

Bulanık mantık ve PIC kullanılarak bir klima sisteminin kontrolü

Hande ERKAYMAZ^{1*} & İbrahim ÇAYIROĞLU¹

¹Karabük Üniversitesi T.E.F. Elekt. ve Bilg. Eğt. Böl, KARABÜK. (* Sorumlu yazar e-mail: herkaymaz@karabuk.edu.tr)

Özet: Bu çalışmada, bulanık mantık sistemi ile PIC programlanarak, bir klima sisteminin kontrolü yapılmıştır. Sistem bulunduğu ortamın sıcaklığını 19 - 23 °C arasında tutmaktadır. Giriş değişkenleri olarak nem ve sıcaklık değerleri dış ortamdan SHT11 sensörü ile alınmakta ve bulanık mantık sistemi ile programlanmış olan PIC 16F876'ya aktarılmaktadır. Çıktı değerlerine bağlı olarak ısıtıcı yada soğutucu fanlar gerekli iklimlendirmeyi sağlayacak şekilde çalıştırılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Mantık, iklimlendirme, klima, PIC

Control of an air conditional system with fuzzy logic and PIC using

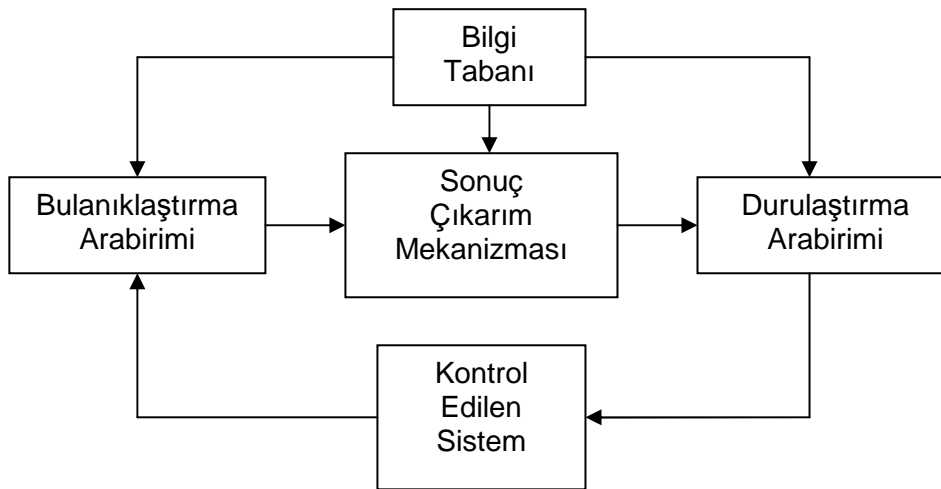
Abstract: In this study an air conditioner system was put into practice as programming PIC by fuzzy logic system. The system keeps temperature of atmosphere between 19 – 23 °C. As input variable damp and heat values are taken by sensor called SHT11 and they are transmitted to PIC 16F876 which programmed by fuzzy logic system. Heater and cooler fans work as required climate

Keywords: Fuzzy logic, climate, air conditional, PIC

Giriş

Klasik kontrol sistem tasarımındaki ilk adım, kontrol edilecek sistemin transfer fonksiyonunun tam olarak elde edilmesidir. Başka bir deyişle matematiksel modelinin oluşturulmasıdır. Ayrıca uygun ve etkin bir kontrol sağlamak için sistem parametrelerinin zamanla değişmemesi istenir. Fakat uygulamadaki sistemlerin pek çoğu bilinmeyen parametrelere veya kompleks ve lineer olmayan karakteristiklere sahiptirler. Gerçi sistem parametrelerinin değiştiği veya sistemde lineerlikten sapma olduğu durumlar için adaptif kontrol yöntemleri geliştirilmiştir; fakat bu tip kontrol sistemleri genellikle kompleks olmaları ve hesaplamalarda uzun zaman almaları sebebiyle gerçek zaman uygulamalarında sorunlar çıkarmaktadır. Bu tip uygulamalarda, uygulama alanındaki uzman kişilerin bilgisi klasik kontrol sistemlerinden daha faydalı ve etkili olabilmektedir.

Bu yüzden insan düşünme yeteneğini ve bilgisini kontrol sisteminin içine sokabilecek bir kontrol yöntemi olan Bulanık Mantık Denetleyicisi (Fuzzy Logic Controller, FLC) iyi bir çözüm olabilmektedir. Bulanık mantık yaklaşımı, makinelerle insanların özel verilerini işleyebilme ve onların deneyimlerinden ve önsözlerinden yararlanarak çalışabilme yeteneği verir. Bu yeteneği kazandırırken sayısal ifadeler yerine sembolik ifadeler kullanılır. İşte bu sembolik ifadelerin makinelerle aktarılması matematiksel bir temele dayanır. Bulanık mantık, klasik mantığın aksine iki seviyeli değil, çok seviyeli işlemleri kullanmaktadır (Elmas, 2003). Temel olarak FLC sistemleri Şekil 1'de görüldüğü gibi dört temel arabirimden oluşur.



