Kapalı Ortam Sıcaklık ve Nem Denetiminin Farklı Bulanık Üyelik Fonksiyonları Kullanılarak Gerçekleştirilmesi

Ö. Akyazı[1], M. A. Usta[2], A. S. Akpınar[3]

[1]Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Abdullah Kanca MYO, Trabzon/Türkiye, oakyazi@ktu.edu.tr
[2]Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon/Türkiye, mausta@ktu.edu.tr
[3]Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon/Türkiye, akpinar@ktu.edu.tr

Indoor Ambient Temperature and Humidity Control Implementation Using Different Fuzzy Membership Functions

***Abstract*—In this study, variations of temperature and relative humidity that should be kept under control in closed environments are controlled and simulation results are compared. Fuzzy logic control (FLC) is used as the method of controller. However, instead of one membership function, fuzzy membership functions that have different structures are used for performance comparisons. Simulation is also realized in Matlab/Simulink environment that provides opportunities for analysis studies and performance enhancing studies.**

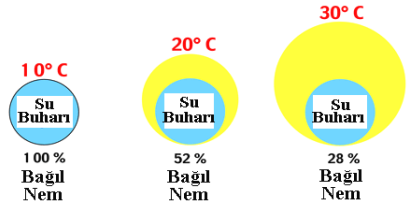
***Keywords*—Fuzzy Logic Controller, Membership Functions, Temperature and Relative Humidity Control, Matlab/Simulink GUI Simulation.**

I. GİRİŞ

Nem, hava veya diğer gazlardaki su buharı içeriği olarak tanımlanır. Üç cins nem vardır: Bunlar mutlak nem, bağıl nem ve özgül nemdir. Yüksek miktardaki nem, madde ve eşya üzerinde tahrip edici etkiye sahipken, insan sağlığı ve canlı yaşamında da olumsuz etkilere neden olur[1]. Yüksek nemli ortamlarda yaşamak zorunda kalan insanlarda nefes alma zorluğu, astım, üst solunum yolları enfeksiyonları, romatizma-eklem hastalıkları ve kalp-damar rahatsızlıkları adeta kaçınılmaz olmaktadır[2]. İnsan ve diğer canlılar üzerinde etkisi olan nemden bahsedildiğinde söz konusu olan nem bağıl nemdir. Bağıl nem, aynı sıcaklık ve basınçta havadaki nem oranının doymuş nem oranına oranı olarak tanımlanır diğer bir deyişle havadaki nem miktarının o havanın alabileceği maksimum neme olan oranıdır. Bağıl nem birimsel olarak verilir ve sıcaklık ile ters orantılıdır. Bu durum Şekil 1'de gösterilmiştir. Bağıl nem yüzde ile belirtilir ve ifadesi denklem (1) ile verilmiştir[3].

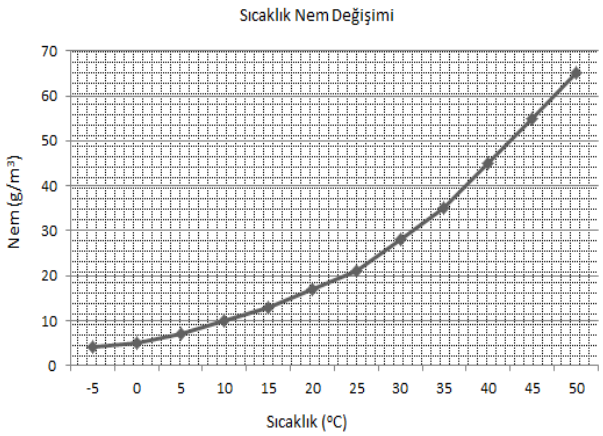
$$\text{Bağıl Nem} = \frac{\text{Gaz veya Belirli Bir Hacmindeki Su Buharı Miktarı}}{\text{Gaz veya Havanın Aynı Hacmindeki Çözünür Halde Bulunan Azami Su Buharı Miktarı}} x100 \quad (1)$$

Kapalı ortamlarda % 35–55 arasındaki bağıl nem oranı normal kabul edilir. %45 civarındaki bağıl nem idealdir. %35'in altındaki ortamlar "kuru" dur ve istenmez. %55'in üzerindeki ortamlar ise "yaş" olarak kabul edilir[1].



