



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PASTANE VİTRİNLERİ İKLİMLENDİRME OTOMASYONU

Recai ÖZCAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektronik ve Bilgisayar Sistemleri Anabilim Dalı

Haziran-2015

KONYA

Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PASTANE VİTRİNLERİ İKLİMLENDİRME OTOMASYONU

Recai ÖZCAN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektronik ve Bilgisayar Sistemleri Anabilim Dalı Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Kemal TÜTÜNCÜ

2015, 89 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Novruz ALLAHVERDİ
Yrd. Doç. Dr. Kemal TÜTÜNCÜ
Yrd. Doç. Dr. Abdullah Erdal TÜMER

Son yıllarda kontrol sistemleri, uygarlığın gelişmesinde önemli rol oynayan bir bilim dalı haline gelmiştir. Endüstride, modern araç ve gereçlerde, otomatik kontrol sistemlerinin sayısız uygulamaları vardır.

Kontrol stratejileri enerji tüketiminin azaltılması ve en elverişli ortam koşullarının belirlenmesi için sıklıkla kullanılmaktadır. İklimlendirme otomasyonu olarak tabir edilen ve genellikle sıcaklık ve nemin içinde yer aldığı parametrelerin kontrolünü içeren uygulamalar bu örnekler arasında yer almaktadır. İmalat sektörü başta olmak üzere enerji tasarrufu ve kalitenin artırımı için kontrolün belirli değer aralığında tutulması gerekmektedir.

İklimlendirme otomasyonunun kullanıldığı alanlardan biriside pastane vitrinlerinde sıcaklık ve nemin belirli bir seviyede tutulmasıdır. Ülkemizde hali hazırda üretimi gerçekleştirilen soğutuculu pasta vitrinlerinde sadece ısı kontrolü yapılmaktadır. Pastacılık sektöründe özellikle günlük olarak üretilen ürünler için gerekli olan nem seviyesi sağlanamamakta, bu da raf ömürlerinin kısa olmasına neden olmaktadır.

Bu çalışma ile günlük üretimi en fazla olan vitrin ürünlerinden yaş pasta için gerekli saklama koşullarının (+4°C ve %70 RH - %80 RH) pastane vitrininde sağlanması için kontrol sistemi tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Bulanık Mantık (BM) tabanlı olarak gerçekleştirilen gömülü kontrol sistemi PIC programlanarak oluşturulmuştur. Oluşturulan sistem, vitrin içi sıcaklığı +4°C ve nemi %70 RH - %80 RH arasında tutmaktadır. Giriş değişkenleri sıcaklık ve nem, çıkış değişkenleri ise DC fan, AC fan ve ultrasonik atomizerin darbe genişlik modülasyonu (PWM) kademeleridir. Isı evaporatif soğutma, nem ise soğuk buharla sağlanmıştır. DC fan vitrin içi alt - üst sıcaklık ile nem dengeleyicisi ve AC fan evaporatör ile vitrin içi sıcaklık farkının 5°C'den fazla olmaması ve vitrin ısısının istenilen seviyeye kolayca ulaşması için kullanılmaktadır. Ultrasonik atomizer ise vitrinde nem oluşumunu sağlamaktadır. Sıcaklık ve nem SHT11 sensörü ile okunup BM sistemi ile programlanmış olan PIC18F4620'ye aktarılmaktadır. Aktarılan bu değerlere bağlı olarak DC fan, AC fan ve ultrasonik atomizer yaş pasta için gerekli iklimlendirmeyi sağlayacak PWM kademesinde çalıştırılmaktadır. Ayrıca soğutma amaçlı olarak kullanılan kompresör bir kontaktör aracılığıyla vitrin içi sıcaklığını 4°C'de sabit tutmak amacıyla 3°C-5°C aralığında açılıp kapatılmaktadır. Gerçekleştirilen arayüz ekranı ile anlık olarak tüm giriş ve çıkış değişkenlerinin değerleri izlenilebilmektedir.

Geliştirilen Bulanık Mantık Kontrol Sisteminin (BMKS) ile gerekli hava akış hızı sağlanarak iç ortam neminin yoğuşarak su haline dönüşmesi ve evaporatör yüzeyinde oluşan karlanma minimize edilmeye çalışılmıştır. Böylelikle enerji tasarrufuna katkı sağlanmıştır.

BMKS'nin doğruluğunu test etmek amacı ile aynı giriş değerleri kullanılarak Matlab FIS Editör programı ve BMKS karşılaştırılmış, sonuçların Matlab FIS Editör'den elde edilen değerler ile aynı olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Bulanık mantık kontrol sistemi, Gömülü kontrol sistemi, İklimlendirme, Kompressör, PIC18F4620, PWM, SHT11, Ultrasonik atomizer.

ABSTRACT

MS THESIS

AUTOMATION OF AIR CONDITIONING FOR PATISSERIE SHOPWINDOWS

Recai ÖZCAN

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN ELECTRONIC AND COMPUTER SYSTEMS EDUCATION

Advisor: Asst. Prof. Dr. Kemal TÜTÜNCÜ

2015, 89 Pages

Jury
Prof. Dr. Novruz ALLAHVERDİ
Asst. Prof. Dr. Kemal TÜTÜNCÜ
Asst. Prof. Dr. Abdullah Erdal TÜMER

In recent years controlling systems have become an important science field in the development of civilization. There are countless automatic controlling systems in industry and modern equipments.

Controlling strategies are frequently used in order to reduce the consumption of energy and determine the favorable setting conditions. The so-called climate automation and generally where applications involving the control of the parameters of temperature and humidity are among the examples of this. Especially in the manufacturing sector; controlling must be kept in a certain range for the energy saving and the increase of the quality.

One of the areas where automation used is the climate automation kept at a certain level of temperature and humidity in the patisserie showwindows. In our country the patisserie showwindows are produced just to control only the temperature. In the patisserie sector; especially for the daily products the necessary humidity cannot be supplied and so the shelf life span of the products are become short.

With this study; the fuzzy logic control system was designed and implemented for the patisserie showwindow to meet the required storage conditions for cakes (+4°C and the humidity interval 70% RH-80%RH.) that has highest daily production ratio among the productions stored in patisserie showwindow. Embedded control system was based on Fuzzy Logic (FL) and implemented by PIC programming. The system keeps the temperature of the showwindow at +4°C and the humidity at 70% RH- 80%RH. Input variables are temperature and relative humidity whereas output variables are Pulse Width Modulation (PWM) levels of DC fan, AC fan and the ultrasonic atomizer. Temperature is conducted with evaporative cooling and the humidity is conducted with cold vapor. DC fan was used as the stabilizer of the temperature of the bottom and top of the showwindow and humidity whereas AC fan was used to provide the temperature difference of the inside of the showwindow not to be over 5°C and the intended heat for the showwindow easily. The ultrasonic atomizer was used to form humidity in the patisserie showwindow. Temperature and humidity variables are read with the sensor SHT11 and transferred to the PIC18F4620 that is programmed with the FL system. Depending on these transferred values DC fan, AC fan and the ultrasonic atomizer are run at the PWM levels that meet required air conditioning for cakes. Moreover a compressor that is used for cooling aim was switched on and switced off by contactor at the interval 3°C-5°C to supply 4°C temperature in the patisserie showwindow. Developed Graphical User Interface of the system allows monitoring the values of all input and output variables instantly.

