

BULANIK MANTIK TABANLI SICAKLIK DENETİM

GERÇEKLEMESİ

Seda Postalcioglu^{1*}, Tarık Emre Çelik²

¹Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği, Mühendislik
Fakültesi, Bolu/Türkiye

²Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği, Mühendislik
Fakültesi, Bolu/Türkiye
postalcioglu_s@ibu.edu.tr

Özet- Çalışmada ortam sıcaklığını istenilen referans düzeyinde tutan Bulanık Mantık tabanlı sıcaklık denetim gerçekleştirilmiştir. Çalışma arduino uno üzerinden gerçekleştirilmiştir. Ortam sıcaklığı verilen referans değer üzerinde ise hataya göre denetleyici çıkış üretir. Darbe Genişlik Modülasyonu (DGM) ile fanın hızlı veya yavaş çalışması sağlanarak referans sıcaklık değerine ulaşılır.

Anahtar Kelimeler- Bulanık Mantık, Arduino uno, Darbe Genişlik Modülasyonu.

**FUZZY LOGIC BASED TEMPERATURE CONTROL
APPLICATION**

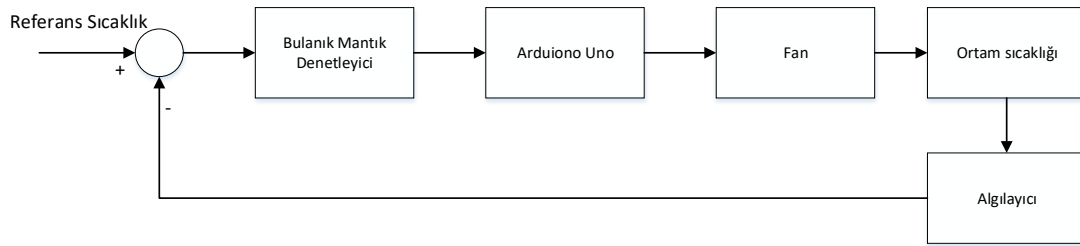
Abstract- In this study, Fuzzy Logic based temperature control implementation which keeps the temperature value at the desired reference level was performed. Arduino uno is used for the application. If the measured temperature is higher than the given reference value, the controller generates an output according to the error. Pulse Width Modulation (PWM) obtains the fan to run quickly or slowly for reaching the reference temperature value.

Key Words- Fuzzy Logic, Arduino uno, PWM

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yapay zekanın temel amaçlarından biri bilgisayarları insan gibi düşünür, karar verebilir hale getirebilmektir [1]. Bulanık Mantık da yapay zeka alanlarından biridir. Bulanık Mantık (BM), insanların tecrübelerinden yararlanarak, elde ettiği değerleri belirli algoritmalar ile işleyip, oluşturulan kurala bağlı olarak belirli matematiksel fonksiyonlar ile sonuç çıkarılmasıdır [2]. BM ile kontrol tekniğinin ilk uygulaması ise 1974 yılında Mamdani tarafından buhar makinesine uygulanmıştır. Tarihteki ilk endüstriyel bulanık mantık uygulama ise Danimarka'da ki bir çimento fabrikasının fırın denetimi için uygulanmıştır [3]. Günümüzde BM, fotoğraf makinesi, çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, klima, otomotiv teknolojisi, çevre mühendisliği gibi alanlarda oldukça geniş bir uygulama alanı bulmaktadır [4,5].

