÂ YÖNTEMLERİ İLE HAVA SICAKLIĞI TAHMİNİ İÇİN SİSTEM TASARIMI VE UYGULAMASI

Aydın Turgut ^{a*}, Atılgan Temir ^a, Bekir Aksoy ^a, Koray Özsoy ^b

^aIsparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümü, TÜRKİYE

^bIsparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Senirkent MYO, Elektrik ve Enerji Bölümü, TÜRKİYE

* Sorumlu Yazar: aydinturgut033@gmail.com

(Geliş/Received: 05.12.2019; Düzeltme/Revised: 12.12.2019; Kabul/Accepted: 24.12.2019)

ÖZET

Hava parametrelerinin tahmini için sıcaklık, nem, yağış, ışınım, rüzgâr yönü, rüzgâr şiddeti vb. giriş parametreleri enerji, sağlık, coğrafya, tarım vb. birçok alanda büyük önem taşımaktadır. Günümüzde hava parametrelerinin tahminlenmesi için meteorolojik formüllerden yararlanılmakta ancak bu formüller çok fazla hesap gerektirmektedir. Bu nedenle hava parametre tahminleri için meteorolojik tahminlere göre daha hızlı hesap modellerinin tercih edilmesi daha kullanışlı olacaktır.

Çalışmada mikrodenetleyiciye bağlı olan sıcaklık, nem, rüzgâr şiddeti ve rüzgâr yönü gibi analog bilgiler sensörler tarafından elde edilip veri tabanına kaydedilmektedir. Verilerin kaydedilmesi, gerçek zamanlı olarak mikrodenetleyiciye bağlı olan ölçülen verileri herhangi bir kayba uğramadan hızlı bir biçimde veri tabanına aktarabilen ethernet modülü ile sayesinde gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan veri tabanı yapay zekâ konusunun bir alt başlığı olan yapay sinir ağ modelleri (YSA), K- Nearest Neighbors (K-NN) ve Random Forest (RF) algoritmaları tarafından işlenmiş ve ağ modelleri oluşturulmuştur. Böylece sistem giriş parametreleri nem, rüzgâr yönü ve şiddeti temel alınarak sistem çıkış parametresi olan hava sıcaklığının tahmin oranı %87 ile gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bilgisayar destekli tasarım, Yapay zekâ, yapay sinir ağları, hava sıcaklığı

ABSTRACT

Estimation of weather parameters temperature, humidity, precipitation, radiation, wind direction, wind intensity, etc. , energy, health, geography, agriculture are of great importance in many areas. Today, meteorological formulas are used to estimate the air parameters, but these formulas require a lot of calculations. Therefore, it will be more useful to choose faster calculation models for weather parameter estimations than meteorological estimations.

In this study, temperature, humidity, wind strength and wind direction sensors connected to microcontroller are measured and recorded. The data is recorded in real time by sending it to the database with the help of an Ethernet module connected to the microcontroller. With the Ethernet module used in the system, the measured data is transferred to the database quickly without any loss. The created database is processed by artificial neural network models, which is a sub-topic of artificial intelligence, and network models are formed. Thus, it is aimed to estimate the system output parameter air temperature based on the system input parameters humidity, wind direction, wind intensity.

Keywords: Computer Aided Design, Artificial Intelligence, Artificial Neural Networks, Air Temperature

1. GİRİŞ

Hava sıcaklığı, havanın ne kadar sıcak veya soğuk olduğunun bir ölçüsüdür. Daha belirgin olarak, hava sıcaklığı, havayı oluşturan gazların kinetik enerjisini veya hareket enerjisini tanımlamaktadır. Burada havadaki gaz molekülleri daha hızlı hareket ettiğinde hava sıcaklığı artmakta aksi takdirde azalmaktadır [1]. Hava sıcaklığındaki bu değişimlerin tahmin edilmesi büyük önem taşımakta ve salgın hastalık kontrolü [2], iklim değişimi [3], tarım verimliliği [4,5] vb. birçok alanda kullanılmaktadır.

Hava sıcaklığının tahmin edilmesi, çeşitli algoritma ve yapay zekâ metotları ile birden fazla giriş parametresi kullanılarak gerçekleştirilebilir. Yapay zekâ karmaşık verilerin daha iyi temsil edilmesini ve yorumlanmasını sağlayan bir öğrenme yöntemidir [6]. Yapay zekâ makine öğrenmesi ve onun bir alt dalı olan derin öğrenme yöntemlerinden oluşmaktadır. Derin öğrenme genellikle bilgisayarlı görüde kullanılan en önemli makine öğrenmesi yöntemlerinden biridir [7]. Makine öğrenmesi ise; denetimli, denetimsiz ve takviyeli olmak üzere üç ayrı kategoride sınıflandırılmaktadır [8]. Denetimli öğrenme genellikle verinin bir veya daha fazla kategoriye ayrılarak sınıflandırılması için kullanılırken, denetimsiz öğrenme ise veri setindeki değişkenler ve arasındaki ilişkiyi keşfetmeye odaklanmaktadır [9]. Takviyeli öğrenme ise, bir sistemin davranışsal kararlar verme yeteneğini geliştirmek için dünya ile etkileşime girerek kazanılan deneyimi ve değerlendirici geri bildirimini kullanmakla ilgili bir makine öğrenim alanıdır [10].

