

HVAC SİSTEMLERİNDE AÇ-KAPA ve BULANIK MANTIK KONTROLÜN KİYASLAMALI OLARAK İNCELENMESİ

Şahin Yiğit
Kadir BÜYÜKÖZKAN
Fatin SÖNMEZ
Burhan ÇUHADAROĞLU

ÖZET

Bu çalışmada; kapalı bir ortam için değişken hava debili bir HVAC sisteminin modellenmesi ve kontrolü yapılmıştır. Kurulan modelde göz önüne alınan kapalı ortamın soğutulması için, dış ortamdan iç ortama transfer olan ısı enerjisi ve klima santralinden havanın soğutulması için çekilen ısı gücü denklemleri kullanılmıştır. Daha sonra bu denklemlerin klasik aç-kapa kontrol ve bulanık mantık kontrol kullanılarak zamana bağlı çözümlenmeleri yapılmış ve sistemin kontrol davranışları incelenmiştir. Ayrıca sistemde hava tahliye oranı (α) kullanılarak, sistemdeki iç hava kalitesi değişiminin sistemin enerji sarfiyatına etkisi incelenmiştir. Elde edilen bulgular göstermektedir ki; bulanık mantık ile yapılan kontrolün aç-kapa kontrole göre hem ısıl konfor açısından hem de enerji tasarrufu açısından belirgin bir üstünlüğü vardır.

Anahtar Kelimeler: Havalandırma ve İklimlendirme, Aç-kapa Kontrol, Bulanık Mantık Kontrolü.

ABSTRACT

In this study, the modelling and control of a HVAC system for an indoor space with variable air volume have been considered. In order to cool of indoor space which is taken account in the model, the equations of heat transferred from outdoor to indoor and heat rate removed from air at air-conditioner have been used. Subsequently, these equations have been solved with using the classic on-off control and fuzzy logic control with respect to time and the system control characteristics have been analyzed for both control applications. Additionally, the vent ratio (α) of the system has been used for investigation of effect of exchange indoor air quality on system's energy consumptions. The obtained results show that, fuzzy logic control has significant priority such as thermal comfort and energy consumptions compared to on-off control.

Key Words: Ventilating and Air Conditioning, On-off Control, Fuzzy Logic Control.

1. GİRİŞ

Günümüzde ofis odaları, hastaneler, alışveriş merkezleri, spor salonları, kültür merkezleri, müzeler, eğitim yapıları, kamu binaları gibi kapalı yaşam alanlarında yaşanmakta olan yeni yapılaşma sürecine bağlı olarak, yapılarda yer alan hava koşullandırma sistemlerinde de önemli gelişmeler olmaktadır. Yaşam alanlarındaki hava kalitesinin istenilen değerlerde olmasını sağlamak üzere taze, temiz ve koşullandırılmış havayı buraya sağlayan ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemleri büyük ölçüde otomatik kontrol sistemleri ile denetlenmektedir. Ortam havasındaki nem, sıcaklık ve kirlilik gibi faktörlere bağlı olarak HVAC sisteminin çalışma düzenini belirleyen otomatik kontrol

uygulamaları, hem konfor koşullarının gerektiği şekilde sürekli olarak sağlanmasında hem de enerjinin verimli kullanılmasında önemli bir işlevi yerine getirirler.

Otomatik kontrol sistemleri; ortam havası için öngörülmüş olan belirli nem, sıcaklık ve hava kirlenici parametrelere ait değerlerin belirli bir aralık dışına çıkması durumlarında HVAC sisteminin belirli noktalarında, sistemin çalışma düzenini uygun şekilde ayarlamak üzere kontrol mekanizmalarına uyarı gönderirler. Kontrol mekanizmaları klima santralindeki dış/iç hava karışım ayarı, sıcaklık ayarı, debi ayarı gibi kontrol işlemlerinin yanı sıra, hava kanallarının çeşitli noktalarındaki damper ayarları gibi işlemler ile mahallere gönderilen havanın istenilen özelliklerde olmasını sağlarlar. Günümüzde HVAC sistemlerinde aç-kapa kontrol, orantı kontrol, integral ya da diferansiyel kontrol gibi uygulamalar yerine göre kullanılmaktadır. Son yıllarda bazı mühendislik uygulamalarında kendine yer bulmakta olan bulanık (fuzzy) mantık, kontrol sistemlerinde de yavaşça yerini almaktadır. Otomatik kontrol uygulamalarının, konfor koşullarının ideal şekilde temin edilmesine olan katkısının yanı sıra, HVAC sisteminin gereğinden çok çalışarak aşırı enerji kullanmasının önüne geçmesi gibi bir işlevi daha vardır. Bu nedenle HVAC sistemlerinin en önemli bileşenlerinden bir tanesi olan otomatik kontrol uygulamaları üzerinde titiz mühendislik çalışmalarına gereksinim vardır.