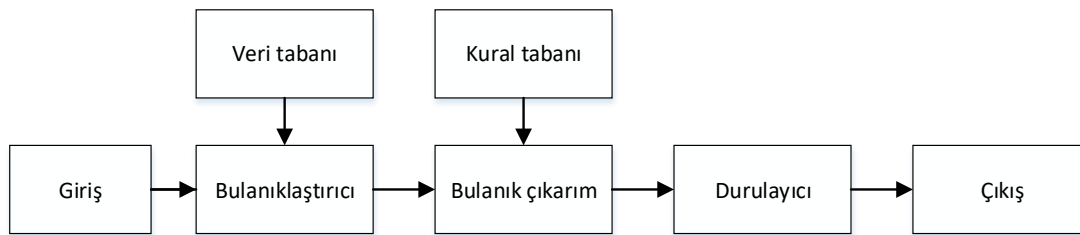
BM denetim uygulamalarında, günlük konuşma cümleleri, veri tabanı içerisinde bulanık kontrol kuralları olarak yerini alırlar. Bulanık kurallar kolayca programlanabilir bir yapıdadır. if (koşul) then (sonuç) yapısı ile birçok mühendislik kuralı formülize edilebilmektedir [6]. Bulanık Mantık mühendislik problemlerinin çözümünde aktif olarak kullanılmaktadır. Gerçekleştirilen çalışmada, Bulanık Mantık yöntemiyle ortam sıcaklığı denetlenmiştir. Tasarlanan sistem, belli bir sıcaklıkta tutmak istediğimiz ortamı algılayıcıdan gelen değere göre referans sıcaklık değerine çekmeye çalışacaktır. Gerçekleştirilen bu çalışma soğutma ilkesine dayanarak yapılmıştır. Ortam sıcaklığının 10 0C ile 25 0C arasında olmasını ve belirlenen referans değerinin üstünde bir ısınma olduğunda soğutma sistemi devreye girecektir. Çalışma arduino uno kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Planlanan çalışmanın genel yapısı Şekil 1’de verilmiştir. Şekil 1’den görüldüğü üzere, Matlab-BM araç kutusu kullanılarak denetleyici oluşturulmuştur. Denetleyici yapısı Arduino uno işlemcisine aktarılmıştır. Elde edilen çıkış fana uygulanarak sıcaklık durumuna göre fanın hızlı yada yavaş çalışması sağlanır. Fanın hızlı yada yavaş çalışması hata değerine bağlıdır. Artan ortam sıcaklığı, arzu edilen sıcaklık değerine çekilerek endüstriyel ortam yada günlük yaşamımızda aşırı sıcaklığın neden olabileceği olumsuz etkiler ortadan kaldırılmış olacaktır. Sistemde fan yerine klima gibi farklı yapılarda kullanılabilir. Burada amaç soğutma sistemleri için temel bir yapı oluşturmaktır. Sistemi istenilen amaca uygun olarak geliştirmek mümkündür [7].



Şekil 1. Bulanık Mantık Tabanlı Sıcaklık Denetim yapısı

2. YÖNTEM (METHOD)

Kontrol alanında BM uygulaması oldukça popülerdir. Çünkü geleneksel denetimin gerek duyduğu uygun matematiksel modele ihtiyaç duymamaktadır [8]. Şekil 2’de Bulanık Mantık denetleyici genel yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2. Bulanık Mantık denetleyici genel yapısı

Bulanıklaştırıcı, bulanık çıkarım, durulayıcı temel işlemlerinden oluşmaktadır. Bulanıklaştırıcı, kendisine uygulanan kesin girişleri bulanıklaştırır. Bulanıklaştırıcı kesin değerleri, tanımlı çok soğuk, az soğuk, normal, sıcak gibi bulanık kümelerde bir üyeliğe sahip olup olmadığını inceler. Bir üyeliğe sahipse bulanık kural işleme birimine gönderilirler ve If .. then.. else işlemi uygulanır. İşlem sonucunda bulanık bir çıkış elde edilir. Bulanık çıkarım, girdilerden çıktığı elde etme işlemidir. Bir çok bulanık çıkarım yöntemi vardır. Min bulanık çıkarım yöntemi çalışmada