Çalışmada mikrodenetleyiciye bağlı olan sıcaklık, nem, rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü sensörlerden alınan veriler ethernet modülü aracılığıyla veri tabanına gerçek zamanlı olarak kaydedilerek, oluşturulan veri tabanı, yapay zekâ başlığı altında olan yer alan yapay sinir ağ modelleri (YSA), K- Nearest Neighbors (K-NN) ve Random Forest (RF) algoritmaları tarafından işlenerek verilerin modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak elde edilen yapay zeka modelleri ile gerçek zamanlı giriş parametreleri baz alınarak hava sıcaklığı tahmini %74, %82, ve %87 tahmin doğruluk oranı ile gerçekleştirilmektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

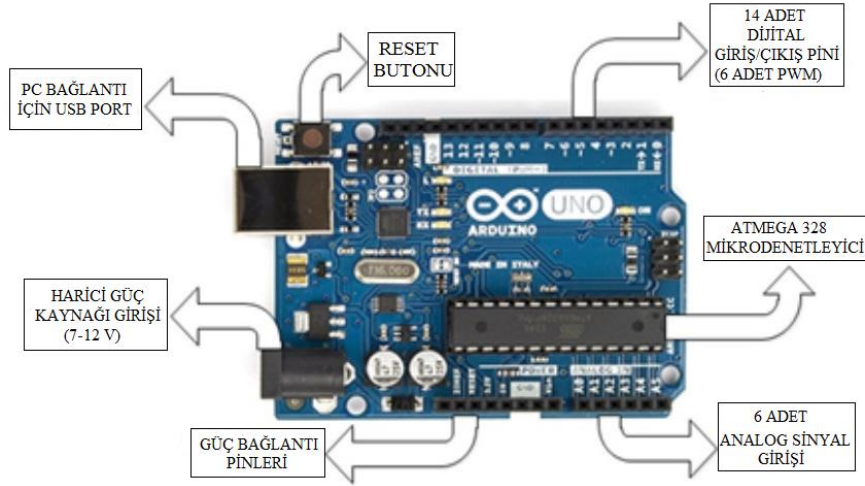
Çalışmada yapay zekâ yöntemiyle sıcaklığın tahmini üzerine sistem tasarımı ve uygulaması yapılmıştır. Sistem tasarımında sigma profiller, rüzgâr hız ve yön sensörü, nem sensörü, sıcaklık sensörü, güneş paneli, akü ve mikrodenetleyici kart bulunmaktadır. Sistemin mekanik ve elektronik tasarımı yapıldıktan sonra sensörlerden ölçülen değerler ethernet modülü kullanılarak veri tabanına aktarılmıştır. Sensörler ile elde edilen veriler ile yapay zekâ algoritmaları kullanılarak hava sıcaklık tahmini yüksek doğrulukta gerçekleştirilmiştir.

2.1. Materyal

Çalışmada materyal olarak Arduino Uno R3, DHT21 Isı ve Nem Sensörü, QS-FS01 Rüzgâr Hız Sensörü, QS-FX01 Rüzgâr Yön Sensörü, ethernet modülü, güneş paneli, şarj kontrol cihazı ve akü kullanılmıştır.

2.1.1 Arduino Uno R3

Arduino, üzerinde Atmel AVR mikrodenetleyicisi ve ek olarak çeşitli çevre birimler bulunduran açık kaynak kodlu fiziksel programlama platformudur. Processing/wiring programlama dili kullanılarak temel giriş çıkış uygulamaları gerçekleştirilebilen Arduino, açık kaynak kodlu olması, kolay kullanılabilir kütüphanelerinin bulunması, kolay bulunabilirliği gibi özellikleri ile ön plana çıkmaktadır [11]. Çalışmada Atmega328 mikroişlemci tabanlı, üzerinde 20 adet dijital giriş/çıkış pini bulunan Arduino Uno R3 kartı kullanılmıştır. 7 ~ 12 V DC gerilim ile beslenen Arduino Uno R3 kartı giriş/çıkış pinlerinden 14 tanesi dijital giriş/çıkış, 6 tanesi analog giriş pinidir (Şekil 1). Arduino Uno R3 donanımsal olarak üzerinde 16 MHz kristal osilatör, 32 KB flash bellek, 2 KB SRAM, 1 KB EEPROM, USB bağlantısı, 2.1 mm güç girişi ve ICSP başlığı bulundurur [12].



Şekil 1. Arduino Uno R3 kartı

2.1.2 Isı, Nem, Sıcaklık, Rüzgar Sensörleri

DHT21 sıcaklık ve nem algılayıcı dijital çıkış veren bir algılayıcı sensör birimidir (Şekil 2.a) .3.3-5 V DC gerilim ile çalışan DHT21, -40 ile 80 °C arasında +/-1°C hata payı ile sıcaklık, 0-100% RH arasında +/-5% RH hata payı ile nem ölçümü yapabilmektedir [13]. QS-FS01 rüzgâr hızını ölçmek için meteoroloji istasyonlarında yaygın olarak kullanılan bir sensördür. Üzerinde bulunan kepece şeklindeki kanatları rüzgârın etkisiyle dönerek, dönüş sayısına göre rüzgâr hızı tespit edilir. QS-FS01 rüzgâr hız sensörü 0.2 m/s - 70 m/s rüzgâr hız aralığında 0.1 m/s hata payı ile ölçüm yapabilmektedir. 7-24 V DC gerilim ile çalışan QS-FS01 rüzgâr hız sensörü 0 m/s rüzgâr hızında 0.4 V, 32.4 m/s rüzgâr hızında 2.0V gerilim çıkışı verir [14]. Sensör çıkışındaki gerilim ile rüzgâr hızı hesaplanır (Şekil 2.b). QS-FX01 Rüzgâr Yön Sensörü rüzgâr yön bilgisini elektriksel sinyale çeviren sensördür. QS-FX01 Rüzgâr Yön Sensörü üzerinde bulunan jüriyetin dönmesiyle rüzgâr yönü ölçülmektedir. Başlangıçta tam kuzeyde (0°) bulunan jüriyet rüzgârın etkisiyle dönerken başlangıç konumundan itibaren jüriyetin açısal konumu tespit edilir. Jüriyetin bulunduğu açısal konuma karşılık gelen açı ile yön tespit edilmiş olur. 12- 24 V DC gerilim ile çalışan QS-FX01 Rüzgâr Yön Sensörü sinyal çıkışı olarak 4-20 mA arasında akım verir (Şekil2.c).