Şekil 1: Bağıl nemin sıcaklıkla değişimi[4].

Daha önce de bahsedildiği gibi nem sıcaklığa bağlı olarak değişir. Şekil 2'de sıcaklıkla nemin değişimi grafiksel olarak verilmiştir[4].



Şekil 2: Sıcaklık-nem ilişkisi

ASHRAE (The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)'e göre, hastanelerin içerisindeki birçok alanın (örneğin ameliyathaneler) 20 °C ve 24 °C (70 °F ile 75 °F arasında) arasındaki sıcaklıklarda % 30 ile % 60 bağıl nemde tutulması gerekmektedir[1]. İşte bu nedenlerden dolayı, hem insan sağlığı adına hem de eşyanın korunması adına nem kontrolü ve kurutma yapılması gerekir[2]. Uygun nemin kontrolü aynı zamanda bakterilerin,

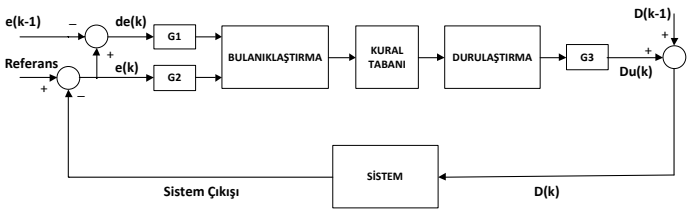
virüslerin, küf, toz ve akar oluşumlarının çoğalmasını engellemek için de önemlidir.

Bu çalışmada kapalı ortamlarda sıcaklık ve nem kontrolünün gerekliliği göz önüne alınarak Matlab/Simulink'de bir denetim sistemi oluşturulmuştur. Sistemin denetiminde ise bulanık mantık denetleyicisi kullanılmıştır. Bulanık mantık uygulamalarına birçok alanda rastlamak mümkündür. Otomatik kontrol sistemleri, bilgi sistemleri, görüntü tanımlama, optimizasyon, biyolojik süreç kontrolü, nükleer reaktör kontrolü, deprem mühendisliği ve savunma sanayi gibi endüstriyel ağırlıklı uygulamaların yanı sıra sosyal alanlara yönelik uygulamalar da bulunmaktadır[5-6].

Burada tasarlanan sistemin denetiminde tek tip üyelik fonksiyonuna sahip bulanık mantık denetleyicisi yerine, üçgen, yamuk, gaussian ve cauchy üyelik fonksiyonlarına sahip bulanık mantık denetleyicileri ayrı ayrı uygulanmış, her üyelik fonksiyonun sisteme olan etkileri incelenmiş ve en uygun üyelik fonksiyonunun hangisi olduğu belirlenmiştir.

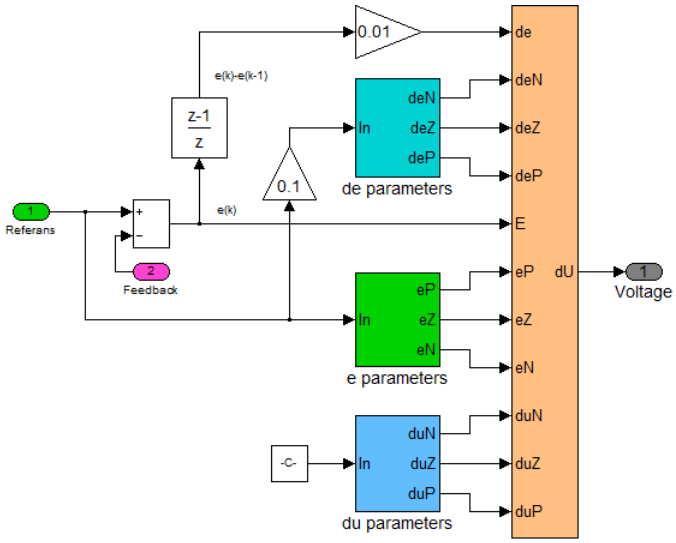
II. BM Denetleyici

Bulanık Mantık (BM), diğer denetim yöntemlerindeki karmaşık işlemlere ve sistemin matematiksel modeline gerek duymadan denetim işlemini gerçekleştirmektedir. Günümüzde kontrol sistemi uygulamalarında bulanık mantık ile denetim önemli hale gelmiştir. Klasik sayısal (0,1) mantığının ötesine geçmiş bir yaklaşım olan bulanık mantık, bu iki değer arasında çok seviyeli değerler üretebilmesi sonucunda denetimin daha doğru kararlar üretmesini, böylece performansın ve verimin artmasını sağlamaktadır. Şekil 3'de bulanık mantık denetiminin temel blok yapısı görülmektedir.