Şekil 1. Bulanık Mantık Denetleyicinin blok diyagramı

Burada bilgi tabanı; uygulanacak olan sistemin değişkenlerini ve bu değişkenler hakkındaki bilgileri içerir. Bulanıklaştırma arabirimi, gelen bilgilerin dilsel niteleyicilere

dönüştürüldüğü bölümdür. Sonuç çıkarım mekanizması, giriş ve çıkış bulanık değerlerinin incelenerek bulanık kontrol kurallarının değerlendirildiği bölümdür. Durulaştırma arabirimi ise bulanık değerlerin sayısal değerlere dönüştüğü bölümdür.

Günümüzde çevremizdeki bir çok kontrol işlemleri, mikroişlemci yada mikro denetleyiciler tarafından yapılmaktadır. Mikroişlemciler işlemleri gerçekleştirebilmek için birçok çevresel birim elemanına (I/O, RAM gibi) gerek duymaktadırlar. Mikrodenetleyiciler (Peripheral Interface Controller, PIC) ise I/O, RAM gibi gerekli ünitelerin hepsinin tek bir chip içerisinde üretilmiş biçimindedir.

Yapılan bu çalışmada bulanık mantıkla çalışan bir klima kontrol devresi hazırlanmıştır. Devrede kontrol PIC ile sağlanmıştır. Dışarıdan nem ve sıcaklık SHT11 sensörü ile alınmakta ve bu giriş değerlerine bağlı olarak soğutucu ve ısıtıcı fanlardan uygun olan seçilip gerekli devirde çalışmaları sağlanmaktadır. Sistem gerçek bir klima sistemine adapte edilebilecek şekilde düşünülmüş olup, başlangıç set değerleri yaklaşık olarak alınmıştır. Kontrol devresi gerçek bir klima sistemine bağlandığında bu set değerleri ayarlanabilmektedir.

Literatür Taraması

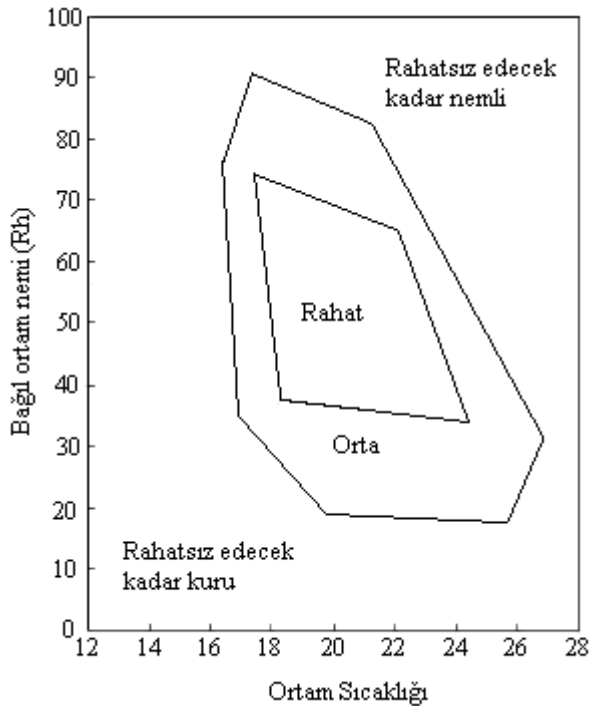
Bulanık mantık, iklimlendirme sistemlerine çok sayıda uygulanmış olup bu kontrol sisteminin PIC'le kontrol edilmesi üzerine daha az sayıda çalışma yapılmıştır.

Özek ve Sinecen bulanık mantık ile bir klima kontrol sistemi tasarlamıştır. Yapılan kontrol sistemi hazırlanan bir bilgisayar programı ile simule edilmiştir (Özek&Sinecen, 2004). Egilegor ve Uribe ortamın iklimlendirme şartlarını kontrol etmek için üç tane simulasyon yapıp bunları karşılaştırmışlardır. Bu kontrol tipleri; normal termostatik kontrol, bulanık mantık kontrolü, yapay sinir ağları adapte edilmiş bulanık mantık kontrolleridir (Egilegor&Uribe, 1997). Bir başka çalışmada, bir test odasında aydınlatma ve sıcaklık derecesini bulanık mantıkla kontrol eden bir sistem gerçekleştirilmiştir (Lah. ve diğ., 2004). Amaç binanın termal ve görsel durumunun kontrol edilen enerji ile uyumluluğunu sağlamaktır. Benzer bir çalışmada (Dounis&Manolakis,2000) sıcaklığın bulanık mantıkla kontrol edilen bir sistem tasarlarken, Chena ve diğ., (2005) klimalı odalardaki sıcaklığın bulanık regresyon analizini yapmışlardır. Farklı bir çalışmada bulanık kural tabanlı bir uzman sistem geliştirilmiştir. Vücut sıcaklığının kontrol edildiği bu sistemde insan vücudu bir bulanık mantık kontrolcüsü olarak düşünülmüştür. Bu sistemde insan sıcaklığı üzerinde çalışılmıştır (Duan, 1999). Diğer bir çalışmada binalardaki sıcaklık ve havalandırma için