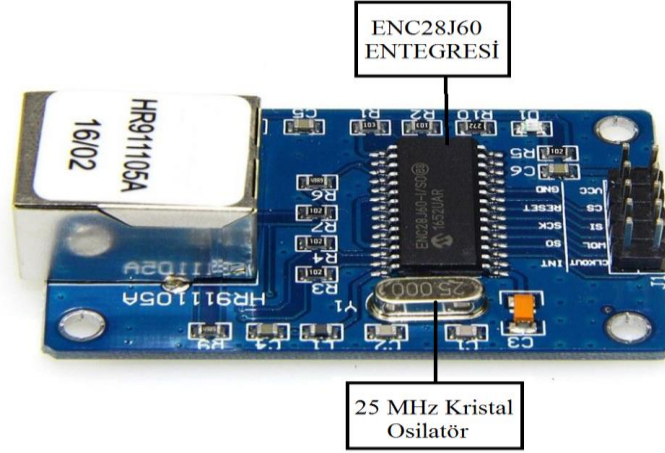


Şekil 2. DHT Isı ve Nem Sensörü (a), QS-FS01 Rüzgâr Hız Sensörü(b) , QS-FX01 Rüzgâr Yön Sensörü

2.1.3 ENC28J60 Ethernet Lan Modülü

ENC28J60 Ethernet Lan Modülü üzerinde ethernet girişi bulunan ve ethernet girişini SPI ara yüzüne çeviren bir karttır. Kart kendi içinde paket filtreleme, haberleşme işareti filtreleme ve toplam kontrolü (checksum) barındırır [15]. ENC28J60 Ethernet Lan Modülü üzerinde bulunan, Mikrochip firmasına ait ENC28J60 entegresini kullanarak başta Arduino olmak üzere birçok sisteme ethernet bağlantısı ile

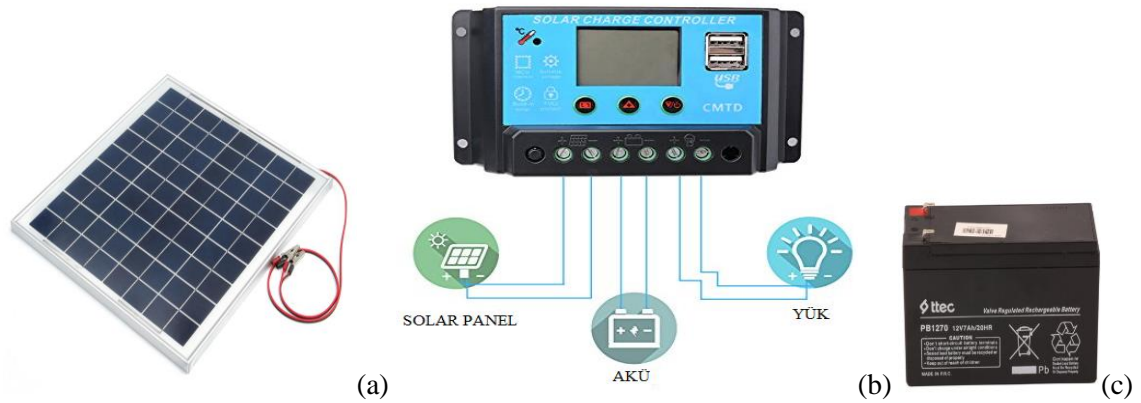
internet bağlanma imkânı sağlar. Şekil 3’de görüldüğü şekilde üzerinde 25 MHz kristal bulunan ENC28J60 Ethernet Lan Modülü 3.3 V giriş gerilimi ile çalışmaktadır [16].



Şekil 3. ENC28J60 Ethernet Lan Modülü

2.1.4 Güneş Enerjisi Güç Ünitesi

Güneş paneli, güneş ışınlarını elektrik enerjisine çeviren devre elemanıdır. Güneş panelleri silikon esaslı malzemelerden yapılan fotovoltaik hücreler üzerine düşen güneş ışınlarını, doğrudan elektrik enerjisine çevirerek elektrik enerjisi sağlar [17]. Çalışmada 290x350x20 mm ölçülerinde, 1.5 kg ağırlığında ve maksimum 10 W çıkış gücü verebilen bir güneş paneli kullanıldı(Şekil 4.a) . Solar şarj kontrol cihazı, güneş enerjisi ile elektrik üretimi sistemlerinde, gündüz güneş panellerinden gelen elektrik akımını kontrollü biçimde aküye dolmasını sağlayan cihazdır. Güneş ışınlarıyla panelden gelen gerilim ve akımı dengeler. Solar şarj kontrol cihazı, aküler dolduktan sonra akımı keserek akünün fazla şarj maruz kalmasını engeller. Solar şarj kontrol cihazlarında solar panel girişi, akü çıkışı ve yük çıkışı bulunmaktadır. Solar panel girişine bağlanan solar panelden üretilen elektrik enerjisi akü çıkışlarından aküye doldurulur. Yük çıkışından regüle edilmiş gerilim ile çıkış sağlanır (Şekil 4.b). Akü, enerjiyi kimyasal konumda depolamaya yarayan elektrokimyasal cihazdır. Bir elektrik devresiyle bağlantı kurulduğunda, biriktirilen kimyasal enerji kimyasal enerjiye dönüşür. Çalışmada 12 Volt 7 Ah değerlerine sahip bir akü kullanılmıştır. Kullanılan akü 8 saatte şarj edilmekte ve şarj olduktan sonra panel enerjisi kesildikten sonra 46 saat boyunca devreye enerji verebilmektedir (Şekil 4.c) .