Şekil 3: Bulanık mantık denetimin temel blok yapısı

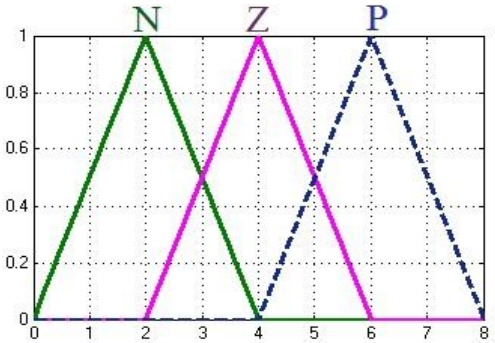
Şekil 3'de gösterildiği gibi bulanık denetim mantığı temel olarak 3 bileşenden oluşmaktadır. Bunlar bulanıklaştırıcı birim, kural tabanı birimi ve durulaştırıcı birimdir. Bulanıklaştırıcı birim, gelen kesin giriş bilgilerini bulanık hale getirme görevini yapmaktadır. Bulanıklaştırılan değerler kural tabanı birimine gönderilir. Kural tabanında veri tabanı ve dilsel denetim öğeleri bulunmaktadır. Kurallar işlendikten sonra bulanık sonuç işareti bir sonraki adımda çıkışa yansıtılabilmek için durulaştırma birimine gönderilir. Burada kesin sonuçlar üretilir. Şekil 3'de *e(k)* hata işareti, *e(k-1)* bir örnekleme süresi içinde hatadaki değişimi ifade eder. G1, G2 ve G3 kazanç değerleridir. *Du(k)* durulaştırma birimi çıkışıdır ve bir önceki değeri olan *D(k-1)* ile toplanmak suretiyle *D(k)* elde edilerek sistemin girişine verilmiştir. Bu değişkenlere göre kural tabanı biriminde kural tablosu oluşturulur. Bulanık denetleyicide üyelik fonksiyonları temel bir yapıdır. Üyelik fonksiyonlarının seçimi tamamen keyfi olmakla birlikte üçgen, yamuk, sinüsoid, cauchy, çan, sigmoid, gaussian tiplerde olabilmektedir. Bu çalışmada üçgen, yamuk, gaussian ve cauchy üyelik fonksiyonları kullanılmıştır[6-12]. BMD modellenmesinde öncelikli olarak kontrol edilecek sistemin davranışı gözlenmelidir. Hata ve hatadaki değişimler göz önüne alınarak üyelik fonksiyonları, kural tablosu elde edilir. Şekil 4'de bulanık mantık denetiminin Simulink blok diyagramı görülmektedir.



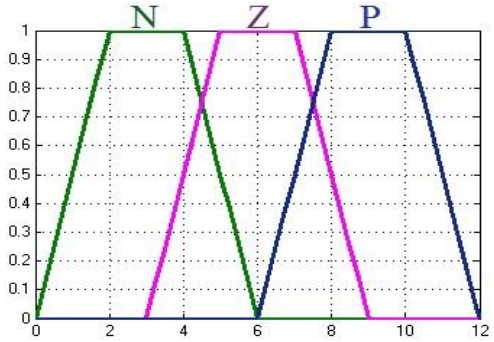
Şekil 4: BMD'nin Simulink blok diyagramı

A. Üyelik Fonksiyonları

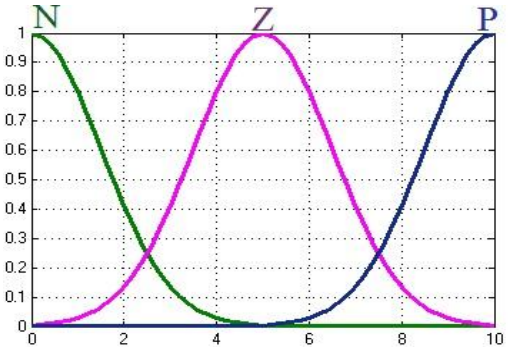
Bulanık mantık denetleyicide kullanılan üyelik fonksiyonları Şekil (5-8)'de gösterilmiştir. Bunlar sırasıyla üçgen, yamuk, gaussian ve cauchy biçimli üyelik fonksiyonlarıdır.