bulanık denetleyici tasarlamıştır. Tasarım esnasında ölçüm yerinden alınan değerler bulanık mantık kontrolcüsüne aktarılmıştır (Michel&El-khoury, 2006). Zupančič ve diğ., (2005) test odasındaki sıcaklığın gelişmiş bulanık kontrolünü yapmışlardır. Sistemin matematiksel modeli çıkarılarak MATLAB programına aktarılmıştır. Şenol bir bulanık mantık kontrolcüsü tasarlamıştır. Çalıştığı su ısıtıcı sistemde hem sıcaklık hem de su yüksekliğini kontrol etmiştir (Şenol, 2000). Diğer bir çalışmada bir klima sisteminin bulanık mantık ile denetleyen bir sistem tasarlanmıştır. Bu çalışmada matematiksel modeli zor ve karmaşık olan bir sistem modellemiştir (Özek&Sinecan, 2003).

Sistem Modellemesi

Bir klima tesisatında oda sıcaklığı ve nemin tam olarak kontrol edilmesi hedefinin yanı sıra giren hava sıcaklığının en az 19 °C olması ve giren hava neminin % 80'i aşmaması garantiye alınmalıdır (Şekil 2) [12]. Bu ise çoğu zaman oda havası ile dış ortamdaki alınan hava komuta edilerek gerçekleştirilir.



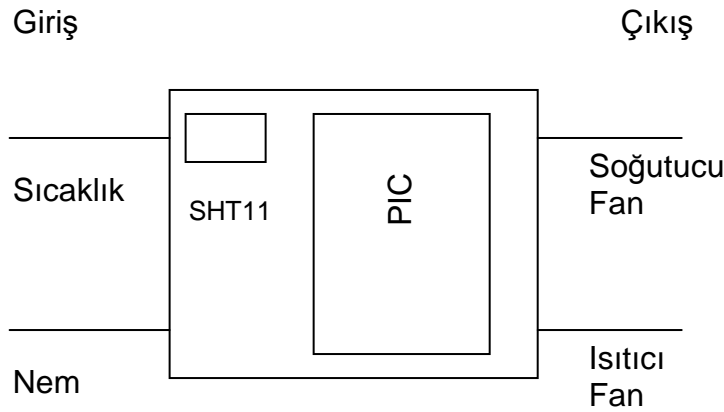
Şekil 2. İyi bir ortam havası için konfor şartları.

Bir klima tesisatında konfor şartlarını elde etmek için karıştırıcı, dış havayı oda havasının bir kısmıyla karıştırarak tekrar ortama verir. Kullanılan soğutucu kısım sayesinde düşük hava sıcaklığı istendiğinde giren hava soğutulur ve aynı zamanda açığa çıkan fazla nem

alınır. Isıtıcı kısım sayesinde hava sıcaklığı istenilen değerlere çekilir fakat bu esnada kuruyan hava, nemlendirici sayesinde tekrar normal değerlere çıkarılır.

Kontrol sisteminin analitik yollarla matematiksel modelinin oluşturulması, nicelendirilmesi bir klima sistemi için zor ve karmaşıktır. Fakat bu sistemin kontrolü ve modellemesi bulanık mantık kullanarak oldukça kolaylaşmaktadır.

Bu çalışmada hazırlanan devre ile ortam sıcaklığının ve neminin ölçülmesinin ardından, bulanık mantık sistemiyle hesaplamalar yapılarak, ortamın durumuna göre ısıtıcı yada soğutucu sistemlerden hangisinin çalıştırılacağına karar verilmekte, çalıştırılacak sistemin hangi performansla çalıştırılacağı belirlenmekte ve kullanıcının hiç bir müdahalesine gerek duymadan tüm sistem kontrol edilmektedir. Burada geliştirilen kontrol devresi çıkışları ısıtıcıyı ve soğutucu kontrolünü simüle etmek üzere iki tane fana bağlanmıştır. Bu fanlar dışarıdan alınan sıcaklık ve nem değerlerine bağlı olarak kontrol edilmekte ve her türlü klima sisteminde de kullanılabilir. Şekil 3’de sistemin blok diyagramı Tablo 1’de ise sistemin giriş ve çıkış değer aralıkları verilmiştir. Buna göre sisteme girdi olarak alınan nem ve sıcaklık değerleri ne olursa olsun, ortamın sıcaklığı 19-23 °C arasında tutulmak üzere kontrol gerçekleştirilmektedir.