Şekil 4. Güneş paneli (a) , Solar Şarj Kontrol Cihazı (b) , Akü (c)

2.2. Yöntem

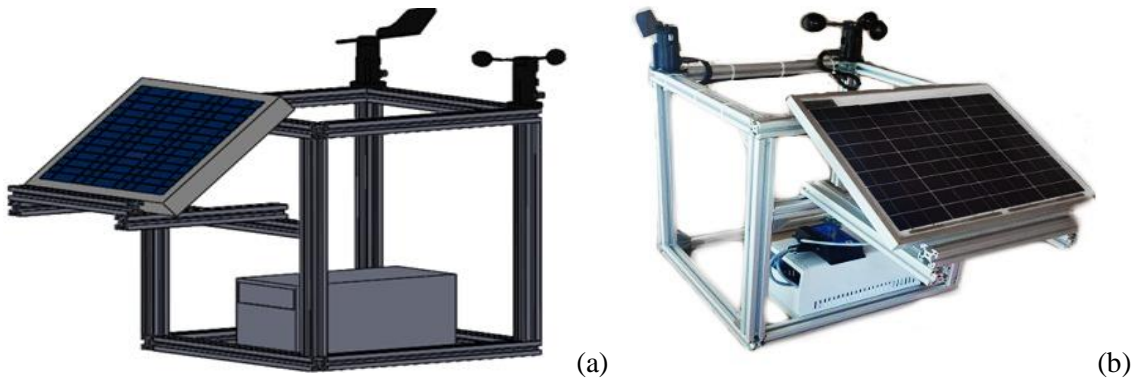
Çalışmada kullanılacak sistemin geliştirilme aşaması mekanik ve elektronik tasarım olmak üzere iki kısımda incelenmektedir. Mekanik tasarımı kısmının gerçekleşmesinde ilk olarak Solidworks programında sistemin model çizimi yapılmıştır. Çizim ve hesaplanması yapılan sistemin montajı yapılarak mekanik tasarım aşaması tamamlanmıştır. Elektronik tasarımın gerçekleştirilmesinde; Arduino Uno kartı, ısı ve nem sensörü, rüzgâr hız sensörü, rüzgâr yön sensörü, ethernet modülü kullanılarak genel diyagram oluşturulmuştur.

2.2.1 Mekanik Sistem Tasarımı ve Montajı

Çalışmada hava sıcaklık tahmini için yapılan sistemin tasarımı, ölçümleri sağlıklı bir şekilde yapabilmesi amacıyla dış ortam koşullarına dayanıklı bir biçimde çizilmiştir. Rüzgâr hız ve yön sensörleri, rüzgâr ile etkileşime girerken hiçbir engel ile karşılaşmaması amacıyla en üst noktaya konumlandırılmıştır. DHT21 sıcaklık ve nem sensörü sigma profil altında olacak şekilde tasarımı yapılmıştır. Sistemin enerjisini sağlayacak olan güneş paneli, Şekil 5a'de gösterildiği gibi güneş ışınlarını en iyi alabilmesi amacıyla eğimli tasarlanmıştır. Güneş panelinin eğim açısı enlem değeri yardımıyla hesaplanır. Bu açı, bulunan bölgenin enlem değeri 25-50 arasında ise 0,87 ile çarpıldıktan sonra değere 3.1 derece eklenerek bulunur. Türkiye 36-42 enlemleri arasında yer aldığı için ülkemizde bulunan bütün şehirler için panel eğim açısı (1) nolu denklem ile ifade edilir.

$$\text{Panel Eğimi} = \text{Enlem} \times 0,87 + 3,1 \quad (1)$$

Tasarımı yapılan ölçüm istasyonunun dış şasesinde 30x30 sigma profiller kullanılmıştır. Sigma profillerin montajından sonra sistemin üst köşelerine rüzgâr hız ve rüzgâr yön sensörlerinin montajları yapılmıştır. Isparta ili enlem değeri 37,76'dır. (1) nolu denklemden faydalanılarak Isparta ile için panel eğim açısı 35,95°'dir. Eğim açısına göre güneş paneli sisteme montajı yapılmıştır. Yağmur ve kar gibi hava koşullarından etkilenmemesi amacıyla DHT21 Isı ve Nem sensörü sigma profil altına montajlanmıştır. Arduino kart, akü ve şarj kontrol cihazı dış ortam koşullarından zarar görmemeleri için kutu içerisinde muhafaza edilmiştir. Şekil 5b'de sistemin montajlanmış hali verilmiştir.