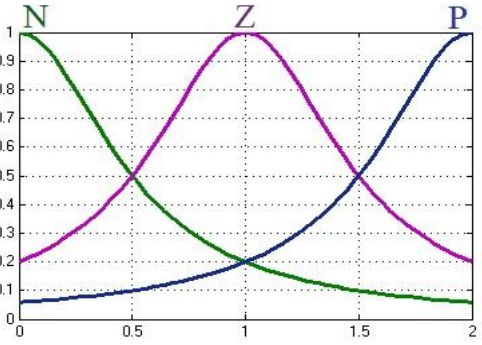
Şekil 5: Üç kurallı üçgen üyelik fonksiyonu



Şekil 6: Üç kurallı yamuk üyelik fonksiyonu



Şekil 7: Üç kurallı gaussian üyelik fonksiyonu



Şekil 8: Üç kurallı cauchy üyelik fonksiyonu

Bu fonksiyonlar için kullanılan bağıntılar denklem (2-5)'de verilmektedir.

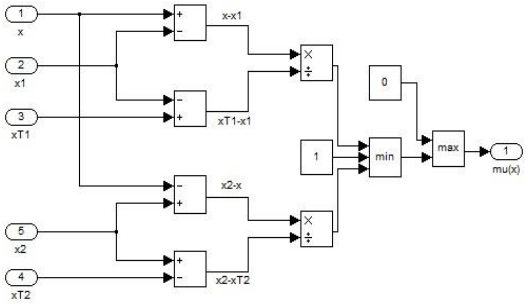
$$A_{\Delta} = \max\left(\min\left(\frac{x-x_1}{x_T-x_1}, \frac{x_2-x}{x_2-x_T}\right), 0\right) \quad \text{(Üçgen için)} \quad (2)$$

$$A_{Y} = \max\left(\min\left(\frac{x-x_1}{x_{T1}-x_1}, 1, \frac{x_2-x}{x_2-x_{T2}}\right), 0\right) \quad \text{(Yamuk için)} \quad (3)$$

$$A_{G} = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-x_T}{W}\right)^2} \quad \text{(Gaussian için)} \quad (4)$$

$$A_{C} = \frac{1}{1+\left(\frac{x-x_T}{d}\right)^{2m}} \quad \text{(Cauchy için)} \quad (5)$$

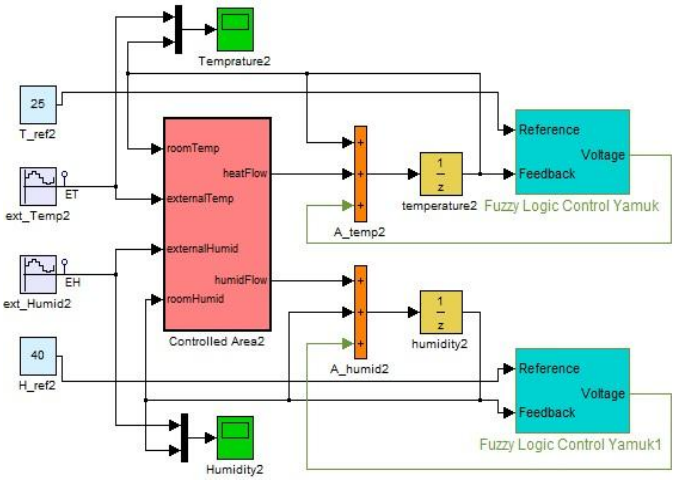
Yukarıdaki denklemler kullanılarak her bir kesin değişken uzayında tanımlı negatif (N), sıfır (Z) ve pozitif (P) bulanık üyelik fonksiyonları oluşturulmuştur. Ayrıca bu denklemler yardımıyla her bir üyelik fonksiyonu Matlab/Simulink'de ayrı ayrı modellenmiştir. Örnek olarak Simulink'de oluşturulan yamuk üyelik fonksiyonu modeli Şekil 9'da gösterilmektedir.