Şekil 3. Sistemin Blok Diyagramı

Tablo1. Giriş - Çıkış değişkenlerinin değer aralıkları

	Değişkenler	Değer Aralığı
Giriş	Sıcaklık	0 – 60 °C
	Nem	0 – 100 (%Rh)
Çıkış	Isıtıcı Fan	20 – 90 (devir/saniye)
	Soğutucu Fan	20 – 90 (devir/saniye)

Bulanık Mantık ile Modelleme

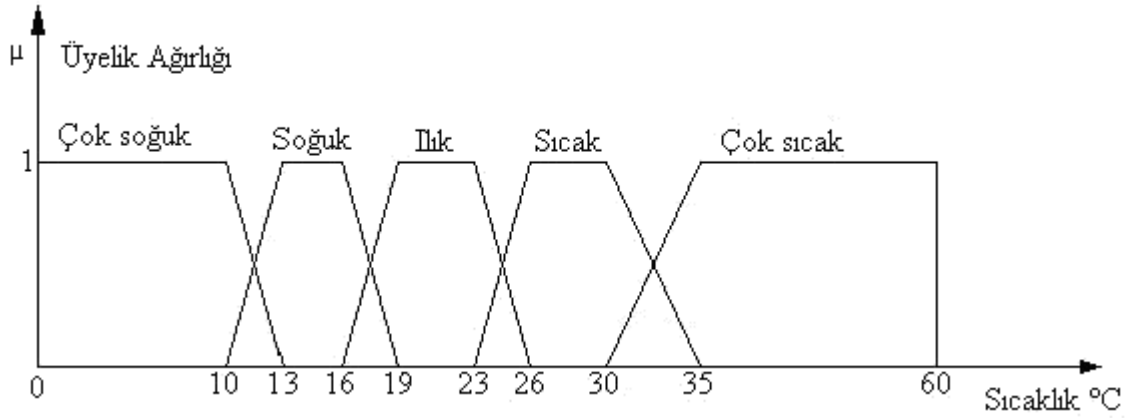
FLC' nin dayandığı bulanık küme teorisinde işlemler bulanık değerler üzerinde yapılmaktadır. Bu sebeple dış ortamdan ölçülen reel giriş değişkenlerini bulanık değişkenlere çeviren bulanıklaştırma arabirimi FLC' de önemli bir rol oynar ve ilk adımı teşkil eder.

Bu arabirimde gerçekleştirilen temel işlemler şunlardır: Kontrolü yapılan sistemden giriş değişkenlerinin gerçek zamanda ölçümlerinin alınması, eğer gerekliyse giriş değişkenlerini sabit bir sayıyla çarpmak ya da bölmek gibi işlemlerle ölçeklendirme yapılması, yine gerekliyse ve isteğe bağlı olarak seçilen dilsel uzayın kesikli hale dönüştürülmesi, ölçümü yapılan reel giriş değişkenlerinin her birisini o değişkene ait söylem uzayına göre dilsel değişkenlere dönüştürmek ve bunlara ait üyelik değerlerini bulmak sayılabilir.

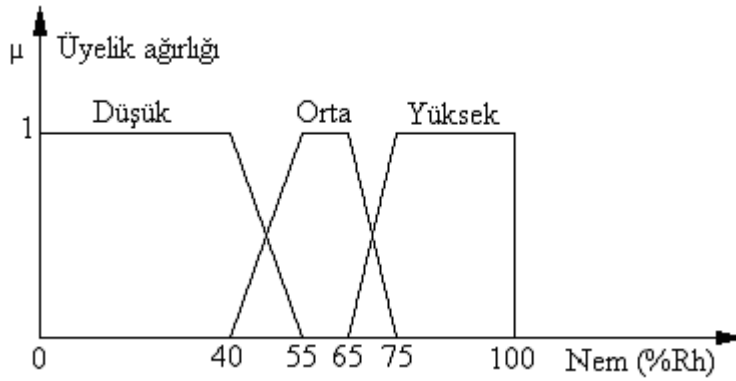
Sonuç olarak dilsel niteleyicisi ve üyelik değeri elde edilen her bir reel giriş değişkeni bulanık değişkenlere veya başka bir deyişle bulanık sayılara dönüştürülmüştür.

Her bir değişken için söylem uzayı değişkenin alabileceği maksimum ve minimum değerler arasını kapsar. Sonlu sınırlara sahip bu söylem uzayları sonlu sayıda dilsel değişkenlere ayrılır. Bu bölme işleminde kullanılan fonksiyonlara ise dilsel değişkenler kümesinin üyelik fonksiyonu denir. En çok kullanılan üyelik fonksiyonları üçgen, yamuk ve üstel fonksiyonlardır.

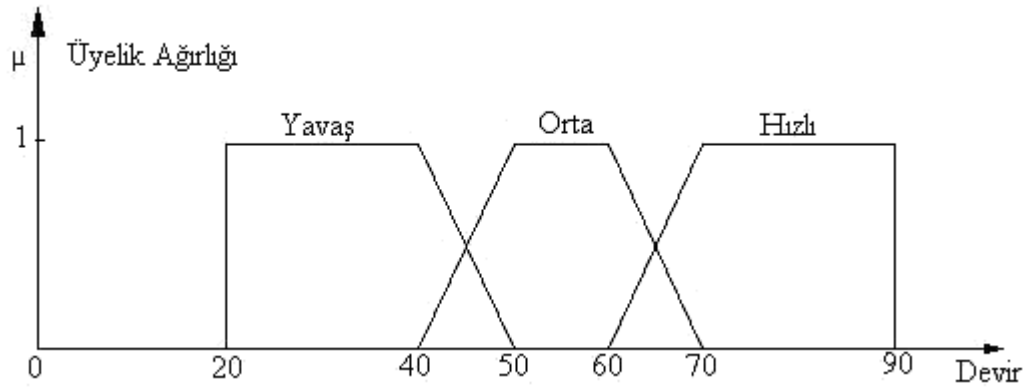
Çalışmanın bu aşamasında ortamın sıcaklık-nem değerleri ile ısıtıcı-soğutucu sistemlerin çalışma değerleri bulanıklaştırıldı (Şekil 4-6).