Bu nedenle günümüzde, havalandırma ve iklimlendirme sistemleri ve bu sistemlerin kontrol uygulamaları üzerine deneysel ve sayısal birçok araştırma yapılmaktadır. Chu vd. [1] yaptıkları bir çalışmada, bir fan-coil sisteminin zamana bağlı en uygun sıcaklık ve bağıl nem değerini belirleyebilmesi için bir bulanık kontrol uygulaması gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda bulanık kontrol uygulamasının enerji verimi, ısı konfor ve sistem güvenilirliği açısından uygun olduğu görülmüştür. Soygüder ve Alli [2] yaptıkları çalışmada, ortam sıcaklık koşulları dikkate alınarak iki farklı zonlu değişken hava debili bir HVAC sisteminin modellenmesi, sayısal benzetimi ve denetimini gerçekleştirmişlerdir. Sistemin modellenmesinde sistemi oluşturan iki farklı zonun PID (Oransal, integral, türevsel) kontrolü ve bulanık kontrolü ile zonlara giren hava debilerini ayarlamak için en uygun damper aralığı optimize edilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar bulanık kontrol uygulamasının sistemi daha hızlı bir şekilde rejime getirdiğini göstermiştir. Şengirgin ve Pulat [3] yaptıkları çalışmada; büyük bir büronun ısıtma-havalandırma sistemini modelleyerek, sistemin klasik aç-kapa kontrol denetimi ile dış hava sıcaklığı ve "hava/geri dönüş havası" oranı gibi parametrelerin sistemin kontrol davranışına etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda sistem için en uygun geri dönüş hava oranı belirlenmiştir. Lute ve Paassen [4] yaptıkları çalışmada, bir test odasının iç sıcaklığını tahmin edebilecek farklı kontrol uygulamaları ile odaya sağlanması gereken ısı miktarlarını belirlemeye çalışmıştır. Çalışmada; kontrol uygulamalarının sistemin davranış yetenekleri üzerindeki etkisi kıyaslamalı olarak incelenmiştir. Engdahl ve Svensson [5] tarafından yapılan çalışmada, bir test bölgesindeki difüzör gibi bileşenlerde ve test bölgesi içerisindeki basınç dağılımı ölçülerek, daha verimli havalandırma ve iklimlendirme sistemleri tasarlanmasına yardımcı olabilecek temel denklemler oluşturulmuştur. Yılmaz ve vd. [6] yaptıkları çalışmada, bir ofis binası için değişken hava debili iklimlendirme sistemini modelleyerek, bu sistem üzerinde kontrol uygulaması yapmışlardır. Çalışma sonucunda, sistem için gerekli enerji miktarları, hava ve su debileri ve zonalardaki konfor koşullarının sağlanması için gerekli damper açıklık oranları bulunmuştur. Bruant vd. [7] yaptıkları çalışmada, bir test bölgesinde uygun iç hava kalitesini ve ısı konfor koşullarını sağlayarak, enerji tüketimlerini en aza indirebilmek için bulanık mantık ve klasik aç-kapa kontrol uygulamalarını karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulardan klasik aç-kapa kontrol ile iç hava kalitesi ve ısı konfor koşullarının sağlanamadığı görülmüştür. Yapılan bulanık kontrol uygulaması ile de iç hava kalitesi ve ısı konfor koşullarının sağlanabildiği ve %10'dan fazla enerji tasarrufu yapıldığı görülmüştür. Dong vd. [8] yaptıkları çalışmada Amerika'nın Austin kentinde bir lisenin HVAC sistemini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda söz konusu lisenin HVAC sistemi kontrol uygulamaları ile optimize edilerek yılda 40.000\$'dan fazla enerji tasarrufu sağlanabileceği görülmüştür.

Literatürde bazı çalışmalarda kontrol uygulamalarının yanı sıra genetik algoritmalar da kullanılarak HVAC sistemlerinde optimizasyon problemleri üzerine çalışılmıştır. Bu uygulamalar kontrol uygulamaları ile de birlikte kullanılarak, HVAC sistemlerinin çalıştırılması için en verimli kullanım senaryolarını oluşturmak amaçlanmıştır. Asiedu vd. [9] tarafından yapılan çalışmada, HVAC sistemi için kanal tasarımında genetik algoritma kullanılarak bir optimizasyon yapılmıştır. Çalışmada havalandırma kanalının günlük çalıştırılma koşulları ve çalıştırılma oranları göz önünde bulundurularak ve en düşük işletme maliyetleri oluşturulacak şekilde bir tasarım yapılmıştır. Nassif vd. [10] tarafından yapılan çalışmada; ortama sağlanan hava sıcaklığı, havalandırma kanalı statik basıncı, iklimlendirme

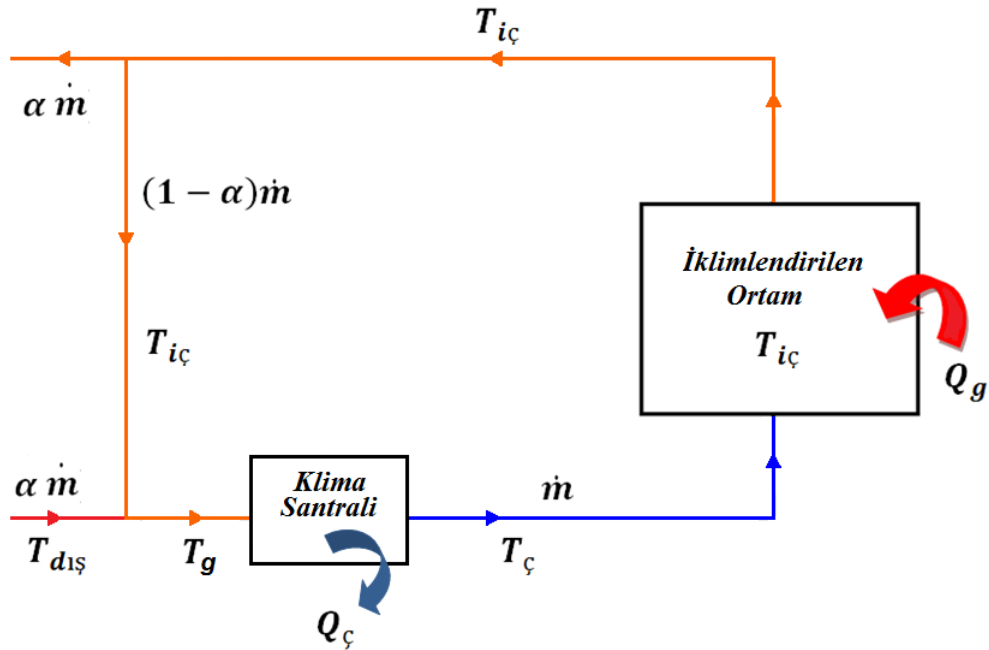
için gerekli su sıcaklığı gibi HVAC parametreleri, genetik algoritmalar ile optimize edilerek binanın merkezi kontrol sistemini bu optimize edilerek ayarlanmış aralıklarda çalıştırmışlardır. Bu sayede sistemin oldukça verimli ve en düşük enerji kullanımı sağlayacak şekilde çalıştırılması gerçekleştirilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar; genetik algoritmalar ile optimize edilen HVAC parametrelerinin kontrol uygulamaları ile kullanılarak yaz aylarında çalıştırılan bir binanın HVAC sisteminde %16 enerji tasarrufu elde edilebileceğini göstermiştir.