Şekil 5. Hava sıcaklığı tahmini için sistemin (a) tasarımı, (b) montajı

2.2.2 Elektronik Sistem Tasarım ve İmalatı

Çalışmada sıcaklık ve nem sensörü, rüzgâr hız ve yön sensörlerinden elde edilen veriler yapay zekâ algoritmalarında kullanılmak üzere veri tabanına kaydedilmiştir. Sensörlerden elde edilen veriler Arduino Uno R3 kartında işlenmektedir. Arduino Uno R3 kartında işlenen veriler ENC28J60 ethernet modülü kullanılarak yapay zekâ algoritmalarında kullanılmak üzere veri tabanına aktarılmaktadır. Şekil 6a ve Şekil 6b'de ölçüm ve haberleşme sistemi elektronik devre tasarım diyagramı ve devre şeması verilmiştir.

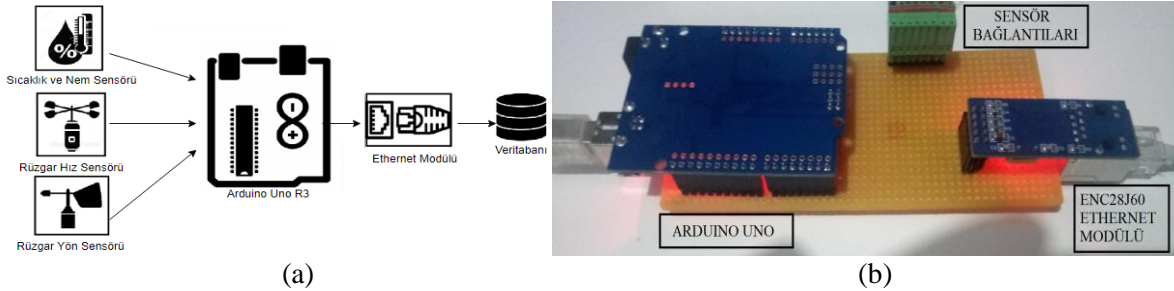
Isı ve nem sensöründen gelen verileri işlemek için Arduino programlama dilininin "dht.h" kütüphanesi kullanılmıştır. Rüzgar hızı sensörü 0 km/h rüzgar hızında 0.4 Volt , 116.64 km/h rüzgar hızında 2 Volt gerilim değeri vermektedir. Burada (2) nolu denklem ile rüzgâr hızı hesaplanmaktadır.

$$\text{Rüzgâr hızı} = (\text{Sensör çıkış gerilimi} - 0.4) \times 72.9 \quad (2)$$

QS-FX01 rüzgâr yön sensörü üzerinde bulunan jüriyet başlangıçta kuzey yönünü göstermektedir. Arduino Uno R3 kartı analog pininden ölçülen gerilim değeri ile rüzgâr yönü gerekli hesaplamalar ile tespit edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Rüzgâr yön parametre değerleri

Parametre	Yön
23-25	GÜNEY
26-33	GÜNEYBATI
34-38	BATI
39-49	KUZEYBATI
49-53	KUZEY
54-61	KUZEYDOĞU
62-66	DOĞU
67-74	GÜNEYDOĞU
75-80	GÜNEY



Şekil 6. Elektronik Sistem Diyagramı

Sensörlerden alınan veriler daha sonra makina öğrenmesi algoritmalarında kullanılmak üzere veri tabanına gönderilmiştir. Arduino ve Ethernet modülü arasındaki haberleşmesi Ethercard kütüphanesi ile sağlanmış olup verilerin veri tabanına gönderilmesi için ENC28J60 modülü kullanılmıştır.

2.2.3. Yapay Zekâ Algoritmaları

Çalışmada yapay zekâ algoritmaları olarak Random Forest(RF), Yapay Sinir Ağları(YSA) ve K-Nearest Neighbors (K-NN) algoritmaları kullanılarak hava sıcaklığı tahmini gerçekleştirilmiştir.

2.2.3.1. Random Forest (RF) Algoritması

RF en popüler makine öğrenme algoritmalarından birisidir [18]. RF algoritması, rastgele karar ağaçlarının birleşiminden oluşan bir algoritmadır [19]. RF algoritması rastgele oluşturulan karar ağaçlarının tahminlerinin ortalamasını alarak bir tahminleme değeri üretir [20]. Denklem 3'de RF algoritması tahmin değerini üretmek için kullanılan matematiksel eşitlik verilmiştir [21].

$$\hat{Y} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N T_n(X) \quad (3)$$

Denklemden \hat{Y} RF'deki tüm karar ağaçlarının ortalama değerleri, $T_N(x)$ n no'lu karar ağacının değeri, X giriş parametreler, N random forest'teki karar ağaç sayısını ifade eder [20].

2.2.3.2. Yapay Sinir Ağları (YSA) Algoritması

Yapay zekânın bir alt disiplini olan YSA, çok detaylı bilgiye ihtiyaç duymadan bir sistemin davranışını öğrenebilmesi ve sahip olduğu gürültü toleransı özelliğiyle tahminleme uygulamalarında önemli bir avantaj sağlamaktadır [22]. YSA, sistem çıkışı ile model çıkışı arasındaki hata sinyali kullanılarak eğitilmekte ve sistem öğrenmesi, ağda bulunan nöronlar arasındaki bağlantı ağırlıklarının değiştirilmesi ile olmaktadır [23].