Şekil 4. Ortam sıcaklık üyelik fonksiyonu



Şekil 5. Nem üyelik fonksiyonu



Şekil 6. Isıtıcı-Soğutucu Fan üyelik fonksiyonu

Isıtıcı - soğutucu fanların sıcaklık ve nemin tüm olasılıkları göz önüne alınarak hangi koşulda, fanlardan hangisinin ve nasıl çalışacağı belirlendiği aşamadır. Sıcaklık ve nem değerlerine göre kural tabanı oluşturuldu (Tablo 2). Kural tabanı oluşturulurken dilsel ifadelerle fanların çalışma devirleri yavaş – normal - hızlı olarak ifade edilmiştir.

Tablo 2. Isıtıcı fan kural tabanı

		Sıcaklık		
		Çok soğuk	Soğuk	Ilık
Nem	Düşük	Hızlı	Hızlı	Normal
	Orta	Hızlı	Normal	Yavaş
	Yüksek	Hızlı	Normal	Yavaş

Tablo 3. Soğutucu fan kural tabanı

		Sıcaklık		
		Ilık	Sıcak	Çok sıcak
Nem	Düşük	Yavaş	Yavaş	Hızlı
	Orta	Normal	Normal	Hızlı
	Yüksek	Normal	Hızlı	Hızlı

Yukarıdaki çizelgelerden yola çıkarak IF - THEN yapısı aşağıdaki örnekteki gibi tüm olasılıklar için oluşturulmuştur. Bunlardan bir kaçısı şu şekildedir.

IF sıcaklık = çok soğuk AND nem = düşük THEN ısıtıcı fan = hızlı

IF sıcaklık = soğuk AND nem = yüksek THEN ısıtıcı fan = normal

IF sıcaklık = ılık AND nem = orta THEN ısıtıcı fan = yavaş

IF sıcaklık = ılık AND nem = düşük THEN soğutucu fan = yavaş

IF sıcaklık = sıcak AND nem = orta THEN soğutucu fan = hızlı

IF sıcaklık = çok sıcak AND nem = yüksek THEN soğutucu fan = hızlı

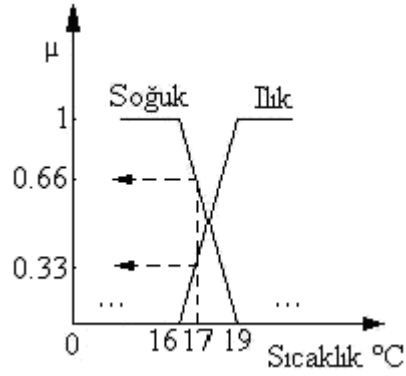
Yapılan çalışmanın kural tabanında oluşturulmuş her bir olasılık için ölçülen sıcaklık ve nem değerlerine göre çalışması gereken fanın seçimi ve fanın devir oranı hesaplanmaktadır. İlk olarak ölçülen değerler için bulanıklaştırma arabirimindeki sıcaklık ve nem üyelik fonksiyonlarına bakılarak ölçülen değerlerin dilsel karşılıkları bulunur.

Örnek olarak 17 °C lik sıcaklığa sahip bir odadaki bağıl nem oranı % 60 olsun. Buna göre soğutucu ve ısıtıcı fanların çalışma devirlerini bulalım. İlk olarak sıcaklık ve nem üyelik fonksiyonlarına bakılarak ölçülen değerlerin dilsel karşılıkları bulunur. 17 °C'lik sıcaklık için μ değeri (üyelik ağırlığı) hem Soğuk hem de Ilık üyelik fonksiyonlarına karşılık gelmektedir. % 60 Rh bağıl nem oranı için üyelik fonksiyonunda μ değeri Orta değerini almaktadır.

$$\text{Sıcaklık} \mu_{(\text{soğuk } 17^{\circ}\text{C})} = 0,66$$

$$\text{Sıcaklık} \mu_{(\text{ılık } 17^{\circ}\text{C})} = 0,33$$

$$\text{Nem } \mu_{(\text{orta } 60 \text{ rh})} = 1$$



Şekil 7. Sıcaklığa bağlı olarak üyelik ağırlık değerlerinin bulunması.

IF Sıcaklık = soğuk AND Nem = orta THEN ısıtıcı fan = Orta

IF Sıcaklık = ılık AND Nem = orta THEN ısıtıcı fan = Orta

$$\mu_{(\text{soğuk } 17^{\circ}\text{C})} = 0,66 \wedge \mu_{(\text{orta } 60 \text{ rh})} = 1 \rightarrow \mu_{(\text{ısıtıcı fan})} = 0,66$$

$$\mu_{(\text{soğuk } 17^{\circ}\text{C})} = 0,33 \wedge \mu_{(\text{orta } 60 \text{ rh})} = 1 \rightarrow \mu_{(\text{ısıtıcı fan})} = 0,33$$

Son olarak bulanık mantık denetleyicisinin durulaştırma işlemine tabi tutulur. Durulaştırma yöntemi olarak en yaygın kullanılan ağırlık merkezi yöntemi seçilmiştir. Ağırlık merkezi formülü şöyledir.