HVAC sistemlerinin uygun şekilde modellenmesi ve bu modellerin iyileştirilmesi, tasarım maliyetlerinin düşmesi ve tasarım süreçlerinin kısalması gibi önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu amaçla bu çalışmada; uygun bir mahalli besleyen bir HVAC sisteminde iki farklı otomatik kontrol uygulaması kullanılarak, bu uygulamaların ortamın iç hava kalitesi, ısıl konforu ve enerji verimliliği üzerindeki etkileri incelenmiştir.

2. PROBLEM VE MODELLEME

2.1. Problemin Özellikleri

Bu çalışmada; Şekil 1.'de görülen çevrimde yer alan HVAC sisteminde, klasik aç-kapa ve bulanık mantık uygulanarak yapılan sistem kontrolü ile iklimlendirilen ortamın sıcaklığının 5°C düşürülmesi amaçlanmıştır. Buna göre sistemde yer alan iklimlendirilen ortama ait sıcaklığın ($T_{iç}$) zamanla olan değişimi ve klima santralinden iç ortama gönderilen havayı soğutmak için havadan çekilmesi gereken enerji miktarının ($Q_{ç}$) zamana bağlı olarak değişimi incelenmiştir.



Şekil 1. HVAC Sisteminin Şematik Görünüşü

Modellenen HVAC sisteminde klima santralinden çıkan hava iklimlendirilen ortama girerek, ortamın sıcaklığını düşürmektedir. Ortamdan sıcaklığı yükselerek çıkan havanın bir kısmı α hava tahliye oranı kadar iç hava kalitesi koşullarının sağlanması için dışarıya atılmaktadır. Geri kalan hava, tahliye edilen hava oranında dışarıdan alınan taze hava ile karıştırılarak tekrar soğutulmak üzere klima santraline gönderilmektedir. Çalışmada; dış ortam sıcaklığı $T_{dış} = 30^{\circ}\text{C}$ ve klima santrali hava çıkış sıcaklığı 5°C olmak üzere sabit değerler kullanılarak, aç kapa ve bulanık mantık kontrol uygulaması ile β fan debisi

değişim oranı ile fan debisi kontrol edilmiştir. Ayrıca çalışmada, ortam sıcaklığı $T_{iç}$ ile klima santralinde havadan çekilen $Q_{ç}$ ısı gücünün zamanla değişim karakteristikleri de elde edilmiştir.

Çalışmada kullanılan modelde iklimlendirilen ortamın hacmi 1000 m^3 ve odaya saatte sağlanan toplam hava debisi $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ olarak göz önüne alınmıştır.

2.2. Modelleme

Çalışmada açık bir sistem olarak göz önüne alınmış olan HVAC sistemindeki hava çevrimine ilişkin matematiksel model süreklilik denklemi ve Termodinamiğin birinci kanunu ile yapılmıştır. Buna göre iklimlendirme yapılan ortam için süreklilik denklemi;

$$\dot{m}_g = \dot{m}_{ç} = \dot{m} \quad (2.2)$$

olarak yazılır. Öngörülen modelde iklimlendirilen ortama giren hava miktarı, çıkan hava miktarına eşit olduğundan iç ortam içerisindeki hava miktarında bir değişiklik olmamaktadır.

Sistemde iklimlendirilen ortam için geçici rejimde enerjinin korunumu;

$$\dot{Q} - \dot{W} + \sum E_g - \sum E_{ç} = \frac{dE_{sis}}{dt} \quad (2.3)$$

(2.3) denkleminin Şekil 1. 'deki sisteme uygun olarak düzenlenmesi ile

$$\dot{Q}_g - \dot{Q}_{ç} + \alpha\beta\dot{m}C_p(T_{du} - T) = M.C_v \frac{dT}{dt} \quad (2.4)$$

denklemini elde edilir. (2.4) denkleminde sıcaklığın zamana göre değişimi;

$$\frac{dT}{dt} = \frac{\dot{Q}_g - \dot{Q}_{ç} + \alpha\beta\dot{m}C_p(T_{du} - T)}{MC_v} \quad (2.5)$$

şeklinde elde edilir. Çalışmada (2.5) denklemini kullanılarak değişkenlerin zamana bağlı değişimi için alt denklemler oluşturulmuştur. Buna göre;

$$\frac{T_{iç}^n - T_{iç}^{n-1}}{dt} = \frac{\dot{Q}_g^{n-1} + \beta^n \dot{m}C_p(T_{ç} - T_{iç}^{n-1})}{MC_v} \quad (2.6)$$

sonlu fark denklemini kullanılarak HVAC sisteminde iklimlendirilen ortamın iç ortam sıcaklık $T_{iç}$ değişimi zamanla bağlı olarak hesaplanmıştır.

(2.6) denkleminde görülen \dot{Q}_g (W) iklimlendirilen ortama, dış ortamdan iletim ile gelen ısı gücünü göstermektedir ve denklem (2.7) yardımıyla değişken ortam sıcaklığına bağlı olarak hesaplanmaktadır.

$$\dot{Q}_g^n = \frac{(T_{du} - T_{iç}^n)}{R} = \frac{(T_{du} - T_{iç}^n)}{\frac{L}{kA}} \quad (2.7)$$

Klima santralinde havadan çekilen ısı gücü değişken fan debisine bağlı olarak şu denklem yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\dot{Q}_c^n = \beta^n \dot{m} C_p (T_c - T_g^n) \quad (2.8)$$

(2.8) denkleminde yer alan klima santrali giriş sıcaklığı T_g ; (2.9) denkleminin yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\beta \dot{m} C_p T_g^n = \beta(1-\alpha) \dot{m} C_p T_{iç}^n + \beta\alpha \dot{m} C_p T_{du} \quad (2.9)$$

Bu denklemin sadeleştirilmesi ile de;

$$T_g^n = (1-\alpha)T_{iç}^n + \alpha T_{du} \quad (2.10)$$

hedef denklem elde edilmiştir.