With the developed Fuzzy Logic Control System (FLCS) the necessary air flow rate was supplied and the indoor humidity turned into water by compensating. Snowing on the evaporator was attempted to prevent. Thus energy saving was supported by the system.

To test the accuracy of developed FLCS, the same input values are used for both Matlab FIS editor program and FLCS. The results were compared and it has been seen that the values obtained from Matlab FIS editor program are the same as developed FLCS.

Keywords: Fuzzy logic control system, Embedded control system, Air conditioning, Compressor, PIC18F4620, PWM, SHT11, Ultrasonic atomizing.

ÖNSÖZ

Çalışmalarım esnasında beni yönlendiren, yardım ve desteğini esirgemeyen, bana her yönden danışmanlık eden saygıdeğer hocam Yrd. Doç. Dr. Kemal TÜTÜNCÜ'ye, karşılaştığım problemlere pratik çözümler getiren değerli hocam Dr. Murat KÖKLÜ'ye, daha önceden yaptığı tez çalışmasında kazandığı tecrübeyi bu çalışmada bana aktararak çalışmamda kolaylık sağlayan arkadaşım Öğr. Gör. Ömer ÖZCAN'a, normal yaşantımda olduğu gibi bu çalışmada da motivasyonumu artıran değerli arkadaşlarım Fahri YILMAZ, Murat ÖZ, Ahmet TOPRAK'a ve destek olan diğer tüm arkadaşlarıma teşekkürlerimi arz ederim.

Recai ÖZCAN
KONYA-2015

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**

ABSTRACT ..... **ii**

ÖNSÖZ ..... **iv**

İÇİNDEKİLER ..... **v**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **4**

3. MATERYAL VE YÖNTEM **9**

3.1. Buhar Sıkıştırmalı (Kompresyon) Soğutma Sistemi 9
3.1.1. Buhar sıkıştırmalı (kompresyon) soğutma sistemi elemanları 9
3.1.1.1. Soğutma kompresörleri (buhar sıkıştırma aparatı) 10
3.1.1.2. Kondenser (sıkıştırılan buharı yoğuşturucu) 10
3.1.1.3. Evaporatör (buharlaştırıcı- soğutucu) 11
3.1.1.4. Termostatik Genişleme Aparatı (ekspansiyon valfi) 11
3.2. Bulanık Mantık 12
3.2.1. Bulanık mantık temel kavramları 14
3.2.2. Bulanık küme işlemleri 15
3.2.3. Bulanık denetleyici 16
3.2.3.1. Bulanıklaştırma birimi 17
3.2.3.2. Bilgi tabanı 17
3.2.3.3. Çıkarım birimi 19
3.2.3.4. Beraklaştırma birimi 19
3.3. Gömülü Sistemler 20
3.3.1. Gömülü sistem çeşitleri 21
3.3.1.1. Tek çalışan gömülü sistemler 21
3.3.1.2. Gerçek zamanlı gömülü sistemler 21
3.3.1.3. Ağa bağlı uygulamalar 21
3.3.1.4. Hareketli cihazlar 21
3.4. Gerçekleştirilen Gömülü Kontrol Sistemi ve Tasarımı 22
3.4.1. Gerçekleştirilen sistemin donanımı 22
3.4.1.1. Kontrol kartı 23
3.4.1.2. Mikrodenetleyici 27
3.4.1.3. Darbe genişlik modülasyonu (PWM) 29
3.4.1.3.1. PIC PWM modu 31
3.4.1.4. SHT11 nem ve sıcaklık sensörü 32
3.4.1.5. Frekans dönüştürücü 35
3.4.1.6. Soğuk nemlendirici (ultrasonik nemlendirme) 37
3.4.1.6.1. Bağıl nem 38
3.4.1.6.2. Adyabatik nemlendirme 39
3.4.1.6.3. Psikrometri 39
3.4.1.7. Röle ve açık-kapalı kontrol 41
3.4.1.8. Gerçekleştirilen sistemin görünümü 42
3.4.2. Gerçekleştirilen sistemin yazılımı 43

3.4.2.1. Matlab simulink hakkında genel bilgi 43
3.4.2.1.1. Tasarımın simulink ile modellenmesi 43
3.4.2.2. MATLAB fuzzy editörde BMK ile DC fan hız kontrol tasarımı 45
3.4.2.3. MATLAB fuzzy editörde BMK ile atomizer kademe kontrol tasarımı. 52
3.4.2.4. MATLAB fuzzy editörde BMK ile AC fan hız kontrol tasarımı 58
3.4.2.5. Mikrodenetleyici yazılımı 66
3.4.2.6. Arayüz yazılımı 67

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA 68

4.1. Örnek Uygulama 68
4.1.1. DC fan kademesi 68
4.1.1.1. Giriş değerlerini bulma 68
4.1.1.2. Girişleri bulanıklaştırma 69
4.1.1.2.1. Sıcaklık farkı için bulanıklaştırma 69
4.1.1.2.2. Nem farkı için bulanıklaştırma 70
4.1.1.3. Çıkarım ve bilgi tabanı 70
4.1.1.4. Merkezlerin ağırlıklı ortalaması metodu ile durulaştırma 71
4.1.2. Atomizer kademesi 72
4.1.2.1. Giriş değerlerini bulma 72
4.1.2.2. Girişleri bulanıklaştırma 73
4.1.2.2.1. Sıcaklık ortalaması için bulanıklaştırma 73
4.1.2.2.2. Nem ortalaması için bulanıklaştırma 74
4.1.2.3. Çıkarım ve bilgi tabanı 75
4.1.2.4. Merkezlerin ağırlıklı ortalaması metodu ile durulaştırma 75
4.1.3. AC fan kademesi 76
4.1.3.1. Giriş değerlerini bulma 77
4.1.3.2. Girişleri bulanıklaştırma 77
4.1.3.2.1. Ortalama sıcaklık ile evaporatör sıcaklığı farkı için 77
4.1.3.2.2. Ortalama nem için 78
4.1.3.3. Çıkarım ve bilgi tabanı 79
4.1.3.4. Merkezlerin ağırlıklı ortalaması metodu ile durulaştırma 79