Şekil 9: Yamuk üyelik fonksiyonunun Simulink modeli

III. TASARLANAN SİSTEM

Kapalı ortam nemi, dış ortam neminden sürekli etkilenmektedir. Simülasyon için istenilen nem değeri %40 olarak belirlenmiş olup dış ortam nemi ise gün içerisinde %35 ile %45 arasında sinüzoidal olarak değiştiği kabul edilmiştir. Benzer sistem, sıcaklık kontrolünde de uygulanmaktadır. İç ortam sıcaklığı 25 °C olarak ayarlanmış olup dış ortam sıcaklığı ise gün içerisinde 20 °C ile 30 °C arasında sinüzoidal olarak değişmektedir. Kapalı ortam ile dış ortamın nem ve sıcaklık farkları ayrı ayrı, nem ve sıcaklık algılayıcıları tarafından ölçülmekte ve toplama bloklarına gönderilmektedir. Ölçülen değerlerle önceki değer toplanarak ortam parametrelerinin net değerleri elde edilmektedir. Elde edilen bu değerler BMD bloğuna iletilmektedir. BMD'nin ürettiği çıkış işareti toplama bloğuna geri beslenmek suretiyle ortamın bağıl nem ve sıcaklık değerleri elde edilmektedir[12-13]. Matlab/Simulink'de gerçekleştirilen sistem Şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 10: Sistemin Matlab/Simulink modeli

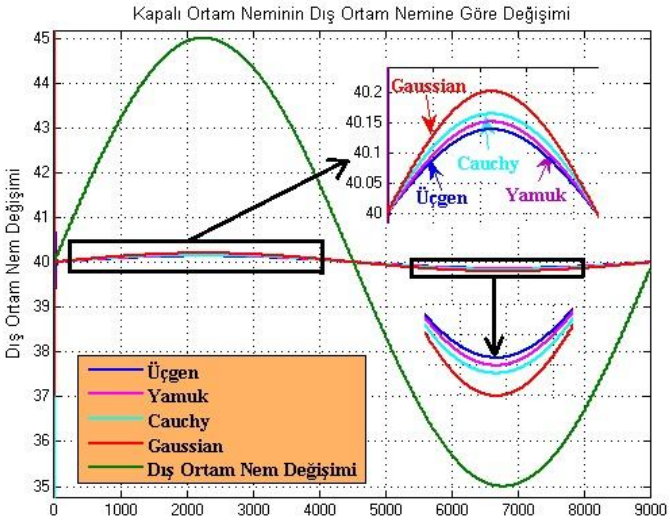
BM denetleme modelleri için kullanılan kurallar Tablo 1'de gösterilmiş olup giriş değişkenleri, hata *(e)* ve hatanın bir örnekleme süresindeki değişimi *(de)* olacak şekilde belirtilmiştir. Giriş değişkeni için üç etiketli üyelik fonksiyonu kullanılmıştır. Kullanılan dilsel etiketler negatif (N), sıfır (Z) ve pozitif (P) olarak ifade edilmiştir.

Tablo 1: BMD için kural tablosu

Δu		e		
		N	Z	P
de	N	N	N	Z
	Z	N	Z	P
	P	Z	P	P

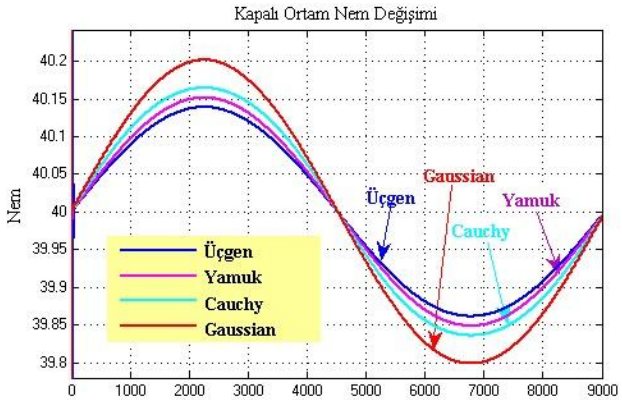
IV. BENZETİM SONUÇLARI

Matlab/Simulink'de oluşturulan sistemde kapalı ortam nemi %40 ve sıcaklığı 25C^o olması istenmektedir. İstenen bu referans değerlere göre oluşturulan dört farklı üyelik fonksiyonuna sahip BM denetleme sistemi ile gerçekleştirilen benzetim sonucu elde edilen kapalı ortam neminin dış ortam nemine göre değişimi Şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 11: Kapalı ortam neminin dış ortam nemine göre değişimi