2.3. HVAC sisteminin Aç-Kapa ve Bulanık Mantık Kontrolü

Çalışmada göz önüne alınan iklimlendirme sisteminin iki farklı yöntem ile olan kontrolü için performans incelemesi yapılmıştır. Aç-Kapa ve bulanık mantık ile yapılan klima santrali kontrolünde, ortam sıcaklığı kontrol parametresi olarak göz önüne alınmış ve sistemden dışarı atılan α hava oranı'nın 0.2, 0.4 ve 0.6 olduğu durumlar için elde edilen zamana bağlı sıcaklık, soğutucu gücü ve fan debisi düşme oranı β (FDDO) değerleri karşılaştırılmıştır.

Aç-Kapa kontrol için sistemin sınırları $\mp 0,4^{\circ}\text{C}$ olarak ayarlanmıştır. Bu durumda ortamın iç sıcaklığı $24,6^{\circ}\text{C}$ olana kadar sistem tam güçte açık kalmakta ve daha sonra kapanmaktadır. Sistem; denklem 2.7 ile gösterilen \dot{Q}_g^n ısı ile yeniden ısınarak $25,4^{\circ}\text{C}$ sıcaklığına ulaştığında klima santrali yeniden tam güçte çalışmaktadır.

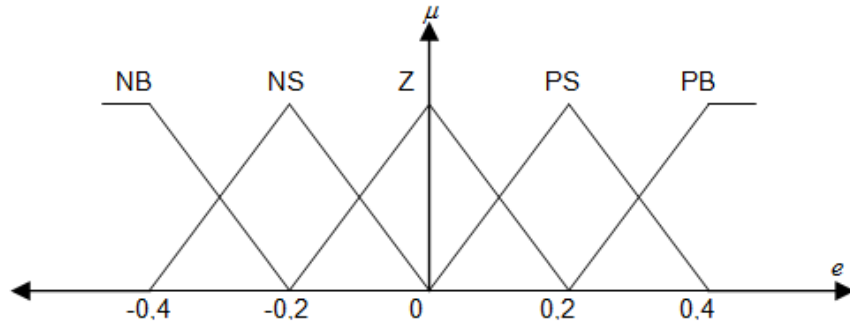
Bulanık mantık yönteminde ise, klasik mantıktaki; “bir durum ya doğrudur ya da yanlıştır” önermesi yerine, bir durumun doğruluğa ve yanlışığa aitlik oranı değeri kullanılmaktadır. Bu kavram daha farklı şekilde, “bulanık mantıkta durumlar veya sonuçlar alabilecekleri değer aralığı içinde farklı sınıflara aitlikleri ile tanımlanmaktadır” olarak da tanımlanabilir. Bu şekilde gerçek hayatta karşılaşılan problemler için daha esnek modeller kurmak ve çözümler üretmek mümkün olmaktadır.

Bulanık mantığın kontrol çalışmalarında kullanılması için iki önemli adım bulunmaktadır. Bunlardan birincisi üyelik fonksiyonlarının tanımlanması diğeri ise kural tabanının oluşturulmasıdır. Üyelik fonksiyonu tanımlanması; hangi değerlerin hangi sınıfa hangi üyelik oranı ile ait olacağını belirlemek işlemidir. Kural tabanı ise, bir değerlerin her hangi bir sınıfa belli değerlerle olan üyeliğinin ne sonuç getireceğine karar verilmesidir. Eğer sistemde birden fazla bulanık giriş değeri mevcut ise, sonucun belirlenmesi için durulaştırma teknikleri kullanılmaktadır.

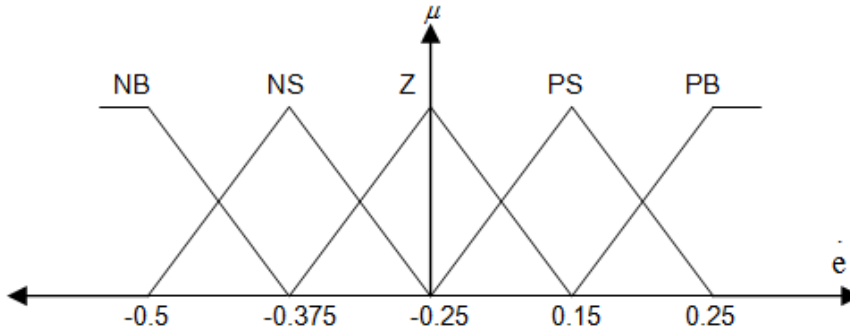
$$e^n = T_{iç}^{n-1} - T_{ref} \quad (2.11)$$

$$\dot{e}^n = e^n - e^{n-1} \quad (2.12)$$

Kurulan sistem modelinde bulanık mantık kontrolü ile iç ortam sıcaklığının istenen sıcaklığa ayarlanması için hata (e) ve hata değişimi (\dot{e}) değerleri kullanılmıştır. Hata değeri denklem 2.11 de, hata değişimi değeri de denklem 2.12 de gösterildiği şekilde hesaplanmıştır. Sistem benzetimi hata (e^n) ve hata değişimi (\dot{e}^n) değerleri birim zaman için hesap edilerek yapılmış ve bu şekilde bulanık mantık kontrolün girişleri oluşturulmuştur. Bu girişlerden Şekil 2. ve Şekil 3.'de gösterilen üyelik fonksiyonlarına göre çıkış değeri elde edilmiştir.