2.2.3.3. K- Nearest Neighbors (K-NN) Algoritması

Mesafe fonksiyonuna duyarlı olan K-NN, parametrik olmayan bir öğrenme algoritmasıdır [24]. Algoritmanın ana fikri, özellik uzayındaki en çok benzer eğitim verilerinin bir kümeye ait olması durumunda, eğitim verisini bu kümeye dahil etmektedir [25]. Özellik uzayındaki bulunan eğitim verilerinin hangi kümeyi ait olduğunu tespit edebilmek için eğitim verilerinin arasındaki mesafe euclidean, manhattan, minkowski ve Kullback-Leibler gibi mesafe fonksiyonları ile belirlenir [26].

04.11.2019 ile 11.11.2019 tarihleri arasında alınan sıcaklık, nem, rüzgâr hızı ve rüzgâr yönüne ait toplam 48003 veri kullanılmıştır. Elde edilen veriler üzerinde yapay zekâ algoritmaları olarak RF algoritması için $n_{estimator}$ değeri 100 maksimum derinlik değeri 10 alınmıştır. YSA algoritması için üç katman oluşturulmuş ilk katman 9, ikinci katman 4 ve son katman ise 1 nörondan oluşturulmuştur. Son olarak ise K-NN algoritması için komşu sayısı 4 olarak belirlenmiştir. Bu üç algoritma kullanılarak hava sıcaklığı tahmin değerini 3 farklı algoritma kullanılarak tahminlenmiştir. Elde edilen sonuçlar araştırma bulguları bölümünde verilmiştir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

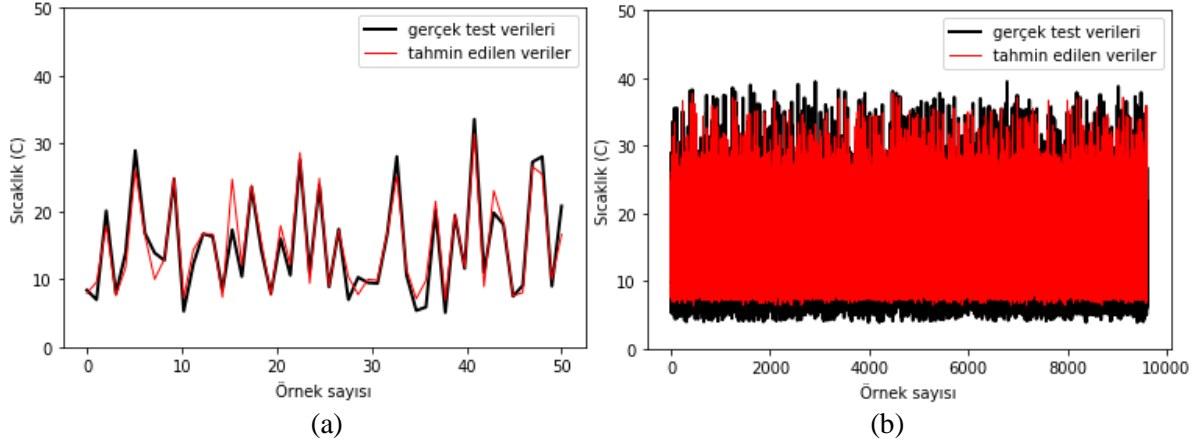
Çalışmada, veri setindeki rüzgâr hızı, rüzgâr yönü (kuzey, kuzey batı, batı, güney batı, güney, güney doğu, doğu, kuzey doğu), nem değerleri giriş, sıcaklık değeri ise çıkış değeri olarak belirlenmiştir. Python programlama dilinde gerçekleştirilen yazılım ile veri setindeki YSA, K-NN ve RF algoritmaları ile tahminleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen tahminleme işlemine ait sayısal veriler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Yapay Zekâ Algoritmaları ile tahmin sonuçları

Performans ölçütü	YSA	K-NN	RF
MAPE(%)	27.896	16.364	15.128
MSE	16.518	9.431	7.815
R ²	74.256	85.204	87.725

Tablo 2'de görüldüğü gibi YSA, K-NN ve RF algoritmalarının MAPE, MSE ve R2 performans ölçme kriterlerine göre değerlendirildiğinde YSA algoritmasının R2 performans değerlendirme ölçütüne %74, K-NN'nin %85 ve RF algoritmasının ise %87 ile en doğru tahmini verdiği görülmektedir.

En doğru tahmini veren RF algoritmasındaki giriş parametreleri olarak ağaç sayısı 100 ve maksimum derinlik değeri 10 olarak alınmıştır. %87 doğruluk oranında elde edilen modelde; sonuca nem değerinin %75.9, rüzgâr yönü %22.7, rüzgâr hızı ise %1.4 oranında etki ettiği görülmüştür. Şekil 8 (a) ilk 50 veri için (b) de ise tüm veri setindeki değerler için; gerçek değerler ile RF algoritmasının tahmin ettiği değerlere ait grafik verilmiştir.