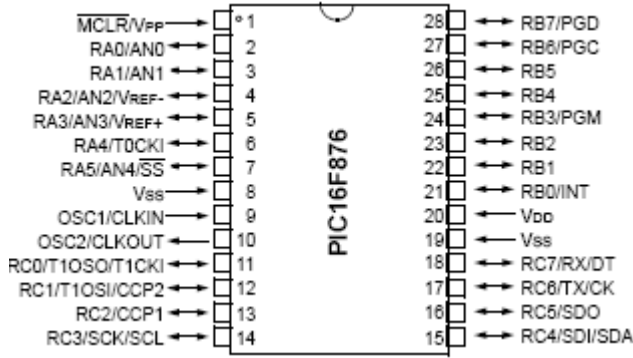
$$U^* = \frac{\sum \mu(u).u}{\sum \mu(U)}$$

Burada $\mu(u)$ üyelik derecesini, u ise grafikteki ağırlık merkezi değerini göstermektedir. Minimum kuralından 0,33 seçilmiştir. Buna göre fan devir oranı yüzde olarak aşağıdaki şekilde olmalıdır.

$$\text{Fan Devir Oranı (\%)} = \frac{0,33 \times 55}{0,33} = \%55 \text{ devir de çalışmalıdır.}$$

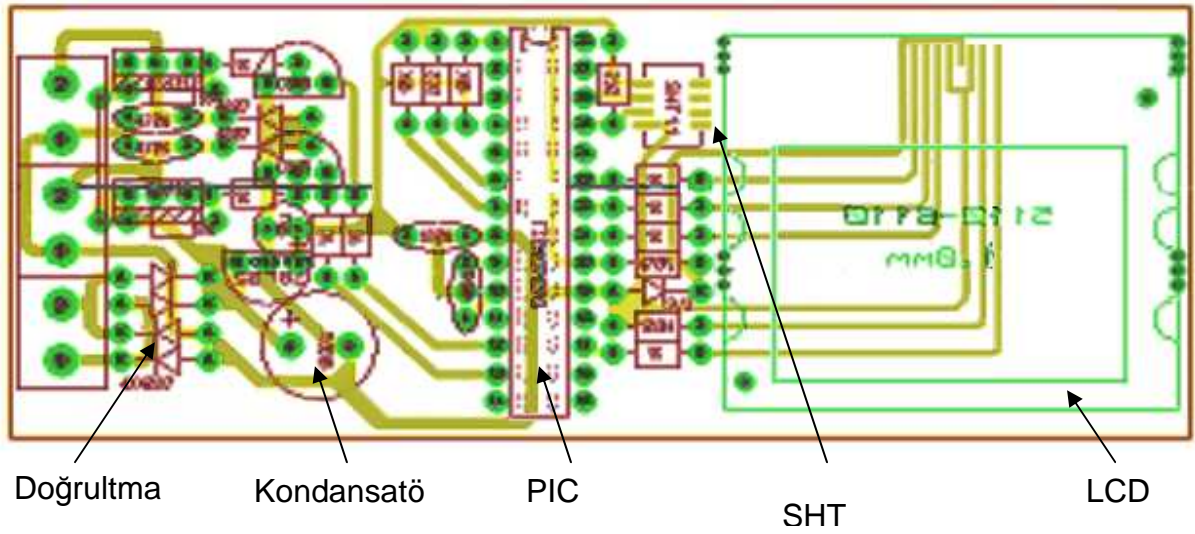
Sistemin PIC ile modellenmesi

Bulanık modelleme ile kontrolün sağlanabilmesi için kontrol devresinde PIC 16F876 kullanılmıştır. PIC' in bacak bağlantıları aşağıdaki Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. PIC 16F876' nın bacak bağlantıları

Devrede PIC'in 25 nolu pini SHT11' in data ucuna, 26 nolu pini SHT11' in Clock ucuna, 17 – 21 – 22 - 23 nolu pinleri ise 1 K Ω luk dirençlerle LCD ye, 12 - 13 pinleri PWM fan çıkışlarına, 6 - 7 nolu pinleri açık kollektör portlar olduklarından boşa tutmamak için güç kaynağına bağlanmıştır (Şekil 9).



Şekil 9. PIC kontrol devresinin şeması.