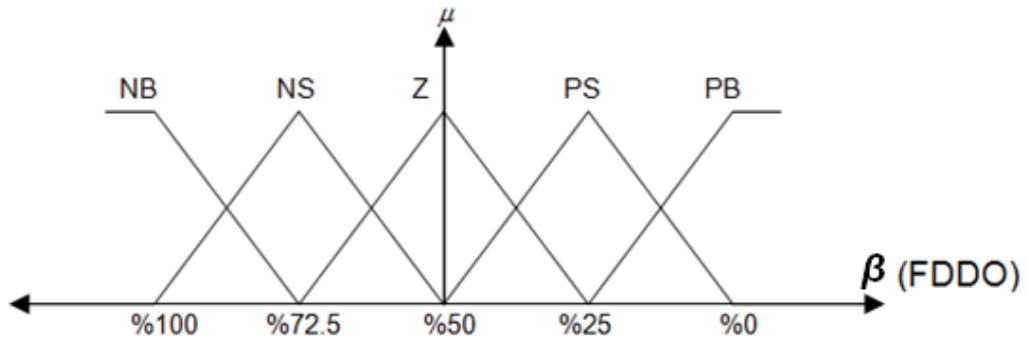


Şekil 2. Hata (e) değeri için üyelik fonksiyonu



Şekil 3. Hata değişimi (e) değerleri için üyelik fonksiyonu

Sistemin iki girişi olduğu ve buna bağlı olarak birden fazla çıkış elde edildiği için bir durulaştırma tekniğine ihtiyaç duyulmuştur. Bu sebeple “Alanların Merkezi” durulaştırma yöntemi kullanılarak, fan debisi düşme oranını (FDDO) belirleyen tek bir sonuç (β) üretilmiştir [11]. Bu şekilde fan debisi değiştirilerek soğutucunun gücü değiştirilmiş ve iç ortam sıcaklığı kontrol edilmiş olmaktadır. Durulaştırma tekniği kullanılır iken Tablo 1. de verilen 25 kurallı kural tabanı ve Şekil 4.’de gösterilen üyelik fonksiyonu kullanılmıştır.



Şekil 4. Fan debisi değişim oranı için üyelik fonksiyonu

Bulanık sınıflar oluşturulurken Soygüder ve Allı [2] tarafından yapılmış olan çalışma incelenerek, bu çalışmada kurulan sistem modeline uygun yöntem izlenmiştir. Yukarıda geçen NB, negatif büyük, NS negatif küçük, Z sıfır, PS pozitif küçük, PB pozitif büyük anlamına gelmektedir. Şekillerde dikey eksen ifade eden μ ise üyelik derecesini göstermektedir.

Tablo 1. Çıkış (β) değeri için kural tabanı.

β (FDDO)	NB	NS	Z	PS	PB
NB	NB	NB	NS	NS	Z
NS	NB	NS	NS	Z	Z
Z	NS	NS	Z	Z	PS
PS	NS	Z	PS	PS	PB
PB	Z	PS	PS	PB	PB

3. BULGULAR

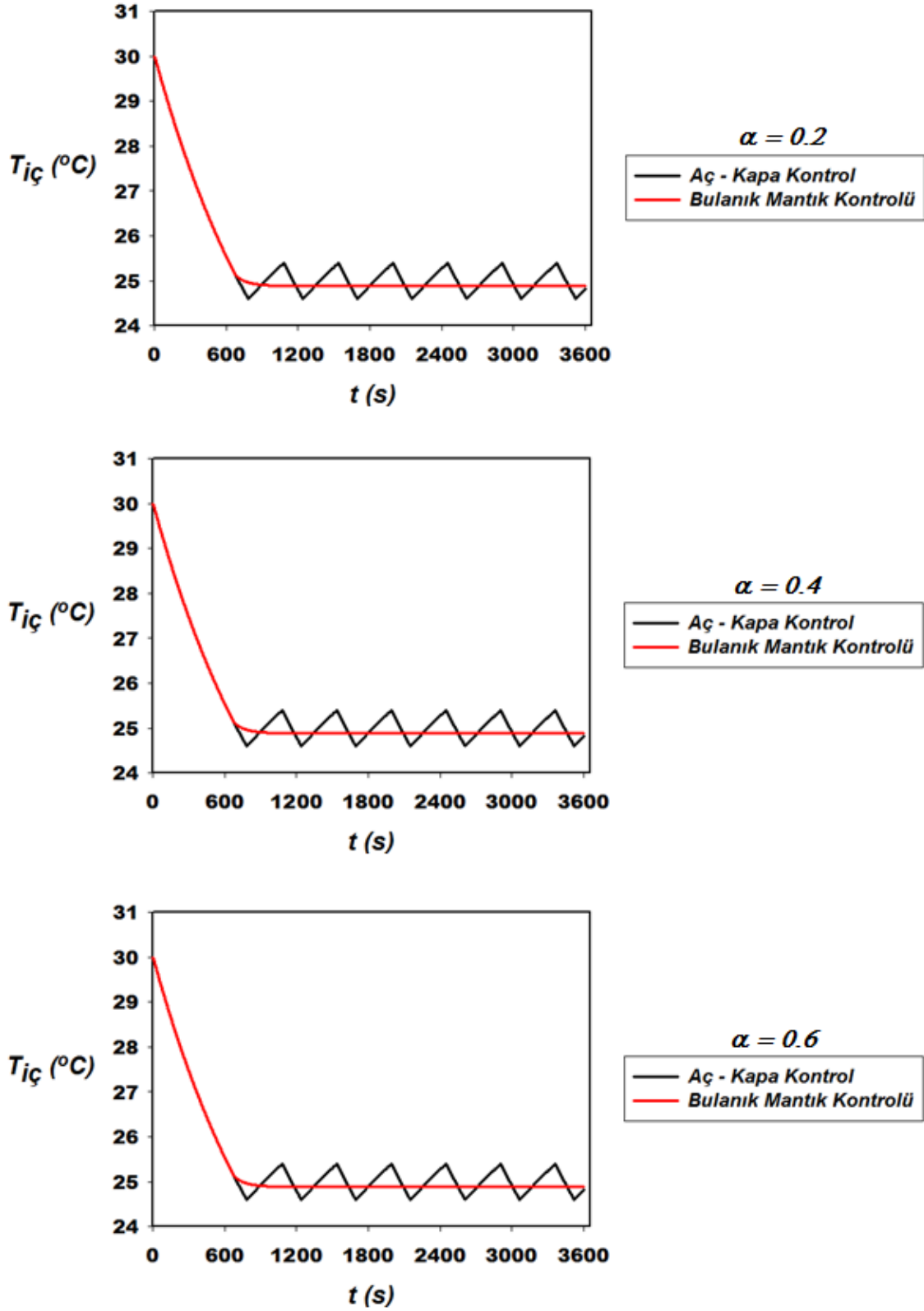
İncelenen model için kullanılan tüm bağıntılar Microsoft Excel - Visual Basic programında kodlanmıştır. Oluşturulan program 3600 saniyelik bir zaman periyodu için çalıştırılarak, sistem performansına ilişkin bulgular elde edilmiştir. Buna göre Şekil 5.'te de görüldüğü gibi üç farklı hava tahliye oranı için olan ortam sıcaklık-zaman değişimleri ayrıdır.