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 82

5.1. Sonuçlar 82
5.2. Öneriler 83

KAYNAKLAR 84

EKLER 88

ÖZGEÇMİŞ 89

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

μ_A	A bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu
$\bar{A}$	A'nın tümleyeni
$A \cap B$	A ve B kümelerinin kesişimi
AUB	A ve B kümelerinin birleşimi
%	Yüzde
$\in$	Elemanıdır
X	Evrensel küme
V_s	Pulse widht modulation doğru akım değeri
V_g	Doğru akım giriş değeri
$\int$	İntegral
T	Periyot
D	Çıkış voltajının giriş voltajına oranı
°C	Santigrat derece

Kısaltmalar

AC	Alternative current
ADC	Analog digital converter
BM	Bulanık mantık
BMK	Bulanık mantık kontrol
BMKS	Bulanık mantık kontrol sistemi
CCP	Capture Compare PWM modülü
DC	Direct current
EUSART	Enhanced universal synchronous asynchronous receiver transmitter
FL	Fuzzy logic
GND	Ground
HVAC	Heating ventilating and air conditioning
Hz	Hertz
LCD	Liquid crystal display
MATLAB	Matrix laboratory
MHz	Megahertz

msn	Milisaniye
μs	Mikrosaniye
nA	Nanoamper
P	Proportional (Oransal Kontrolör)
PC	Personal computer
PCB	Printed Circuit Board
PI	Proportional Integral
PIC	Programmable interrupt controller
PID	Proportional Integral Derivative
PWM	Pulse width modulation
R22	Refrigerant 22
RAM	Random access memory
RH	Relative humudity
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protokol
UART	Universal asynchronous receiver-transmitter
USB	Universal serial bus
Vdc	DC voltaj
μA	Mikroamper
I^2C	Inter-Integrated Circuit

1. GİRİŞ

Endüstride eskiden beri olduğu gibi günümüzde de günlük olarak üretilen gıda maddelerinin ömürlerini uzatmak büyük bir sorun olmuştur. Çeşidine göre kurutmak, soğutmak, dondurmak ve içerisine katkı maddeleri eklemek suretiyle malzemenin ömürleri uzatılmaktadır. Ürünler için gerekli şartlar sağlanmadığında bozulmakta veya deformasyona uğramaktadırlar.

Pastacılık sektöründe de durum böyledir. Örneğin yaş pasta göz önüne alınırsa; imalatından sonra satış için belli bir süre vitrinde müşterinin görebileceği yerde sergilenmesi gerekmektedir, bu süre çok uzayabilir ve ürün için gerekli olan saklama şartları sağlanmadığı takdirde satışı yapılamadan bozulur. Yaş pasta için sıcaklık ve nemin belirli bir değerde tutulması gerekir.

Bu durumda yapılması gereken, yaş pasta için gerekli olan şartları sağlayabilecek vitrin imalatıdır. Hali hazırda üretimi gerçekleştirilen soğutuculu pasta vitrinlerinin çoğunda yalnızca ısı kontrolü yapılmaktadır. Pastacılık sektörü için gerekli olan ortamdaki nem, vitrin altında biriken suya fanlarla hava üfleme yapılarak sağlanmaya çalışılmakta bu şekilde istenilen ideal nem değerine ulaşılamamaktadır. Bu da ürünlerin ömrünün kısa olmasına neden olmakta, ikinci bir problem ise dolap içinde olması gereken ısının ani iniş ve çıkışlara maruz kalmasından ötürü çikolatalı pastalarda meydana gelen deformasyondur.

Ürünlerin saklanması için en uygun sıcaklık, bağıl nem ve hava hızı değerleri tasarım aşamasında seçilir, depolama süresinin uzun olması için seçilen parametrelerin sürekli olarak kontrol altında tutulması gerekir (Devres, 2013).

Pastane vitrinlerinde ideal sıcaklık ve nem yaş pastalar için +4°C ve %70 - %80 RH'dir. İdeal olan bağıl nem derecelerine çıkılamaması ve sıcaklık dalgalanmalarından dolayı ürünlerin raf ömrü kısalmaktadır.

Vitrinlerde istenilen sıcaklık ve bağıl nem değerlerine çıkılsa bile ürün satışı için ara ara açılan vitrin kapısı bu şartları değiştirmekte, aynı zamanda vitrin içi homojen olması gereken hava şartlarını da önemli ölçüde değiştirmektedir.

Vitrinlerde genellikle yaygın olarak evaporatif soğutma tekniği kullanılmaktadır. Soğutucu akışkan ile soğutulan bölüm arasındaki sıcaklık farkının mümkün olabildiği kadar az olmasına dikkat etmek gerekir.

Soğutulan bölümün ortalama sıcaklığı ile soğutucu akışkanın sıcaklıkları arasındaki fark 5°C'yi geçmemesi gerekir, fazla olması durumunda havadaki su

buharında kondens oluşumu başlar ve evaporatör üzerinde karlanmaya ve ortamın bağıl nem oranının düşmesine sebep olur (Üçüncü, 2003). Bu durumu elimine edebilmek için mümkün olduğu kadar evaporatör ile ortam havası arasında sirkülasyon sağlanıp bu farkı 5°C'nin altında tutmak gerekir.

İklimlendirme sistemleri endüstride çok geniş bir alanda kullanılmasından dolayı bu sistemlerdeki en küçük verim artışı önemli bir enerji ekonomisi sağlar (Buzelin ve Ark., 2005). Bu da vitrinlerde gerçek zamanlı bir kontrolün yapılması gerektiğini göstermektedir. Bu kontrolün yapılabilmesi ekonomik avantajları da düşünülürse gömülü sistemdir.

Gömülü sistem, belirli bir amacı gerçekleştirmek üzere kontrolör, çevre cihazları ve istenilen işlemleri gerçekleştirebilmesi için tasarlanmış yazılımdan oluşur (Altınbaşak, 2004).

Gömülü sistemlerdeki yazılımlar "gömülü yazılım" olarak adlandırılır. Bu yazılımlarda sistemin gerçek zaman gereksinimi var ise, yazılımın ek özellikler taşıması gerekir. Bu tür yazılımlara "gerçek zamanlı gömülü yazılım" denir (Kahraman ve Ünal, 2015).

Vitrinde sıcaklık ve nem değerlerini eş zamanlı olarak ölçebilmek için sensörlere, gerekli sıcaklık ve nem seviyesini yakalamak için soğutucu ve nemlendiriciye, havanın homojen olarak dağılmasını sağlamak için fanlara ve bütün elektronik donanımların işlevlerini gerçekleştirebilmesi için mikrodenetleyiciye ihtiyaç vardır. İşte tüm bunların senkronize çalışabilmesini sağlayan düzeneğe de gömülü sistem diyebiliriz.