Şekil 7. Hava sıcaklığı tahmini için gerçek ve RF ile tahmin edilen değerlerin görselleştirilmesi a) ilk 50 test verisi b) tüm test verileri

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapay zekâ yöntemleri ile hava sıcaklığı tahmini için sistem tasarımı ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Çalışmada çıkış parametresi olarak sıcaklık, giriş parametresi olarak nem, rüzgâr yön ve hızı belirlenmiştir. Hava sıcaklığı tahminine yönelik akademik literatür incelendiğinde; Süzen ve Kayaalp [27], Isparta ili merkezi için basınç, rüzgâr hızı, nem ve sıcaklık verileri kullanılarak, derin öğrenme algoritmaları ile sıcaklık tahmini yapmıştır. Sıcaklık tahmini için 6576 adet ortalama sıcaklık, ortalama nem, ortalama basınç, rüzgâr ve yağış verileri (toplam 32880 veri) derin öğrenme eğitimine tabi tutulmadan önce min-max normalizasyonu ile 0-1 aralığında ölçeklendirilmiştir. Eğitim modelinde 4 girişli, 10 Nöronlu, 2 katmandan oluşan LSTM algoritması kullanılmıştır. 100 Epoch kullanılan eğitim tekrarlı öğrenme oranı %99,99, değerlendirmede öğrenme oranı ise %99,98 olarak hesaplanmıştır. Derin öğrenme metodlarından kullanılan LSTM modelinin yapılan çalışmada, tahmin uygulamalarında başarılı ve etkili sonuçlar elde edileceği görülmüştür. Çalışmada ise üç farklı derin öğrenme algoritması kullanılmıştır. Sıcaklık tahminlenmesi için en iyi model %87.72 ile RF algoritmasıdır. Tahminleme değerinin düşük çıkmasının sebebi, ortam basıncı, mevsim ve enlem şartlarını kapsayacak giriş parametresinin alınmamasıdır.

Sinecen vd. [28], Aydın ili için toplanan hava parametrelerini yapay sinir ağı ile analiz ederek ileriye dönük bu parametrelerin tahmin edilmesini amaçlamışlardır. Tahmin edilen ile gerçek veriler arasındaki ilişkinin analiz edilmesi sonucunda hava kalitesi indeksi ve sıcaklık tahmininde yüksek verimli sonuçlara ulaşmışlardır. Güç [29], Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilen Bilecik ili 2013 yılına ait saatlik ortalama rüzgâr şiddeti, hava basıncı, su buharı basıncı, nispi nem ve hava sıcaklığı ölçümlerinden 1794 adet almış ve bu verileri işlemek için ileri beslemeli geri yayımlı çok katmanlı Yapay Sinir Ağları modeli kullanmıştır. Bunun sonucunda Yapay Sinir Ağları modeline ait RMSE ve MAE değerlerinin oldukça tatmin edici olduğu görülerek, Yapay Sinir Ağları modelinin ortalama saatlik hava sıcaklığının daha sonraki yıllar için uygun olacağını belirtmiştir. YSA modelinden elde edilen sayısal tahmini sonuçların bazı hata değerleri RMSE sonucu 0,0529, MAE değeri 0,0334 ve R2 determinasyon katsayısı ise 0,91 olarak hesaplanmıştır. Yıldırım ve Kandemir [30], bir Yapay Sinir Ağı yöntemi olan İleri Beslemeli Geri Yayılım metodu yardımıyla yağış verilerini tahmin ederek model sonuçlarını çoklu doğrusal regresyon analizi sonuçları ile karşılaştırmışlardır. Tahmin modelleri hazırlanırken geçmiş yıllara ait yağış, nispi nem ve sıcaklık verileri kullanmışlar ve en iyi performansı 6 adet giriş verisi bulunan (sıcaklık, iki gün ötelenmiş nispi nem, bir gün ötelenmiş nispi nem, iki gün ötelenmiş yağış, bir gün ötelenmiş yağış) model sergilemiş ve ileri beslemeli geri yayılım sinir ağının, çoklu doğrusal regresyon analizine göre daha başarılı sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Çalışmada Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanılarak %74.25 doğrulukta hava sıcaklığı tahminlenmesi gerçekleştirilmiştir. Doğruluk değerinin düşük çıkmasının sebebi yapay sinir ağları modelinde kullanılan katman sayısı, nöron sayısı, optimizasyon fonksiyonu değişiminden kaynaklanmaktadır.

İleri çalışmalarda, tahminleme doğruluk değerinin daha büyük çıkması için daha farklı algoritmalar kullanılarak ortam basıncı, mevsim ve enlem şartlarını kapsayacak giriş parametresi alınmamasıdır.