Zira dış ortama olan hava tahliyesi arttıkça dış ortamdan alınan taze hava miktarı da aynı olacak ve klima santralinde havadan çekilmekte olan ısı gücü de artacaktır. Diğer bir deyişle klima santraline gelen hava sıcaklığındaki artışa bağlı olarak havadan çekilen ısı gücü de artacağından ortama gönderilen soğutulmuş hava sıcaklığında herhangi bir değişiklik ortaya çıkmayacaktır. Dolayısıyla ortamdaki sıcaklık-zaman değişimlerinin dışarıya atılan hava oranından bağımsız olması beklenen bir durumdur. Ortam sıcaklığının zamanla olan değişimlerinden görüldüğü gibi, aç-kapa ve bulanık mantık kontrolleri özellikle konfor ve kontrol mekanizmasında harcanacak enerji üzerinde farklı şekilde etkili olmaktadır. Zira aç-kapa kontrol edilen klima santrali ile beslenen ortam sıcaklığında belirli aralıkta dalgalanmalar ortaya çıkarken bulanık mantık ile yapılan kontrolde sabit bir ortam sıcaklığı ve dolayısıyla daha konforlu bir ortam söz konusudur.

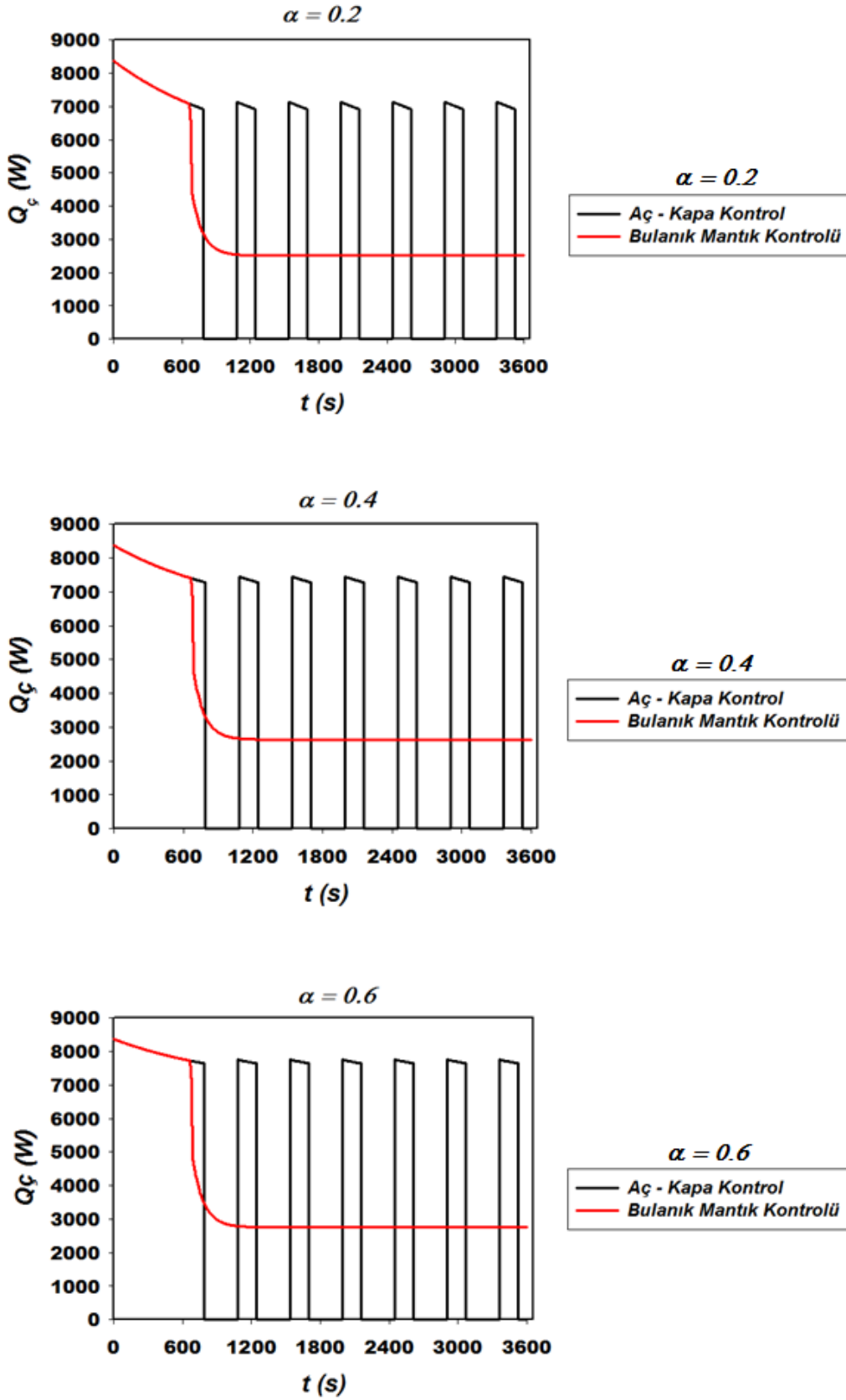
Aç-kapa ve bulanık mantık ile yapılan fan debi kontrollerinin havadan çekilen ısı gücü açısından karşılaştırması Şekil 6.'da görülen grafikler üzerinde yapılmıştır. Burada da görüldüğü gibi dışarıya olan hava tahliye oranının artan değerleri ile birlikte klima santralinde havadan çekilen ısı gücü değerinde artış ortaya çıkmaktadır. Örneğin $\alpha=0.2$ hava tahliye oranı için aç-kapa kontrol uygulamasında yaklaşık 7000 W civarında ve bulanık mantık kontrol uygulamasında yaklaşık 2500 W civarında olan soğutma gücü, $\alpha=0.6$ değerinde aç-kapa kontrol uygulamasında 7800 W değerine ve bulanık mantık kontrol uygulamasında da 2800 W değerine çıkmaktadır. Dışarıya atılan düşük sıcaklıktaki hava miktarı kadar fakat daha yüksek sıcaklıkta olarak dışarıdan alınan havanın soğutma yükündeki artışa bağlı olarak ortaya çıkan bu bulgu beklentilere de uygundur. Öte yandan Şekil 6.'daki değişimlerden de görülebileceği gibi her bir hava tahliye oranı için, bulanık mantık kontrol uygulamasında hava için harcanan ortalama soğutma güçleri aç-kapa kontrol uygulamasına göre daha düşüktür. Bu durum eğrilerin altında kalan alanların kıyaslanması ile de görülebilir. Sistemde harcanan enerji açısından bulanık mantık uygulamasını aç-kapa kontrole göre daha avantajlı kılan bu sonucun nedeni; aç-kapa kontrol ile kesintili olarak çalışan sistemin kontrol sıcaklığının altındaki değerler için de enerji kullanıyor olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca aç-kapa kontrol uygulamasında sistemin debisini aç-kapa olarak kontrol eden mekanizmanın harcayacağı enerjinin de göz önüne alınması ile enerji harcamasındaki artış daha da belirgin hale gelir. Oysaki bulanık mantık kontrolü ile sistem sürekli olarak sabit debide ve kararlı olarak belirli bir set değerinde ısı gücü harcayacak şekilde HVAC sistemini çalıştırmaktadır.