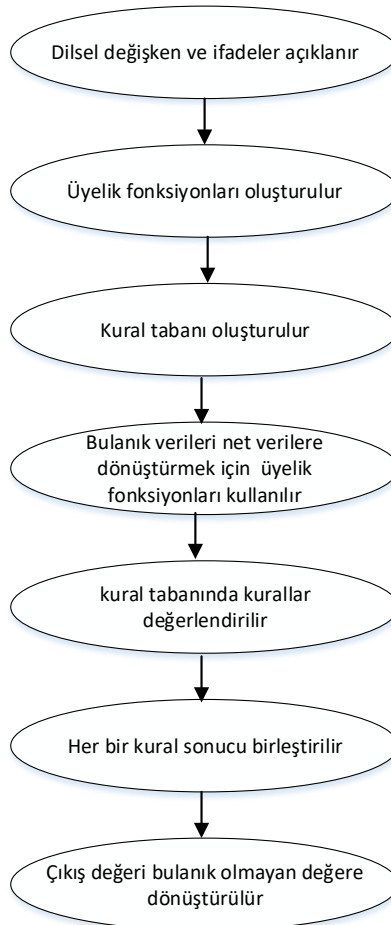
kullanılmıştır. Durulayıcı biriminde elde edilen kural sonuçları değerlendirilir ve kesin bir sonuca döndürülür. Bu birimde kullanılan çok farklı teknikler bulunmaktadır. Bunlar; alanların merkezi yöntemi (COA), iki bölge yöntemi (BOA), maksimum ortalaması (MAM), Sugeno, Tsukamoto bulanık modelleri sayılabilir [9]. Durulama işlemi için eğriler altında kalan alanın ağırlık merkezini bulma amaçlı kullanılan centroid yöntemi kullanılmıştır. Center of average ve Center of gravity yöntemlerinin durulama işleminin matematiksel ifadesi sırasıyla denklem (1-2) de verilmiştir [10].

$$y^* = \frac{\sum_{l=1}^M y^{-l} w_l}{\sum_{l=1}^M w_l} \quad (1)$$

$$y^* = \frac{\int_v y \mu_{B'}(y) dy}{\int_v \mu_{B'}(y) dy} \quad (2)$$

M üyelik fonksiyonlarını, y^* durulanmış değeri, w_l üyelik fonksiyonlarının maksimum değerini, y_l ise üyelik fonksiyonlarının merkezini göstermektedir [10].

Bulanık Mantık denetim yapısının akış şeması Şekil 3’de verilmiştir. Şekil 3’de görüldüğü üzere dilsel değişken ve ifadeler açıklanır, üyelik fonksiyonları oluşturulur, kural tabanı oluşturulur, bulanık verileri net verilere dönüştürmek için üyelik fonksiyonları kullanılır, kural tabanında kurallar değerlendirilir, Her bir kural sonucu birleştirilir, Çıkış değeri bulanık olmayan değere dönüştürülür



Şekil 3. Bulanık Mantık akış şeması

Her bir kural sonucu birleştirilir ve çıkış değeri bulanık olmayan değere dönüştürülür. Şekil 4’de BM için oluşturulmuş kural tabanı görülmektedir.