Tabii olarak mikrodenetleyiciyi belirli parametrelere göre çalıştırabilmek için programlamak gerekir. İnsan düşünme yeteneğini ve bilgisini kontrol sisteminin içine sokabilecek olan BMK bu konuda gerekli çözümü sağlayabilmektedir. Bu yaklaşım ile makinalara insanların deneyimlerinden yararlanarak çalışabilme yeteneği kazandırılır. Bunun için sayısal veriler yerine dilsel ifadeler kullanılır (Elmas, 2003).

Bu tezin amacı, hali hazırda üretilen yaş pasta vitrinlerinin imalatında çok fazla değişiklik yapmadan üzerine otomasyon ekipmanlarının kolayca monte edileceği bir BMKS geliştirerek, pastane vitrinlerinde günlük olarak üretilen mamullerin ömürlerinin uzun olması için gerekli ortam şartlarının sağlanması amacıyla ve enerji tüketimini azaltmak için alternatif çözümler geliştirilmesine katkıda bulunmaktır.

Bunun için Proteus programı kullanılarak devre simulasyonu yapılıp çalıştırılmıştır. Eagle programı ile de tasarlanan sistemin baskı devresi, PCB üzerine tatbik edilip kontrol kartı oluşturulmuştur.

Standart olarak sanayide üretilen bir pastane vitrini üzerinde, tasarlanan gömülü sistem BMK ile en uygun değerlerde sıcaklık ve nemin, enerji tasarrufu da dikkate alınarak atomizer ve DC fan direkt kontrol kartı üzerinden, AC fan ise kontrolörden gelen PWM sinyaline göre frekans dönüştürücü aracılığıyla kontrolü yapılmaya çalışılmıştır. Gerçekleştirilen BMKS'nin MATLAB Simulink modeli de oluşturulmuştur.

Gerçekleştirdiğimiz çalışmanın benzer çalışmalarla karşılaştırılması çizelge 3.1'de görülmektedir.

Çizelge 3.1. Gerçekleştirilen çalışmanın benzer çalışmalarla karşılaştırılması.

	Kontrol unsuru	Metot	Sıcaklık kontrolü	Nem kontrolü	Homojen ısı dağılımı	Homojen nem dağılımı	Dış sıcaklık	Beklenilen değerler
Hasan ERDAL (1998)	İklimlendirme odası	PID+FUZZY	Var	Var	Var	Var	Var	Yaklaşıldı
Murat ALTIPARMAK (2005)	Isıtıcı gücü	ON-OFF, P,PI,PD,PID	Var	Yok	Yok	Yok	Yok	Yaklaşıldı
Yaşar BOLAT (2006)	Isıtıcı gücü	FUZZY	Var	Yok	Yok	Yok	Yok	Yaklaşıldı
Nihat YÜKLÜ (2006)	HVAC sistemi	PID	Var	Var	Yok	Yok	Yok	Yaklaşıldı
Emre KAÇMAZ (2007)	İklimlendirme cihazı	ON-OFF	Var	Yok	Yok	Yok	Yok	Ulaşıldı
Zhen-Jıe YAN (2009)	Simulasyon üzerinde buhar sıcaklığı	FUZZY+PID	Var	Yok	Yok	Yok	Yok	Ulaşıldı
M.Kemal TEZCAN (2010)	Kompresör hızı ve karıştırıcı fan	ON-OFF	Var	Var	Var	Yok	Var	Ulaşıldı
Orhan EKREN (2010)	Kompresör hızı ve genleşme valfi	FUZZY	Var	Yok	Yok	Yok	Yok	Ulaşıldı
Eunjun CHO (2011)	Kompresör hızı	FUZZY	Var	Yok	Yok	Yok	Yok	Yaklaşıldı
Jian-peng CAO (2014)	Kompresör hızı ve genleşme valfi	FUZZY	Var	Yok	Yok	Yok	Yok	Yaklaşıldı
Zhao Lİ (2015)	Kompresör hızı	FUZZY	Var	Var	Yok	Yok	Yok	Ulaşıldı
Çalışmamız (2015)	Atomizer, DC fan AC fan	FUZZY+ON-OFF	Var	Var	Var	Var	Yok	Yaklaşıldı

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Chang ve Zhang (2011) yaptıkları çalışmada iç sıcaklık ve nem verilerini izlemek amacıyla Fuzzy-PID sistemi tasarlamışlardır. Tasarımlarında ZigBee haberleşme protokolü ile CC2430 kablosuz iletişim modülü kullanarak kablosuz sensör düğüm noktalarından yüksek hassasiyette sıcaklık ve nem verilerini izlemişlerdir. Bu verileri Fuzzy–PID kontrol algoritması ile test verilerinin doğruluğunu test etmişlerdir. Sonuçlara göre sistemlerinin istikrarlı, kullanımı kolay ve ölçülen parametrelerin otomatik olarak izlenmesi için çeşitli alanlarda kullanılabilir olduğu kanısına varmışlardır.

Ekren ve Kucuka (2010) BM ile soğutma sisteminin enerji tasarrufu potansiyeli üzerine çalışmışlardır. Yaptıkları çalışmada kompresör hızı ve elektronik genleşme valfini kontrol etmişlerdir. 30 ile 60 Hz arasında kompresörü PWM inverterle değişik hızlarda ve %10 ile %45 arasında elektronik genleşme valfini kontrol ederek termostatik kontrollü sabit hızlı sisteme göre %17 tasarruf sağlamışlardır.

Özcan (2011), yapmış olduğu çalışmada kablosuz sensör ağları için PIC tabanlı bir sistem tasarlamıştır. Sisteminde sensör düğümü kartı, sensör düğümü ile PC arasındaki bağlantıyı sağlayacak olan USB arayüz kartı ve gözlemleme ve kontrol için bir PC yazılımı tasarlamıştır.

Ekren ve ark. (2010), bir soğutma sisteminde değişken hızlı kompresöre ve elektronik genleşme valfi üzerinde PID, BM ve Yapay Sinir Ağları yöntemlerinin sistem üzerinde etkilerini incelemişlerdir. Yaptıkları deneylerde iki farklı yol izlemişlerdir; birincisinde kompresör ve valf birbirinden bağımsız, birisi kontrol edilirken diğeri sabit tutulmuş, ikincisinde kompresör ve valf birlikte çalıştırmışlardır. Sonuç olarak buharlaştırıcı çıkışındaki soğutucu akışkanın sıcaklığı PID kontrol ile kabul edilebilir bir kararlılığa, Yapay Sinir Ağları kontrol algoritması ile daha kararlı bir sistem elde etmişlerdir. PID kontrolden % 8.1 ve BMK ise % 6.6 enerji tasarrufu sağlamışlardır.