Devrenin yapımında şu elemanlar kullanılmıştır. 4 diyot ile oluşturulan tam dalga doğrultma devresi, 8 tane 1 K Ω ' luk direnç, 4 tane 10 K Ω ' luk direnç, 2 tane 2,2 K Ω ' luk direnç, 1 tane 78L05 entegre gerilim regülatörü, 1 tane SHT11, 1 tane PIC 16F876, 2 tane TIP 30 transistör, 1 tane 3V3 zener diyot, 4 X 4007 diyot, 3 tane 470 nF kondansatör 1000 μ F, 10 μ F, 100nF), 4 Mhz XTAL, 2 tane C945 NPN transistör , 2 tane fan, 1 tane LCD (5110 – 6110) ekran

Devreye girişte 12 V gerilim uygulanmaktadır. Tam dalga doğrultma devresi ile AC sinyal doğrultulmaktadır. PIC' in besleme gerilimi olan 5 V' u elde edebilmek için 78L05

entegre gerilim regülatörü kullanılmıştır. LCD ise 3 V ile çalıştığı için PIC' in 17, 21, 22, 23 nolu pinlerine 1 K Ω 'luk direnç bağlanarak 5V' luk gerilimin 3V' a düşmesi sağlanmıştır.

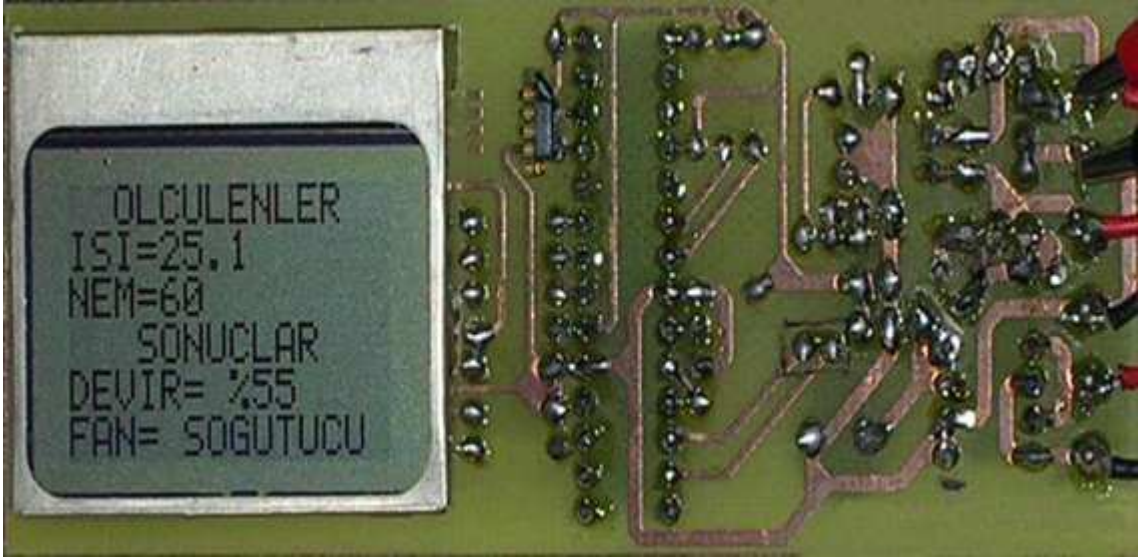
PIC 16F876' ya yazılan programın algoritması aşağıdaki gibidir.

1. Başlangıç
2. Mikrodenetleyici Tanımı
3. Değişkenlerin Tanımlanması
4. Fontların Ayarlanması
5. İç yazaçların Ayarlanması (Giriş / Çıkış yazaçlarının)
6. LCD Başlangıç Rutinleri
7. Açılış Ekranları (İlk 3 ekran karşılama 4. ekran program çıktısı)
8. SHT sensör başlangıç rutinleri
9. Main Döngü
10. SHT Sıcaklık Ölçümü
11. Ölçülen Sıcaklığın Bulanık Mantık Değişkenine Atılması
12. SHT Nem Ölçümü
13. Ölçülen Nemin Bulanık Mantık Değişkenine Atılması
14. Bulanık Mantık Hesaplama Sonuçlarının Değişkenlere Atılması
15. 5 Saniye Bekleme
16. 4. Ekran Başlangıcı (Ölçülen Değerler, Sıcaklık - Nem, Sonuçlar, Devir - Fan)
17. PWM Başlangıç Rutinleri
18. Başlangıca git
19. Bitiş

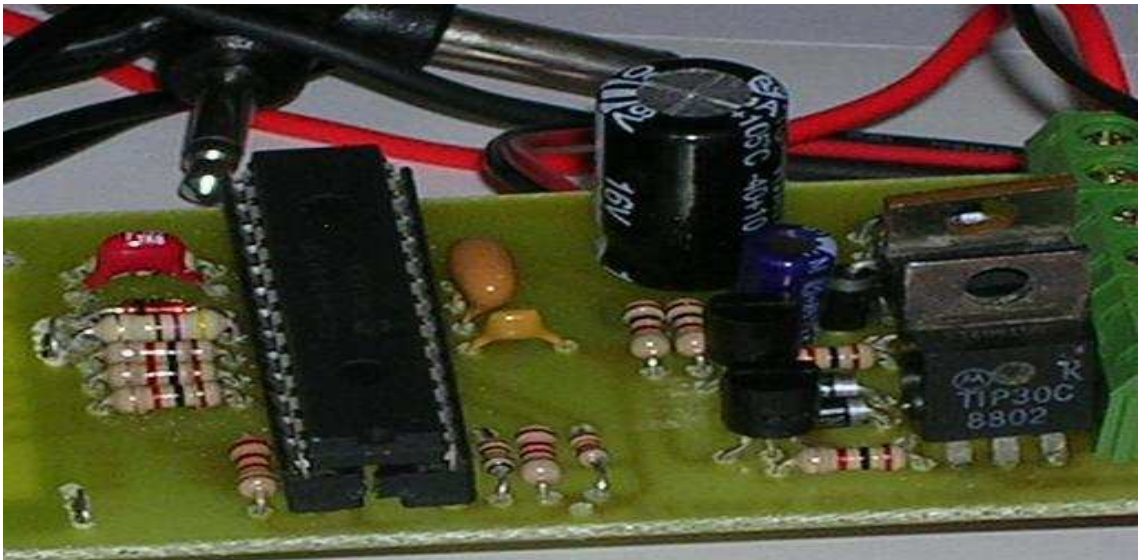
Kontrol devresinin yapısı ve devre elemanları Şekil 10, Şekil 11 ve Şekil 12'de gösterilmiştir.