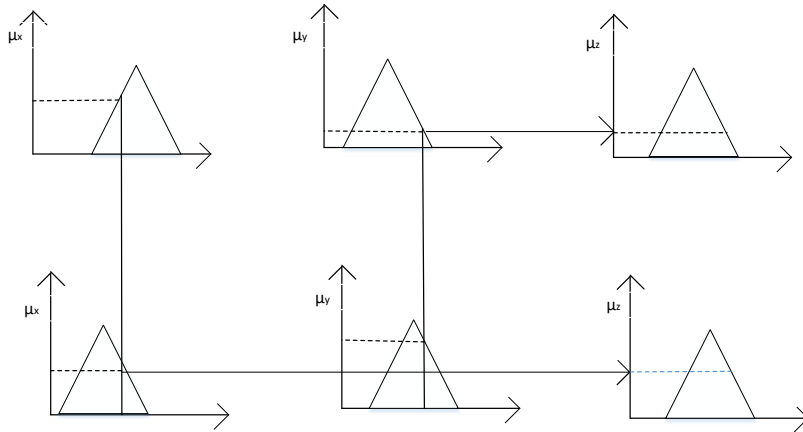
1. If (Istenilen is ÇokSoguk) and (Ortam is ÇokSıcak) then (cikis is ÇokHızlı) (1)
2. If (Istenilen is ÇokSoguk) and (Ortam is Sıcak) then (cikis is ÇokHızlı) (1)
3. If (Istenilen is ÇokSoguk) and (Ortam is AzSıcak) then (cikis is Hızlı) (1)
4. If (Istenilen is ÇokSoguk) and (Ortam is Normal) then (cikis is Normal) (1)
5. If (Istenilen is Soguk) and (Ortam is ÇokSıcak) then (cikis is ÇokHızlı) (1)
6. If (Istenilen is Soguk) and (Ortam is Sıcak) then (cikis is Hızlı) (1)
7. If (Istenilen is Soguk) and (Ortam is AzSıcak) then (cikis is Normal) (1)
8. If (Istenilen is Soguk) and (Ortam is Normal) then (cikis is Normal) (1)
9. If (Istenilen is AzSoguk) and (Ortam is ÇokSıcak) then (cikis is Hızlı) (1)
10. If (Istenilen is AzSoguk) and (Ortam is Sıcak) then (cikis is Hızlı) (1)
11. If (Istenilen is AzSoguk) and (Ortam is AzSıcak) then (cikis is Normal) (1)
12. If (Istenilen is AzSoguk) and (Ortam is Normal) then (cikis is Yavaş) (1)
13. If (Istenilen is Normal) and (Ortam is ÇokSıcak) then (cikis is Hızlı) (1)
14. If (Istenilen is Normal) and (Ortam is Normal) then (cikis is Yavaş) (1)

Şekil 4. Matlab-BM araç kutusu kural tabanı

Çalışmada Matlab-Bulanık Mantık araç kutusu kullanılmıştır. İki giriş ve bir çıkışı vardır. Tasarlanan denetleyicinin özellikleri Tablo 1’ de verilmiştir. Mamdani yönteminin yapısı şekil 5’de verilmiştir. Mamdani çıkarım yönteminde bulanıklaştırma biriminden gelen üyelik seviyeleri minimum ilişki operatörü kullanılarak çıkış üyelik fonksiyonu ile ilişkilendirilmektedir [12]. Mamdani bulanık çıkarım yöntem yapısı şekil 5’te verilmiştir [12].

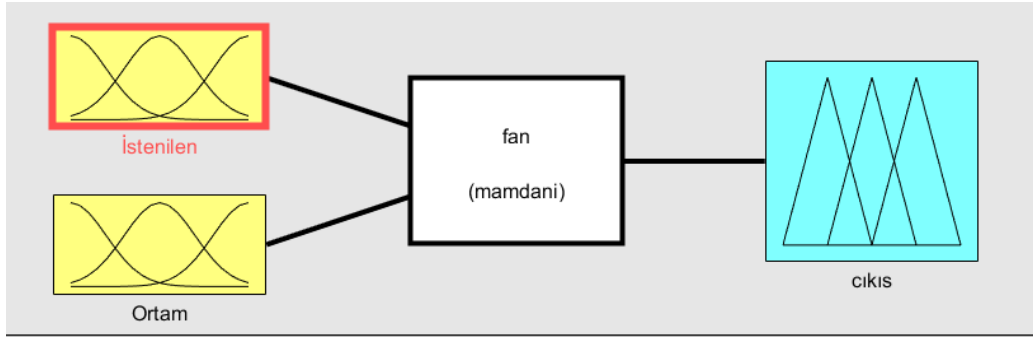
Tablo 1. Denetleyici özellikleri (Controller features)

| Denetleyici tipi | Mamdani |
|------------------|----------|
| Ve yöntemi | Min |
| Veya yöntemi | Max |
| Çıkarım | Min |
| Durulama yöntemi | Centroid |



Şekil 5. Mamdani bulanık çıkarım genel yapısı

Denetleyicinin giriş ve çıkış değişkenleri belirlenir. Değişkenler için ifade kümeleri oluşturulur. Az sıcak, çok sıcak vb. ifade kümeleri seçildikten sonra kural tabanındaki kurallar ile giriş ve çıkış arasındaki ilişki sağlanır. Şekil 6’da sistem için oluşturulan Bulanık Mantık denetleyici yapısı görülmektedir.