Çalışmada ortam sıcaklık kontrolü hava debisi ile yapıldığından her iki kontrol için olan fan debisi düşme oranlarının kıyaslaması da yapılmıştır. Şekil 7.'de de görüldüğü gibi; aç-kapa kontrolün kesintili çalışma davranışına karşın bulanık mantık kontrol uygulamasında klima sistemindeki fanın yaklaşık %40 kapasitede sürekli olarak çalışması sıcaklık kontrolü için yeterli olmaktadır. Bu bulgu aynı

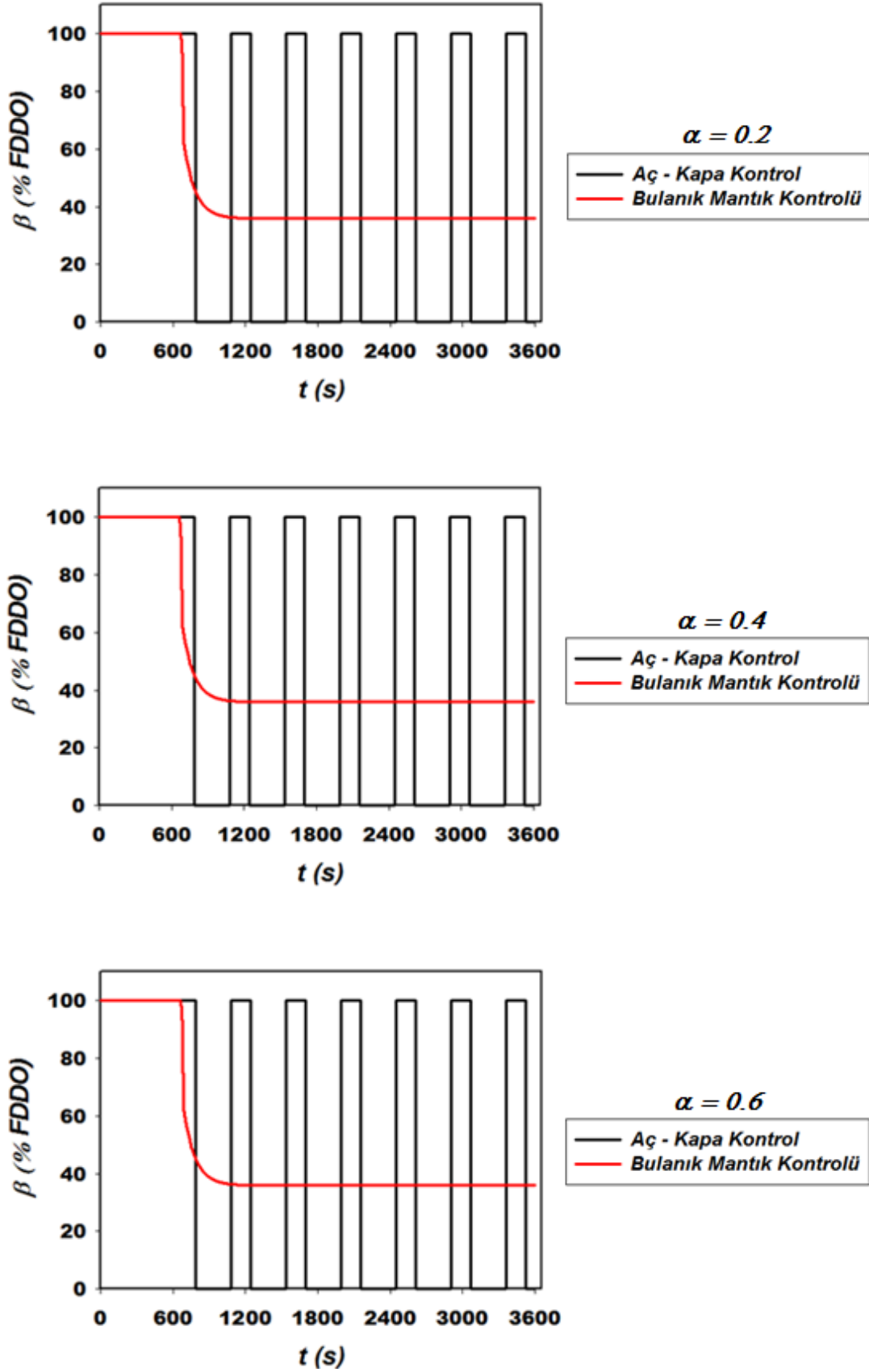
zamanda, HVAC sistemlerinin bulanık mantık ile kontrol edilmesi durumunda aç-kapa kontrole göre daha düşük debi ile sistemin beslenebileceğini ve bunun da enerji tasarrufu anlamına geleceğini göstermektedir.