Soy ve ark. (2010), BMK yaklaşımı ile gömülü bir mikrodenetleyici sistemi kullanılarak ısıl konfor uygulamaları için uzman bir sistem tasarlanmışlardır. Gerçek ortamda matematiksel ısıl konfor modelleri uygulamak mümkün olamayacağını, BM'nin insan deneyiminin doğrudan karmaşık kontrol sistemlerine aktarılmasını sağlayacağını, bu nedenle binalarda ısıl konfor kontrolü gibi kişisel tercihler için farklı kontrol stratejileri gerektiren uygulamalarda geleneksel sistemlere göre BMK'nın avantaj sağlayabileceğini belirmişlerdir.

Soy ve ark. (2006), yapmış oldukları çalışmada sera iklimlendirme sisteminin BM Gömülü Kontrolör ile sıcaklık ve nem değerlerini kontrol etmişlerdir. Tasarladıkları sistemi Proteus VSM kullanarak test etmişlerdir. CCS PIC C derleyicisi ile yazılımlarını yapmışlardır. Mikrdenetleyici olarak PIC 18F452, sensör olarak DS18B20 ve gece gündüz zaman dilimlerinde ayar değerlerinin tanımlanması için DS1302 zaman saati kullanmışlar ve LCD ekran üzerinden kullanıcıya aktarmışlardır. Sistemin girişleri Sıcaklık ve nem hataları, çıkışları ise mikrokontrolörün PWM çıkışından sürülen buhar vanası ve fan motorudur.

Etik ve ark. (2009), ameliyathaneler için gerekli şartları sağlamak için kontrollü bir bulanık uzman sistem tasarlamışlardır. Bu amaçla mevcut ameliyathaneleri güvenilir ve konforlu olup olmadığını incelemişler, kontrollü bulanık uzman sistemin avantajlarını gösterebilmek için prototip bir ameliyathane inşa etmişlerdir. Bu sistemde ısı, nem, oksijen ve parçacıkları giriş parametresi olarak, temiz hava girişi ve fan sirkülasyonunu çıkış parametresi olarak seçmişlerdir. Yaptıkları çalışmada mükemmel sonuçlar elde etmişler ve mevcut ameliyathanelere göre daha güvenilir, ekonomik ve tutarlı olduğunu, ayrıca gerçek bir ameliyathanede kullanılabilir olduğunu göstermişlerdir.

Aprea ve Renno (2004), yaz ve kış şartlarında set değeri 0°C olan bir buhar sıkıştırmalı soğutma sitemine sahip kabin üzerinde çalışma yapmışlardır. R22 akışkan gazı ile çalışan hermetik kompresörü 30 ile 50 Hz arasında sürmüşlerdir. Sonuç olarak motor frekansı arttıkça soğutma etkinliğinde azalma görmüşler, azaldıkça da yoğuşma sıcaklığı, yoğuşma gücü ve sıkışma oranı gibi değerlerin daha iyi olduğunu görmüşlerdir.

Oduk ve Allahverdi (2009), sera otomasyonu üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarının amacı, geleneksel sistemlere göre, daha fazla parametre ile kontrol edilen bir Bulanık Uzman Sistem (FES) tasarlamaktır. Sıcaklık, nem, ışık yoğunluğu, toprak nemi, rüzgâr hızı ve ısıtma BMKS'nin giriş parametreleri olarak alınmışlardır. Karbondioksit miktarı, soğutma, gölgeleme, sulama, aydınlatma ve havalandırma değerlerini çıkış parametreleri olarak alınmışlardır. Enerji, zaman ve daha fazla üretim tasarrufu sağlayan sera otomasyonu Delphi 7.0 ile geliştirilmiş, MNO_V1-2010 yazılımı kullanarak, BM ile sera otomasyon simülasyonu yapılmıştır. Simülasyon sonuçlarından elde ettikleri performans göstergeleri başarılı olduklarını göstermektedir.

Erdal (1998), bir iklimlendirme odasının sıcaklık, bağıl nem ve hava hızını belirlenen seviyede sabit tutmaya çalışmışlardır. Hava hızının kontrolü için PID kontrolör, sıcaklık ve nem kontrolü için ise Fuzzy kontrolör tasarlamışlardır. Yaptığı çalışmaları hem yaz hem de kış şartlarında değerlendirmiş ve iklimlendirme odasına

gönderilecek olan havayı karışım odasında şartlandırdıktan sonra göndermişlerdir. Kış şartlarında sıcaklık hatası 9°C'den büyük ve hava girişi açıklığı %50'den fazla ise değerler istenilen seviyeye gelememiş, yaz şartlarında ise sıcaklık hatası 6°C'den büyük ve hava girişi açıklığı %50'den fazla ise veya dış nem değeri %60'dan büyük ise istenilen seviyeye gelememiş bunun dışındaki şartlarda istediği değerleri elde etmiştir.

Torun (2007), yapmış olduğu çalışmasında koroner kalp hastalığı ve riski tanısını belirlemek için bir BMKS tasarlamıştır. Tasarımında kullanıcıya risk oranını verir ve normal yaşam, diyet veya ilaç tedavilerinden birini kullanmayı önerir. Sonuç olarak tasarımını literatürdeki diğer verilerle karşılaştırmış ve daha iyi sonuçlar gözlemlemiştir.

Huang (1994), bulanık kontrolörlerin temel özelliklerini vererek, BMK'nın temel yapısını oluşturan; kontrol kuralları, üyelik fonksiyonları ve sınır değerlerinin, BMK davranışına olan etkilerini incelemiştir. HVAC sisteminin sıcaklığını kontrol etmek amacıyla kullanılacak BMK'nın giriş değişkenleri olarak sıcaklık hatası ve hatanın değişimini seçmiştir. Her bir girişi 7 bulanık küme kullanarak bulanıklaştırmış ve toplam 49 kontrol kuralı yazmıştır. Sistemin BMK altındaki cevabını, PID kontrolör cevabı ile karşılaştırmış ve BMK cevabının PID cevabına göre aşımsız ve daha kısa sürede referans değere oturduğunu belirlemiştir.

Wong (1994), bir ısıtma sisteminin BM kontrolünü simülasyon ve deneysel bazda gerçekleştirmiştir. Sistemin, BMK ve PID kontrolör altındaki cevaplarını karşılaştırmıştır. PID katsayılarını tespit etmek için Ziegler-Nichols yöntemini kullanmıştır. BMK davranışını, sıcaklık hatası ve hatanın değişimini bulanıklaştırarak oluşturduğu 49 adet kontrol kuralıyla temsil etmiştir. Her bir değişken için 7'şer bulanık küme kullanmıştır. Berraklaştırma işleminde ağırlık merkezi yöntemini kullanmış, elde edilen sonuçlardan BMK'nın PID kontrolöre göre daha güvenilir ve kararlı çalıştığını, aşım ve osilasyonların çok daha küçük olduğunu görmüştür.