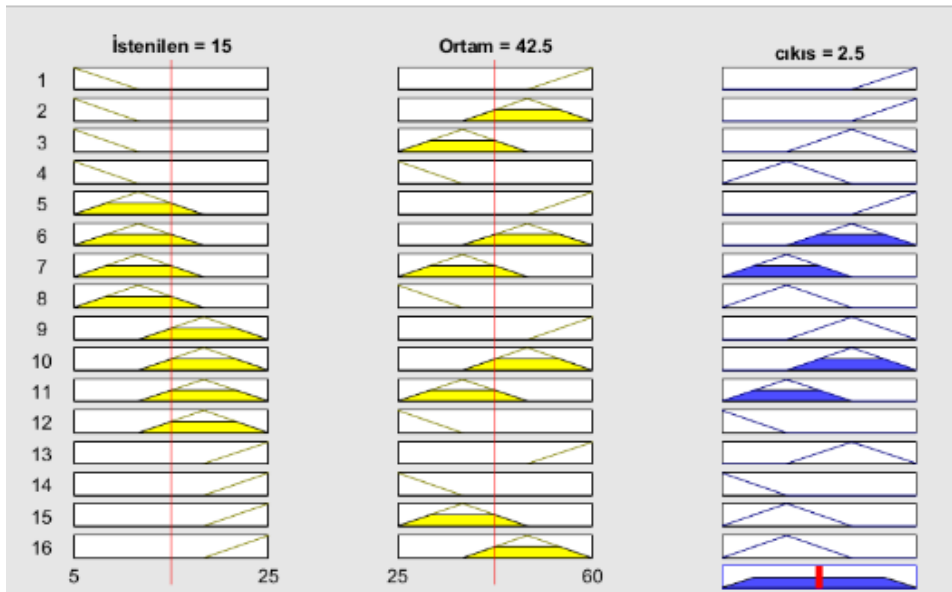


Şekil 6. Sistemin BM denetleyici yapısı

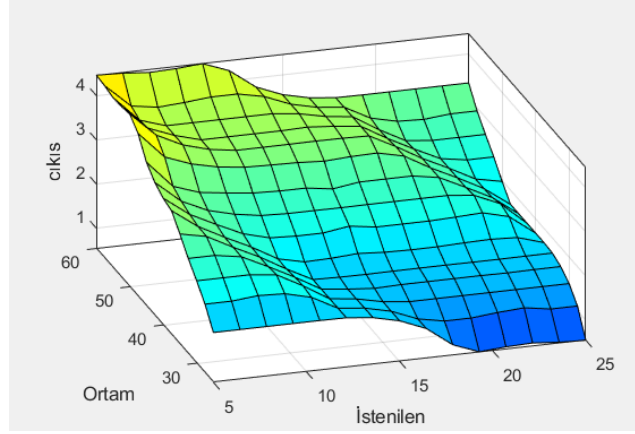
İstenilen sıcaklık için çok soğuk, soğuk, az soğuk, ve normal olarak ifade kümeleri belirlenmiştir. Ortam sıcaklığı ise normal, az sıcak, sıcak, ve çok sıcak olarak tanımlanmıştır. Çıkış ise yavaş, normal, hızlı, çok hızlı olarak üyelik fonksiyonları ile tanımlanmıştır. Bulanık kümeleri karakterize eden farklı üyelik fonksiyonları vardır. Bunlar; üçgen, yamuk, çan eğrisi, Gaussian, sigmoid fonksiyonlardır. Uygulamalarda en fazla üçgen ve yamuk olanı kullanılır [13]. Bir üçgen üyelik fonksiyonu üç parametre ile tanımlanmaktadır. Üçgen üyelik fonksiyon ifadesi denklem 3'de verilmiştir [13].

$$\mu_A(x; a_1, a_2, a_3) = \begin{cases} a_1 \leq x \leq a_2 \text{ ise } (x - a_1)/(a_2 - a_1) \\ a_2 \leq x \leq a_3 \text{ ise } (a_3 - x)/(a_3 - a_2) \\ x > a_3 \text{ veya } x < a_1 \text{ ise } 0 \end{cases} \quad (3)$$

Şekil 7'de Kural tablosu ile üyelik fonksiyonları arasındaki ilişki gösterilmiştir. Denetleyicinin yüzey görüntüsü Şekil 8'de sunulmuştur.