Şekil 10. PIC kontrol devresinin genel görünümü



Şekil 11. PIC kontrol devresinin yapısı-I



Şekil 12. PIC kontrol devresinin yapısı-II

Tartışma ve Sonuçlar

Bu çalışmada klasik mantık yerine bulanık mantık tercih edilmiştir. Klasik mantıkla yapılan bir devrede kullanıcı kontrolü gerekmektedir. Bulanık mantıkta ise kullanıcı kontrolüne gerek yoktur. Sistem kendi kendini kontrol edebilmektedir. Bu sayede bütün olasılıklara göre sistem çözüm üretmektedir. Üretilen bu çözümler sayesinde sistem fanların seçimine ve çalışma

hızına karar vermektedir. Sistemin bu kararları vermesi konfor şartlarının optimumda tutulmasını sağlamakta hem de elektrik sarfiyatını önemli ölçüde düşürmektedir.

Hazırlanan devrenin sadece programında değişiklik yapıp farklı sıcaklık kontrolleri için kullanılması mümkündür. Sistemin hassasiyetini artırmak için bulanıklaştırma aşamasına daha çok olasılık eklenebilir. Fan hızlarındaki değişimler kontrol edilerek daha yumuşak geçişler için ölçme zamanı uzatılabilir. Ölçme işlemini tek başına yapan devre elemanı SHT11 devre dışında bir yere monte edilip daha sağlıklı bir ölçme yapılabilir.

Semboller

- FLC : Bulanık Mantık Denetleyicisi (Fuzzy Logic Controller)
 PIC : Çevresel Arabirim Denetleyicisi (Peripheral Interface Controller)
 I/O : Giriş/Çıkış (Input/Output)
 RAM : Rastgele Erişimli Bellek (Random Acces Memory)
 μ : Üyelik Ağırlığı

Kaynaklar

- Elmas, Ç. (2003). Bulanık Mantık Denetleyiciler (Kuram, Uygulama, Sinirsel Bulanık Mantık), Seçkin Yayıncılık, pp. 230, ISBN : 9753476132 , Ankara.
- Özek, A., & Sincen, M. (2004). Klima Sistem Kontrolünün Bulanık Mantıkla Modellemesi, *Pamukkale Ünv. Müh. Fak. Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10, 353-358.
- Egilegor, B., & Uribe, J. P. (1997). A Fuzzy Control Adapted By A Neural Network To Maintain A Dwelling Within Thermal Comfort, IBPSA-International Building Performance Simulation Association, Prague, Czech Republic, September 8-10.
- Lah, M. T., Zupanc, B., & Krainer, A. (2004). Fuzzy control for the illumination and temperature comfort in a test chamber. *Building and Environment*, 40, 1626–1637.
- Dounis, A. I., Manolakis, D. E. (2000). Design Of a Fuzzy Sysytem For Living Space Termal – Comfort Regulation, *Applied Energy*, 69, 119-144.
- Chena, K., Rysb, M. J., & Leeb, E. S., (2005). Modeling of thermal comfort in air conditioned rooms by fuzzy regression analysis, *Mathematical and Computer Modelling*, 43, 809–819.
- Duan, Y. (1999). Fuzzy Role Based Expert System for Human Thermoregulation Model, University Of California At Berkeley, Mechanical Engineering, Final Project.
- Michel, J. B., & El-khoury, M. (2006). Design and Optimization of a Fuzzy Controller for Heat and Ventilation in Buildings, <http://www.csem.ch>
- Zupančič, B., Škrjanc, I., Krainer, A., & Furlan, B. (2005). Advanced Fuzzy Control Of The Temperature In The Test Chamber, <http://wire.ises.org>

Şenol, F. (2000), Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik Bilgisayar Eğitimi Bölümü, Bitirme tezi.

Özek, A., & Sinecan, M. (2003), Klima Sistem Kontrolünün Bulanık Mantık İle Modellemesi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10, 353-358.

Feddern, J., & Gebhardt, J. (1995). Fuzzy Logic'le Klima Kontrolü, *ELO Elektronik Dergisi*, 91, 43-51.