Esbri ve ark. (2007), buhar sıkıştırmalı bir soğutma sisteminin modellenmesi üzerine yapmış oldukları çalışma yapmışlardır. Buhar sıkıştırmalı soğutma sistemlerinin matematiksel modellerinin tam olarak çıkarılması güç olduğundan Yapay Sinir Ağları yöntemini kullanmışlardır. Sonuç olarak tahmin edilen güç tüketimi ile gerçek güç tüketimi arasında % 5 fark olduğunu ortaya koymuşlardır.

Soygüder ve Alli (2008), yaptıkları çalışmada iki farklı zonlu değişken hava debili HVAC sistemini ortamın sıcaklık şartlarını dikkate alarak sayısal benzetimi ve denetimini gerçekleştirmişlerdir. İki farklı özellikteki zonlara referans sıcaklığına kadar soğutmuşlar, bu zonların dış ortamla taşınım ve iletim yoluyla oluşturduğu kayıpların, soğutma

ünitesinin fanın ve kanalların ısı transfer denklemini çıkarmışlar ve referans sıcaklığın sağlanması için gerekli damper açıklık oranlarını bulmuşlardır. Çalışmalarını hem BMK hem de PID denetimli olarak MATLAB/SIMULINK ortamında gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında BMK ile sistem istenilen referans değerine ve damperlerin açıklık oranları hatasız bir şekilde geldiği görülmüştür. PID denetim ile azda olsa hatalar olduğu gözlemlenmiştir.

Tutumel (2010), yapmış olduğu çalışmada buhar sıkıştırmalı soğutma sisteminde sahip evsel bir buzdolabı üzerinde otomatik kontrolün, enerji etkinliğine tesirini deneysel olarak araştırmıştır. MATLAB ortamında oluşturduğu veri toplama ve kontrol sistemi ile sıcaklık ve soğutucu akışkan devresi üzerinde debi, basınç, sıcaklık, güç ölçümlerini gerçekleştirmiştir. Kompresöre P, PI, PID kontrol türleri ile frekans kontrolü uygulamış ve etkisinin gözlemlemiştir.

Kaçmaz (2007), yapmış olduğu çalışmada bir iklimlendirme cihazını kontrol etmek üzere tasarladığı gömülü sistem bir PIC mikrodenetleyici, ısı algılayıcısı, röle ve ethernet kartından oluşmaktadır. Mikrodenetleyici ile ısı algılayışından okunan değerlerle iklimlendirme cihazını kontrol etmiştir. Yapmış olduğu sistemi bir bilgisayarda Ethernet kartı aracılığıyla izleyip referans değerlerini değiştirebilmiştir.

Erkaymaz ve Çayıroğlu (2010), yapmış oldukları çalışmada BMKS ile PIC programlayarak bir klima sisteminin kontrolünü yapmışlardır. Sıcaklık ve nem değerlerini SHT11 sensörü almışlar PIC 16F876'ya aktararak ısıtıcı ve soğutucu fanları, ortamın sıcaklığını 19°C - 23°C arasında tutacak şekilde çalıştırmışlardır.

Bolat (2006), yapmış olduğu çalışmada bir fırının sıcak kontrolünün MATLAB SIMULINK üzerinden gerçek zamanlı denetiminin sağlanması amacıyla kart tasarlamış bu sayede kontrol laboratuvarında öğrencilerin rahatlıkla kullanabileceği bir deney seti oluşturmuştur. Fırının kontrolü hem SIMULINK ortamından hem de kart üzerinden sağlanabilmektedir. Her ikisinden de elde ettiği sonuçlar örtüşmektedir. Fırının kontrolünü Bulanık Kazanç Ayarlı PI denetleyici ile yapmıştır. Mikrodenetleyici olarak PIC 18F4585 kullanmıştır.

Tezcan (2010), çalışmasında bir araç kliması kontrolü yapmış, SHT11 sıcaklık ve nem sensörü ile araç içerisindeki sıcaklık değerini, ds1820 ile de araç dışı sıcaklık değerini ölçmüş, aldığı verileri PIC 18F452 kullanarak butonlar vasıtasıyla girilen referans değerlerine göre dengelemiştir.

Yüklü (2006), yapmış olduğu çalışmada kapalı bir ortamda sıcaklık ve nemin istenilen şekilde kontrolü PIC 16F84 kullanarak gerçekleştirmiştir. Sisteminde SHT11

sensörü ile verileri alarak mikrodenetleyiciye aktarmakta bu şekilde sistemindeki kontrolü kapalı döngü kontrol ve ON/OFF kontrol olarak sağlamaktadır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

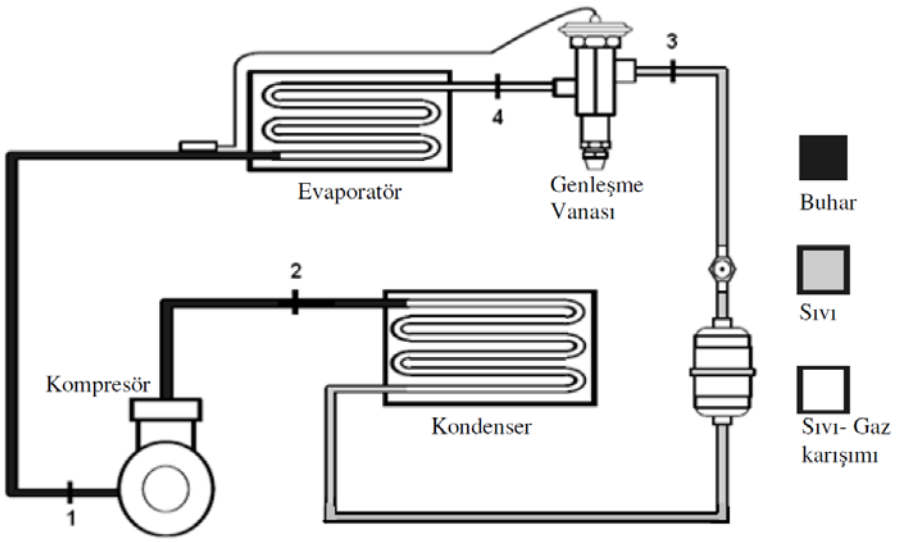
Bu bölümde sırasıyla soğutma sistemi, BM, gömülü sistemler ve gerçekleştirilen gömülü kontrol sisteminin donanımı ve yazılımı hakkında bilgiler verilmiştir.

3.1. Buhar Sıkıştırmalı (Kompresyon) Soğutma Sistemi

Buhar sıkıştırmalı soğutma sistemi, düşük sıcaklıktaki ortamın ısısını alarak yüksek sıcaklıktaki ortama aktaran ve böylece bulunduğu ortamı soğutan sistemlerdir (Tutumel, 2010).