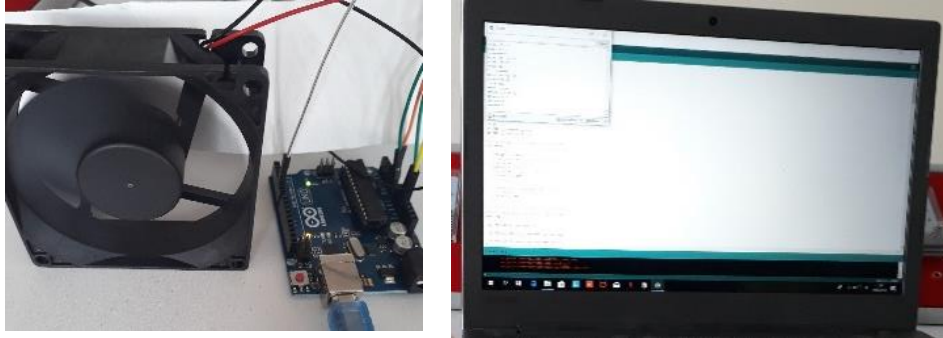
Şekil 7. Kural tablosu ile üyelik fonksiyonları arasındaki ilişki



Şekil 8. BM denetleyici yüzey görüntüsü

3. BULGULAR (FINDINGS)

Bulanık Mantık Denetleyici, ortam sıcaklık değeri ile referans sıcaklık değerini kıyaslayarak hatayı hesaplar. Bulanıklaştırıcı, kural tabanı ve durulama işlemleri ile denetleyici çıkışı hesaplanır. Arduino üzerinden uygun DGM değeri fana uygulanır. Arduino Uno modülündeki DGM pinleri kullanılarak analogWrite () fonksiyonu ile 8-bit DGM sinyali sağlanır. Çalışmada giriş değerleri değiştikçe BM kurallarımıza göre çıkış değeride değişecek ve kare dalganın görev döngü oranı (Duty Cycle) değişecektir. Görev Döngü oranına göre çıkış gerilimi değişecektir. Buna bağlı olarak fana uygulanan gerilim değişecek doğal olarak fanın dönme hızıda değişecektir. Gerçekleştirilen sistemin genel görüntüsü şekil 9’da sunulmuştur.



Şekil 9. Bulanık Mantık tabanlı sıcaklık denetim

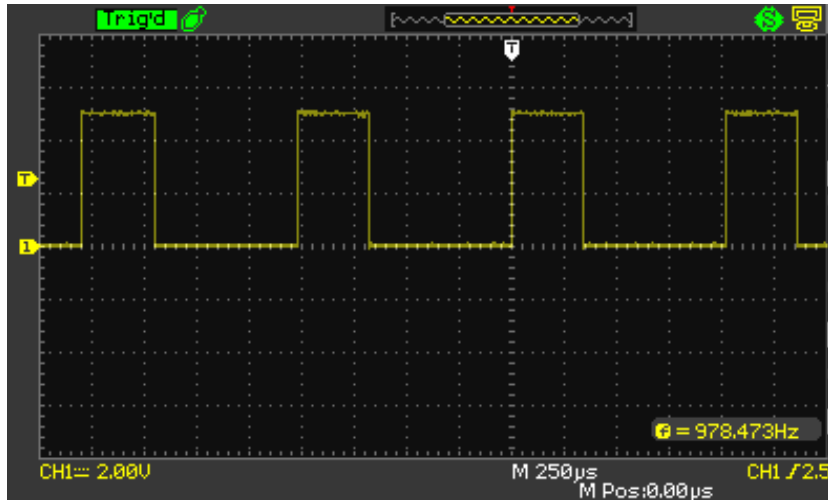
Tablo 2’de gerçek zamanlı sistemin ölçüm sonuçları görülmektedir. Sonuçlardan görüldüğü üzere referans sıcaklık ile ortam sıcaklığı arasındaki hata azaldıkça çıkış değerimizde azalmaktadır. Bu durum fanın yavaşladığını göstermektedir. Çıkış değerinin yüksek olması ise fanın hızlandığını göstermektedir. Ortam çok sıcak olduğunda fan hızlı dönerek ortamı soğutmaya çalışacaktır.