Çalışmada yapay zekâ yöntemleri ile hava sıcaklığı tahmini için sistem tasarımı ve uygulaması ile hava sıcaklığı tahminlenmesi ile gelecek yıllarda sıcaklığın ne olacağı üzerine önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Şahin, M., “Modelling of air temperature using remote sensing and artificial neural network in Turkey”, *Advances in Space Research*, Vol. 50, Issue 7, Pages 973-985, 2012.
2. Bian, L., Li, L., Yan, G., “Combining global and local estimates for spatial distribution of mosquito larval habitats”, *GIScience & Remote Sensing*, Vol.43, Issue 2, Pages 128– 141, 2006.
3. Türkeş, M., “Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler”, *İklim Değişikliği ve Çevre Dergisi*, Cilt 1, Sayı 1, Sayfa 26-37, 2008.
4. Ustaoglu B., “Giresun’da İklim Koşulları’nın Fındık (Corylus Avellana) Verimliliği Üzerine Etkisi”, *Marmara Coğrafya Dergisi*, Cilt 0, Sayı 26, Sayfa 302-323, 2012.
5. Şenol, R., “An analysis of solar energy and irrigation systems in Turkey”, *Energy Policy*, Volume 47, Pages 478–486, 2012.
6. Hosny, A., Parmar, C., Quackenbush, J., Schwartz, L. H., & Aerts, H. J. Artificial intelligence in radiology. *Nature Reviews Cancer*, Vol.18, Issue 8, Pages 500-510,2018.
7. Greenspan, H., Van Ginneken, B., & Summers, R. M., Guest editorial deep learning in medical imaging: Overview and future promise of an exciting new technique. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, Vol. 35, Issue 5 , Pages 1153-1159,2016.
8. Krittanawong, C., Zhang, H., Wang, Z., Aydar, M., & Kitai, T., Artificial intelligence in precision cardiovascular medicine. *Journal of the American College of Cardiology*, Vol. 69, Issue 21, Pages 2657-2664,2017.
9. Johnson, K. W., Soto, J. T., Glicksberg, B. S., Shameer, K., Miotto, R., Ali, M., ... & Dudley, J. T., Artificial intelligence in cardiology. *Journal of the American College of Cardiology*, Vol. 71, Issue 23 ,Pages 2668-2679, 2018.
10. Littman, M. L., Reinforcement learning improves behaviour from evaluative feedback. *Nature*, Vol. 71 521, Issue 7553, Pages 445-451, 2015.
11. Mutha,R.V., Kumar,N. and Pareek,P., “Real Time Standalone Data Acquisition System for Environmental Data”, *IEEE International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES)*, 4-6 July 2016, Delhi, India
12. O. Güngör, “Kaçak Elektrik Kullanımının GSM Aracılığıyla Takibi”, *T*, Vol. 4 , Issue 8, Pages 29-33, 2015.
13. Beken, M., Günhan, H. M., Akbulut, E., & Çapraz, T. (2017). Climate Control System For Cold Storage Depots. *International Journal of Engineering Science and Application*, Vol. 4 1, Issue 2 , Pages 42-45, 2017.
14. Rodríguez Angarita, J. P., & Soto Herrera, C. Y. Desarrollo de un Sistema Meteorológico en Red de Tres Nodos.
15. Yamaçlı, S., Aksoy, M., & Avcı, M. ETHERNET ÜZERİNDEN VERİ AKTARAN SICAKLIK/NEM ÖLÇÜM İSTASYONU TASARIMI VE UYGULAMASI
16. Karakuzu, C., & Gültekin, S. İnternet Üzerinden Görsel Bilgisayar Arayüzü ile Denetlenebilen Nokta Matris LED Tabela. *Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi*, Vol. 10, Issue 2, 42-52, Pages 2017.

17. Yaniktepe, B., Özalp, C., Savrun, M. M., Köroğlu, T., & Cebeci, Ç., Rüzgar-Güneş Hibrid Güç Sistemi Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Uygulama Örneği. In *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)* (pp. 16-18), May. 2011.
18. Ren, S., Cao, X., Wei, Y., & Sun, J., Global refinement of random forest. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 723-730), 2015.
19. Biau, G., & Scornet, E., A random forest guided tour. *Test*, Vol. 25, Issue 2, Pages 197-227, 2016.
20. Criminisi, A., Shotton, J., & Konukoglu, E. (2012). Decision forests: A unified framework for classification, regression, density estimation, manifold learning and semi-supervised learning. *Foundations and Trends® in Computer Graphics and Vision*, Vol. 7, Issue 2–3, Pages 81-227, 2012.
21. Ahmad, M. W., Mourshed, M., & Rezgui, Y. . Trees vs Neurons: Comparison between random forest and ANN for high-resolution prediction of building energy consumption. *Energy and Buildings*, Vol. 147, Pages 77-89, 2017.
22. Kalımlı, A., “Elman Ağının Simulated Annealing Algoritması Kullanarak Sistem Kimliklendirme İçin Eğitilmesi”, *Osmangazi Üniversitesi Müh.Mim.Fak.Dergisi*, Cilt 16, Sayı 2, Sayfa 25-42, 2002.
23. Kılıç, E., Özbacı, Ü., Özçalık, H.i, “Lineer Olmayan Dinamik Sistemlerin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesinde MLP ve RBF Yapılarının Karşılaştırılması”, *ELECO '2012 Elektrik - Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu*, Sayfa 694-698, Bursa, 2012.
24. Chen, Y., & Hao, Y., A feature weighted support vector machine and K-nearest neighbor algorithm for stock market indices prediction. *Expert Systems with Applications*, Vol. 80, Pages 340-355, 2017.
25. Yu, B., Song, X., Guan, F., Yang, Z., & Yao, B. k-Nearest neighbor model for multiple-time-step prediction of short-term traffic condition. *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 142, Issue 6, 2016.
26. Walters-Williams, J., & Li, Y., Comparative study of distance functions for nearest neighbors. In *Advanced Techniques in Computing Sciences and Software Engineering* (pp. 79-84). Springer, Dordrecht, 2010.
27. Süzen, A.A., Kayaalp, K., “Derin Öğrenme Yöntemleri İle Sıcaklık Tahmini: Isparta İli Örneği”, *INES 2018*, Sayfa 531-537, Antalya, 2018.
28. Sincen, M., Kaya, B., Yıldız, Ö., “Aydın İlinde İnsan Sağlığını Birincil Dereceden Etkileyen Hava Değişkenlerine Yönelik Yapay Sinir Ağı Tabanlı Erken Uyarı Modeli Mahmut”, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, Cilt 5, Sayı 4, Sayfa 121-131, 2017
29. Güç, R., “Bilecik İli İçin Güneş Enerjisi Analizi Ve Yapay Sinir Ağları İle Hava Sıcaklığı Tahmini”, *Yüksek Lisans Tezi*, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik, 2016.
30. Yıldırım, A., Kandemir, S. Y., “Yağış Miktarının Yapay Sinir Ağları ile Tahmini”, *BŞEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, Cilt 5, Sayı 2, Sayfa 97-104, 2018.