3.1.1. Buhar sıkıştırmalı (kompresyon) soğutma sistemi elemanları

En yaygın alarak kullanılan bu soğutma çevriminde ana elemanlar olarak; sıvı halden buhar hale geçmekte olan soğutucu akışkanı içinde bulunduran bir evaporatör (buharlaştırıcı), evaporatörde buharlaşan soğutucu akışkanı alçak basınç tarafından emerek yüksek basınç tarafındaki kondansere basan kompresör, soğutucu akışkandaki ısıyı alıp sıvılaştıran bir kondanser (sıvılaştırıcı) ile sıvılaşan soğutucu akışkanın toplanabileceği bir sıvı deposu (receiver) ve soğutucu akışkanın evaporatöre ölçülü ve gereken miktarda verilmesini sağlayan bir ekspansiyon valfi (genişleme valfi) bulunmaktadır (Özkol, 1999). Şekil 3.1'de buhar sıkıştırmalı soğutma sisteminin basit şeması görülmektedir.



Şekil 3.1. Buhar sıkıştırmalı soğutma çevriminin temel elemanları (Ekren, 2009)

3.1.1.1. Soğutma kompresörleri (buhar sıkıştırma aparatı)

Soğutma kompresörünün sistemdeki görevi; Buharlaştırıcı-Soğutucudaki ısı ile yüklü soğutucu akışkanı buradan uzaklaştırmak ve böylece arkadan gelen ısı yüklenmemiş akışkana yer temin ederek akışın sürekliliğini sağlamak, buhar haldeki soğutucu akışkanın basıncını kondenserdeki yoğuşma sıcaklığının karşıtı olan seviyeye çıkarmaktır (Özkol, 1999). Şekil 3.2'de hermetik tip kompresör görülmektedir.



Şekil 3.2. Hermetik tip kompresör

3.1.1.2. Kondenser (sıkıştırılan buharı yoğuşturucu)

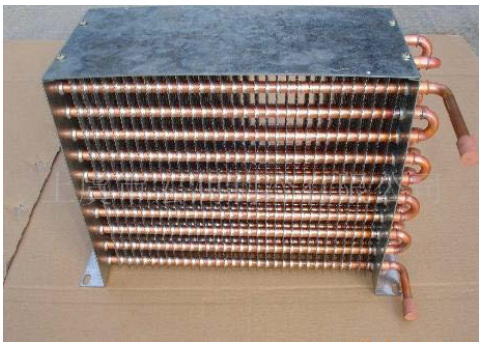
Soğutma sisteminde soğutkanın evaporatörden aldığı ısı ile kompresördeki sıkıştırma işlemi sırasında ilave olunan ısının sistemden alınması kondenserde yapılır. Böylece, soğutkan sıvı hale gelerek basınçlandırılır ve tekrar genleştirilerek evaporatörden ısı alacak duruma getirilir (Özkol, 1999). Şekil 3.3'te hava soğutmalı kondenser görülmektedir.



Şekil 3.3. Hava soğutmalı tip kondenser

3.1.1.3. Evaporatör (buharlaştırıcı- soğutucu)

Bir soğutma sisteminde evaporatör sıvı soğutkanın buharlaştığı ve bu sırada bulunduğu ortamdan ısıyı aldığı cihazdır. Diğer bir ifadeyle, evaporatör bir soğutucu'dur. Kondenserden direkt olarak veya soğutkan deposundan geçerek ve direkt ekspansiyonlu sistemde ekspansiyon valfi, kılcal boru veya benzer bir basınç düşürücü elemanda adyabatik olarak genişledikten sonra evaporatöre sıvı- buhar karışımı olarak giren soğutkan burada soğutulan ortamın ısısını alır ve kızgın hale gelir (Özkol, 1999). Şekil 3.4'te kantçıklı tip evaporatör görülmektedir.



Şekil 3.4. Kanatçıklı tip evaporatör

Evaporatörlerin yüzey alanları, fanların sayısı, kesit alanı, hava debileri soğutulan kısmın nem miktarını direkt olarak etkilemektedir. Örnek olarak, soğutulan ortamda yüksek bağıl nemin %80-90 mertebelerine gelmesinin sağlamak için geniş batarya alanlı evaporatörler bulundurulmalıdır (Üçüncü, 2003).

3.1.1.4. Termostatik Genişleme Aparatı (ekspansiyon valfi)

Evaporatöre sıvı soğutkan akışını kontrol ve ayar eden, evaporatörde buharlaşan miktar sıvı soğutkanı hassas ölçüde tekrar evaporatöre sevkeden hassas bir aparattır. Evaporatörden giden soğutkanın miktarı, endirekt olarak ve valf yardımıyla soğutkanın çıkış sıcaklığı ve/veya çıkış basıncının ölçülmesi, yani yük değişimlerinin izlenmesi suretiyle saptanır. Buna uygun şekilde, valf evaporatöre yeni sıvı soğutkan sevk eder. Bu suretle, evaporatöre sıvı soğutkanın ölçülü bir şekilde gönderilmesi ve dolayısıyla kompresöre sıvı soğutkan gelerek burada hasar yapmasının önlenmesi sağlanmış olur. Valf, soğutkanın evaporatörü terk ederken belirli ve emniyetli bir kızgınlık değerini

muhafaza etmesini sağlar (Özkol, 1999). Şekil 3.5'te termostatik genleşme valfi görülmektedir.



Şekil 3.5. Termostatik genleşme valfi

3.2. Bulanık Mantık

BM kavramını ilk kez 1965 yılında California Berkeley Üniversitesinden L. A. Zadeh konu ile ilgili makalelerini yayınlamasıyla duyurmuştur.

BM (FL) kavramı, insanların kesin olmayan ifadelerle düşünme yeteneğiyle örtüşen mantık sistemidir. Başka bir deyişle, BM soğuk-sıcak, hızlı-yavaş, yüksek-alçak gibi ikili değişkenlerden oluşan keskin dünyayı, az soğuk-az sıcak, az hızlı-az yavaş, az yüksek-az alçak gibi esnek niteleyicilerle gerçek dünyaya benzetir (Ertuğrul, 2006).

BM yaklaşımı, makinelere insanların özel verilerini işleyebilme ve onların deneyimlerinden ve önsezilerinden yararlanarak çalışabilme yeteneği verir. Bu yeteneği kazandırırken sayısal ifadeler yerine sembolik ifadeler kullanılır. İşte bu sembolik ifadelerin makinelere aktarılması matematiksel bir temele dayanır. Bu matematiksel temel, Bulanık Kümeler Kuramıdır (Elmas, 2003).