Şekil 5. Ortam sıcaklığının farklı hava tahliye oranına (α) göre olan değişimi.



Şekil 6. Klima santralinde soğutma için harcanan enerjinin farklı hava tahliye oranına (α) göre olan değişimi.



Şekil 7. Fan debisi düşme oranı'nın (FDDO) farklı hava tahliye oranına (α) göre olan değişimi.

4. SONUÇ

Bu çalışmada; seçilen tipik bir havalandırma tesisatı üzerinde aç-kapa ve bulanık mantık kontrolü kıyaslamalı olarak incelenmiştir. Elde edilen bulgular göstermektedir ki; hem konfor koşullarının sağlanması açısından hem de sistemde kullanılan toplam enerji açısından bulanık mantık kontrolünün aç-kapa kontrolüne göre belirgin üstünlükleri vardır. Bulanık mantık kontrolünü sağlayan yazılımların HVAC sistemlerinde uygulanabilirliği konusunda yeni çalışmaların yapılmasına gereksinim vardır.

KAYNAKLAR

- [1] Chu C.M., Jong, T.L. and Huang, Y.W., “Thermal Comfort Control on Multi-Room Fan Coil Unit, System Using LEE -Based Fuzzy Logic”, Energy Conversion and Management, 46: 1579–1593 (2005).
- [2] Soygüder S. ve Alli H., Bir HVAC Sisteminin FUZZY-PD Tipi Denetimi ve Sayısal Benzetimi, Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20 (2), 355-367, (2008).
- [3] Şengirgin M. ve Pulat E., “Tek Bölge Bir Isıtma -Havalandırma Sisteminin Modellenmesi ve Simülasyonu”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 11:3, 407 – 415 (2005).
- [4] Lute, P., Paassen, D., “Optimal Indoor Temperature Control Using a Predictor”, IEEE Control Systems, pp 4-10, August, 1995.
- [5] Engdahl F. and Svensson A., “Pressure Controlled Variable Air Volume System”, Energy and Buildings, 35: 11 1161 - 1172 (2003).
- [6] Yılmaz S., Güngör A., Ertuğrul Ş.F., Eskin N., “Bir Ofis binasının Değişken Hava Debili İklimlendirme Sisteminin Modellenmesi ve Kontrolü”, VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 2005.
- [7] Bruant M., Gerard G., Pierre M., “Design and Tuning of a Fuzzy Controller For Indoor Air Quality and thermal comfort management”, International Journal of Solar Energy, 21:2-3, 81-109, (2007).
- [8] Dong D., Song L., V.P., and P.E. Wei, “Optimization of HVAC Control to Improve Comfort and Energy Performance in a School”, Energy Engineering, 105:3, 6-22, (2009).
- [9] Asiedu Y., Besant R. W., Gu P., “HVAC Duct System Design Using Genetic Algorithms”, HVAC&R Research, 6:2, 149-173, (2011).
- [10] Nassif N., Kaji S. And Sabourin R., “Optimization of HVAC Control System Strategy Using Two-Objective Genetic Algorithm”, HVAC &R Research, 11:3, 459-486, (2011).
- [11] Fuzzy Logic with Engineering Application, second edition, Timothy J. Ross, University of New Mexico, USA Copyright, 2004 John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England.

ÖZGEÇMİŞ

Şahin YİĞİT

1986 yılı Ankara doğumludur. 2005 yılında kazandığı Karadeniz Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünü 2009 yılında bölüm birincisi olarak bitirmiştir. Aynı Üniversitede 2009 yılında araştırma görevlisi olarak göreve başlamıştır ve 2011 yılında Yüksek Mühendis unvanını almıştır. Halen K.T.Ü. Makina Mühendisliği bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmakta ve aynı zamanda da doktora eğitimine devam etmektedir. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği, Havalandırma ve İklimlendirme Sistemleri, Isı ve Kütle Transferi konularında çalışmaya devam etmekte ve iyi derecede İngilizce bilmektedir.

Kadir BÜYÜKÖZKAN

1987 yılı Ankara doğumludur. Lisans eğitimini 2009 yılında, Yüksek Lisans eğitimini 2012 yılında Selçuk Üniversitesi Endüstri Mühendisliği anabilim dalında tamamlamıştır. 2011 yılında Karadeniz

Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliğinde araştırma görevlisi olarak göreve başlamıştır. Meta-Sezgisel yöntemler, Bulanık mantık, İş çizelgeleme ve Optimizasyon konularında çalışmakta ve iyi derecede İngilizce bilmektedir.

Fatin SÖNMEZ

1981 yılı Trabzon doğumludur. 2001–2005 yılları arasında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği bölümünde okudu. 2005–2010 yılları arasında özel sektörde çalışmıştır. 2010 yılından itibaren Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin Meslek Yüksekokulunda, Makine programında öğretim görevlisi olarak görev yapmaktadır. Halen Karadeniz Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği bölümü, Termodinamik Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine devam etmektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır.

Burhan ÇUHADAROĞLU

1961 Trabzon doğumludur. İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi 1983 yılı mezunudur. Karadeniz Teknik Üniversitesi'nden 1986 yılında Yüksek Mühendis, 1991 yılında Doktor unvanını almıştır. 1998 yılında Doçent olmuştur. 2004 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümüne Profesör olarak atanmıştır. Araştırmaları “Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği”, “Hava Kirliliği” ve “Yapıda Isıtma Tesisatı” konuları üzerinde yoğunlaşmıştır. Makina Mühendisleri Odası üyesidir. Meslek dışı ilgi alanları, doğa, spor ve felsefedir. Halen KTÜ Makina Mühendisliği Bölümü Termodinamik Anabilim Dalı'nda öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Evli ve üç çocuk babasıdır.