Tablo 2. Ölçüm sonuçları (Measurement results)

| Referans sıcaklık (°C) | Ortam sıcaklığı (Potansiyometre ile ayarlanmıştır) (°C) | Çıkış (V) |
|------------------------|---------------------------------------------------------|-----------|
| 25 | 30 | 1.42 |
| 25 | 40 | 1.67 |
| 25 | 50 | 1.97 |
| 25 | 60 | 3.33 |
| 20 | 40 | 2.21 |
| 20 | 30 | 1.39 |
| 20 | 27 | 1.04 |
| 20 | 20 | 0.61 |

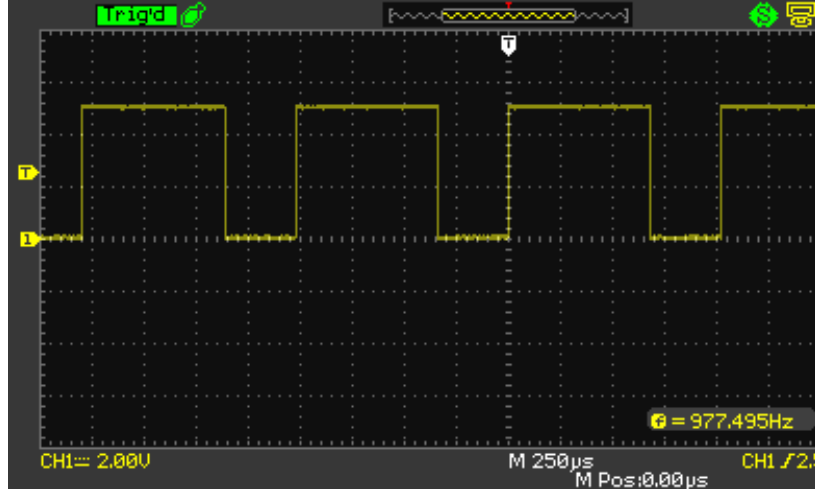
Şekil 10’da sistemin, referans ve ortam sıcaklığı sırasıyla 22°C ve 32°C durumuna göre darbe genişlik modülasyon osilaskop görüntüsü verilmiştir. Görev döngüsü %32 hesaplanmıştır. Denklem (4)’de gösterilen işlem ile görev döngü oranı hesaplanmıştır. T, periyodu ifade etmektedir. Ton ise işaretin 1 olduğu periyot süresini ifade etmektedir.

$$\%Görev Döngüsü = (Ton/T)*100 \quad (4)$$



Şekil 10. Darbe Genişlik Modülasyon görüntüsü

Şekil 11’de sistemin referans ve ortam sıcaklığı sırasıyla 22°C ve 53°C durumuna göre Darbe Genişlik Modülasyon osilaskop görüntüsü verilmiştir. Hesaplanan görev döngüsü %65 olarak hesaplanmıştır



Şekil 11. Darbe Genişlik Modülasyon görüntüsü

Yukarıdaki şekillerden görüldüğü üzere ortam sıcaklığı ile referans sıcaklık arasındaki hata durumuna göre fan hızlı/yavaş dönmektedir. Şekil 10'da hata oranı (ortam sıcaklığı-referans sıcaklık) şekil 11'e göre daha düşüktür. Bu nedenle fanın daha yavaş döndüğü, Şekil 11'de ise daha hızlı döndüğü görülmektedir.