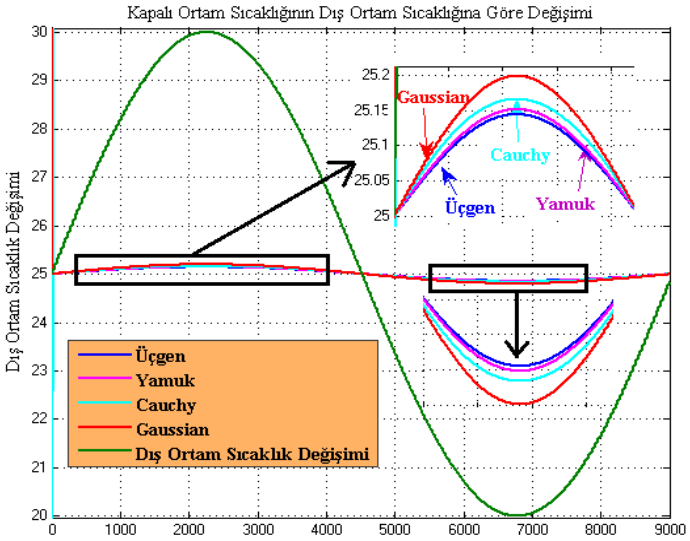
Şekil 11 incelendiğinde, dış ortam neminin %35-%45 arasında sinüzoidal bir değişim gösterdiği buna bağlı olarak kapalı ortam neminin BM denetimi sonucu %40±0.2 olduğu görülmektedir. Şekil 12'de üyelik fonksiyonlarının kıyaslanması kapalı ortam nem denetimi için gösterilmektedir.



Şekil 12: Üçgen, Yamuk, Gaussian, Cauchy üyelik fonksiyonlarıyla kapalı ortam nem denetimi

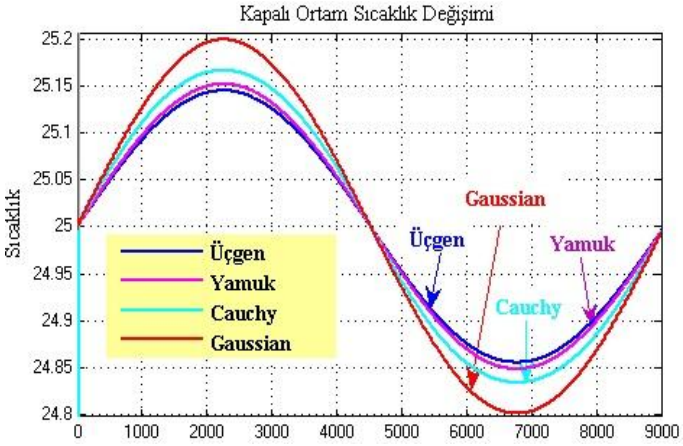
Şekil 12 incelendiğinde gaussian biçimli üyelik fonksiyonunun en fazla aşmaya sahip olduğu ve üçgen biçimli üyelik fonksiyonunun en küçük aşmaya sahip olduğu görülmektedir. Yamuk ve cauchy biçimli üyelik fonksiyonları ile elde edilen sonuçlar ise ara değere sahip aşmalı tepki göstermektedir.

Şekil 13'de ise kapalı ortam sıcaklığının dış ortam sıcaklığına göre değişimi gösterilmiştir. Grafikten görüldüğü gibi dış ortam sıcaklığı 20C^o ile 30C^o arasında sinüzoidal olarak değişmekte; buna bağlı olarak BM denetimiyle iç ortam sıcaklığı 25C^o±0.2 olmaktadır.



Şekil 13: Kapalı ortam sıcaklığının dış ortam sıcaklığına göre değişimi

Şekil 14'de üyelik fonksiyonlarının kıyaslanması kapalı ortam sıcaklık denetimi için gösterilmektedir.



Şekil 14: Üçgen, Yamuk, Gaussian, Cauchy üyelik fonksiyonlarıyla kapalı ortam sıcaklık denetimi

Kapalı ortam sıcaklık kontrolü için de hatanın en fazla gaussian biçimli üyelik fonksiyonunda meydana geldiği, en az hatanın ise üçgen biçimli üyelik fonksiyonunda oluştuğu Şekil 13 ve Şekil 14'den anlaşılmaktadır. Yamuk ve cauchy biçimli üyelik fonksiyonları ile elde edilen sonuçlar ise ara değere sahip hatanın olduğu görülmektedir.

V. SONUÇLAR

Bu çalışmada kapalı ortam nem ve sıcaklık kontrolü bulanık mantık denetleyici ile gerçekleştirilmiştir. Önerilen yöntemde kapalı ortam nem ve sıcaklığının dış ortam değişimlerine bağlı olarak değişim gösterdiği benzetim sonuçlarından anlaşılmaktadır. Bulanık mantık denetleyici içerisinde değişik üyelik fonksiyonları (üçgen, yamuk, gaussian, cauchy) kullanılarak sistemin çıkışı incelenmiş ve üyelik fonksiyonu karşılaştırmaları yapılmıştır.

Benzetim sonuçları incelendiğinde hatanın en fazla gaussian biçimli üyelik fonksiyonun da meydana geldiği, yamuk ve cauchy biçimli üyelik fonksiyonlarında hatanın orta seviyelerde olduğu ve hatanın en az üçgen biçimli üyelik fonksiyonunda oluştuğu görülmüştür. Sonuç olarak bu sistem için simülasyonda üçgen biçimli üyelik fonksiyonu en iyi sonuçları vermektedir.

KAYNAKLAR

[1] Termodinamik Dergisi, Nisan 2009,Sayı-200

[2] Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı 95, 2006

[3] http://www.cu.edu.tr/Content/Asp/English/cuMeteoSozluk.asp, 29.07.2010.

[4] B. Çakmak, "Meteoroloji Ders sunusu", A.Ü.Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

[5] E. Özkop, I. H. Altas, A. S. Akpınar, Bulanık Mantık Denetleyicili Güç Sistem Uygulaması, ELECO'2004, Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, 8-12 Aralık 2004, Bursa, Sayfalar 272-276

[6] İ. H. Altaş., "Bulanık Mantık : Bulanıklılık Kavramı", *Enerji Elektrik Elektromekanik-3e*, Temmuz 1999, Sayı 62, syf 80-85, Bileşim Yayıncılık A.Ş., İstanbul

[7] K. Yanmaz, İ.H. Altaş, *STATCOM için Bulanık Mantık Denetleyici,* ELECO'2008 5. Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, 51–54, 2008

[8] D. Ramot, M. Friedman, G. Langholz, , A. Kandel, "Complex Fuzzy Logic", *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, Vol. 11, No. 4, pp. 450–461, 2003.

[9] İ.H. Altaş, "Bulanık Mantık: Bulanık Denetim, Enerji*", Elektrik, Elektronik-3e*, Sayı 64, sayfa 76-81, 1999

[10] İ.H. Altaş, "Bulanık Mantık Denetleyici: Matlab/Simulink Ortamı için Bir Modelleme*", Otomasyon Dergisi,* Bileşim Yayınları, Mart 2007, Sayfalar: 58-62.

[11] C. Elmas, M.A. Akcayol, T. Yigit, " Fuzzy PI Controller For Speed Control of Switched Reluctance Motor " *J.Fac.Eng. Arch*. Gazi Univercity, Vol 22, No 1, 65-72, 2007

[12] Ö. Akyazı, M. Küçükali, A. Sefa Akpınar, Kapalı Ortam Sıcaklık ve Nem Değişiminin Bulanık Mantık ve Bulanık Mantık Oransal İntegral Denetleyicilerle Gerçeklenmesi, ELECO 2010 Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu 2-5 Aralık, Bursa, Türkiye

[13] "Stateflow® and Stateflow® Coder™ Reference", pdf dokümanı, www.mathworks.com, 20.08.2010