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Çalışmada ortam sıcaklığını istenilen referans düzeyinde tutan Bulanık Mantık tabanlı sıcaklık denetim gerçekleştirilmiştir. Çalışma arduino uno üzerinden gerçekleştirilmiştir. Ortam sıcaklığı, verilen referans değer üzerinde ise denetleyici aradaki hataya göre çıkış üreterek fanın veya klimanın hızlı/yavaş çalışmasını sağlayarak referans değere ulaşmayı sağlar. Çalışmadan elde edilen sonuçlardan da görüldüğü üzere ortam sıcaklığının referans sıcaklık değerine darbe genişlik modülasyonu tekniği ve bulanık mantık denetleyici ile ulaştığı görülmektedir. Sıcaklık değerinin önem arz ettiği yeni doğan üniteleri, yoğun bakım gibi sağlık sektörü, endüstriyel sistemler veya günlük yaşamımızda önem arz eden noktalarda bu gibi yapılar kullanılabilir.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Kayıkçı, Ş., (2019) "A Convolutional Neural Network Model Implementation for Speech Recognition." *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* 7.3: 1892-1898.
- [2] M. Keskenler, E. Keskenler, "Bulanık Mantığın Tarihi Gelişimi". *Takvim-i Vekayi* cilt 5, No. 1, pp. 1-10, 2017.
- [3] E. Çınar, H. Ulaş, M. Bilgin, (2014) "Hidrolik Silindirin Bulanık Mantık Yöntemi İle Konum Kontrolü". *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi* 30, pp. 214-219.
- [4] Yalcuk A., Postalcioglu S., (2015) Evaluation of pool water quality of trout farms by fuzzy logic: monitoring of pool water quality for trout farms. *International Journal of Environmental Science and Technology*, Volume 12, Issue 5, pp 1503-1514. DOI: 10.1007/s13762-014-0536-9.
- [5] Dogdu G., Yalcuk A., Postalcioglu S., (2017) Application of the removal of pollutants from textile industry wastewater in constructed wetlands using fuzzy logic. , *Journal of Environmental Technology*, Volume 38, Issue 4 pp:443-455. DOI: 10.1080/09593330.2016.1196741

- [6] A.O. Özkan, N. Allahverdi, (2010) “Bulanık Mantıkla Sıcaklık ve Nemin Kontrolü ve Sistemin Gerçekleştirilmesi”, *Selçuk-Teknik Dergisi*, Cilt 9, Sayı:1, pp.52-66.
- [7] Postalcioglu, S , Kurt, İ . (2018) “Web Tabanlı Sıcaklık Takip Sistemi”, *Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2 (1), 56-63.
- [8] F. Chabni, R. Taleb, A. Benbouali, M. A. Bouthiba (2016) “The Application of Fuzzy Control in Water Tank Level Using Arduino”, *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, Vol. 7, No. 4,pp.261-265.
- [9] İ.,H. Altaş (1999)“Bulanık Mantık: Bulanık Denetim”, *Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e*, Sayı 64, Sayfalar:76-81, Bilesim Yayıncılık A. Ş., İstanbul, Eylül 1999.
- [10] M. Alcı, E. Karatepe, *Bulanık Mantık ve Matlab Uygulamaları*, pp.1-11.
- [11] P. Singhala, D. N. Shah, B. Patel (2014) “Temperature Control using Fuzzy Logic”, *International Journal of Instrumentation and Control Systems (IJICS)* Vol.4, No.1, pp.1-10.
- [12] S. Ünsal and İ. Alişkan (2016) "Performance analysis of fuzzy logic controllers having Mamdani and Takagi-Sugeno inference methods by using unique software and toolbox," *2016 National Conference on Electrical, Electronics and Biomedical Engineering (ELECO)*, Bursa, , pp. 237-241, 2016.
- [13] Ş.Yıldız, ve Kışoğlu, S.(2011)“Bulanık Mantık Yaklaşımı ile Hazır Giyimde Beden Numarası Belirleme”, *e-Journal of New World Sciences Academy Vocational Education*, 2C0031, 6, (1), pp.12-22.