Küme kavramı kulağa biraz matematiksel gelebilir ama anlaşılması kolaydır. Örneğin "orta yaş" kavramı incelenecek olursa, bu kavramın sınırlarının kişiden kişiye değişiklik gösterdiği görülür. Kesin sınırlar söz konusu olmadığı için kavram, matematiksel olarak da kolayca formüle edilemez. Ama genel olarak 35 ile 55 yaşları orta yaşlılık sınırları olarak düşünülebilir. Bu kavram, grafik olarak ifade etmek istendiğinde sonuç olarak bir eğri çıkacaktır. Bu eğriye "aitlik eğrisi" adı verilir ve kavram içinde, hangi değerin hangi ağırlıkta olduğunu gösterir. Zadeh, bulanık küme elemanlarının üyelik derecelerini göstermek için [0.0, 1.0] aralığındaki gerçel sayıların kullanılmasını önermiştir (Zadeh, 1965).

BMK'nın dünyaya tanıtılmasında önemli olaylardan biri 1987 yılında BMK'nın Sendai (Japonya) metrosunun otomatik kontrolü için kullanılması olmuştur. Bu uygulamada BMK'nın birçok parametre açısından geleneksel bir PID kontrolörden daha üstün olduğu gösterilmiştir (Örneğin, istasyonda yavaşlayıp durma, yolcu konforu ve yakıt tüketimi gibi). Bu uygulamanın başarısı sebebiyle BMK'lı bu sistem yeni Tokyo metrosunda da kullanılmaktadır. Özellikle Japonya'da 1990'lı yıllarda BM kullanılan tüketici ürünleri pazarda sıkça görülmeye başlanmıştır. Genellikle bu tüketici ürünlerinde (BM çiplerinin yüksek hızlarına gerek olmadığından dolayı) BM çipleri yerine, standart dijital çipler üzerinde çizelge göz atmaları (table look-up) vasıtasıyla simülasyonlar kullanılmıştır. Tüketici ürünleri örneklerini şöyle sıralayabiliriz: Çamaşır makineleri, elektrik süpürgeleri, klimalar, fanlar, ısıtıcılar, mikrodalga fırınları, çamaşır kurutucuları. Bunun yanında birçok endüstriyel uygulamalarda da BM başarıyla kullanılmıştır (King ve Mamdani, 1977).

BM yaklaşımının klasik yaklaşımlara göre bir takım üstünlükleri vardır. Bunlar (Elmas, 2003);

- BM kuramının insan düşünüş tarzına çok yakın olması en büyük üstünlüğünü oluşturmaktadır. Bilindiği gibi denetim işlemlerinin birçoğu dilsel niteleyicilerle yapılmaktadır.
- BM yaklaşımı matematiksel modele ihtiyaç duymadığından, matematiksel modeli iyi tanımlanamamış, zamanla değişen ve doğrusal olmayan sistemler en başarılı uygulama alanlarıdır.
- BM yaklaşımında işaretlerin bir ön işlemeye tabi tutulmaları ve geniş bir alana yayılmış değerlerin az sayıda üyelik işlevlerine indirgenmeleri, uygulamaların daha hızlı bir şekilde sonuca ulaşmasını sağlar.

BM yaklaşımının klasik yaklaşımlara göre bir takım sakıncaları vardır. Bunlar (Elmas, 2003);

- BM uygulamalarında mutlaka kuralların uzman deneyimlerine dayanarak tanımlanması gerekir. Üyelik işlevlerini ve BM kurallarını tanımlamak her zaman kolay değildir.
- Üyelik işlevlerinin değişkenlerinin belirlenmesinde kesin sonuç veren belirli bir yöntem ve öğrenme yeteneği yoktur. En uygun yöntem deneme-yanılma yöntemidir, bu da çok uzun zaman alabilir. Uzun testler

yapmadan gerçekten ne kadar üyelik işlevi gerektiğini önceden kestirmek çok güçtür.

- Sistemlerin kararlılık, gözlemlenebilirlik ve denetlenebilirlik analizlerinin yapılmasında ispatlanmış kesin bir yöntemin olmayışı BM'nin temel sorunudur. Günümüzde bu sadece pahalı deneyimlerle mümkün olmaktadır.
- BM yaklaşımında üyelik işlevlerinin değişkenleri sisteme özeldir, başka sistemlere uyarlanması çok zordur.
- Bunun yanı sıra en sık belirtilen dezavantajları ise üyelik işlevlerinin ayarlanmasının uzun zaman alması ve öğrenme yeteneği olmamasıdır.

BMK'nın kullanılmayacağı yerler kategorik olarak sınıflandırılamaz. Burada önemli nokta eğer BMK özel bir durumda problem çıkarırsa, sistemi tekrar gözden geçirip geleneksel kontrol çözümlerine gidilebilir (Yakupoğlu, 2000).

BM kullanılan modellerin klasik matematik modellerden daha iyi sonuçlar vermesi gibi sebeplerle; günümüzde BM, bilgisayar, tıp, yapay zekâ, sosyal bilimler, endüstriyel kontrol (sera, çimento vb.) uygulamaları başta olmak üzere pek çok alanda kullanılmaktadır (İstanbullu, 1996).

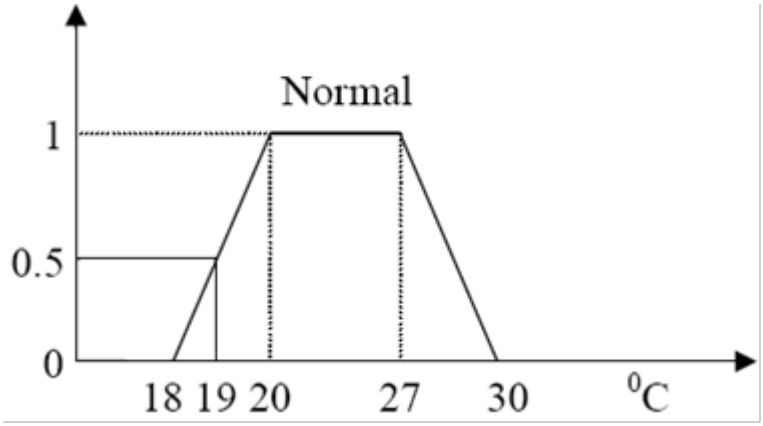
3.2.1. Bulanık mantık temel kavramları

Klasik küme teorisinde, bir kümenin elemanı olabilirsiniz veya olamazsınız. Bu yüzdendir ki, karmaşık sistemleri kontrol etmek zor olmaktadır. BM'de ise üyelik kavramı daha esnektir ve bu zorluğa karşılık daha belirleyici bir tanımlama olanağı sunar. Bulanık kümelerde birçok üyelik derecesine izin verilmektedir. Üyelik derecesi 0 ile 1 arasındaki sayılarla ifade edilir. [0,1] aralığı sonsuz sayı içerdiğinden, sonsuz sayıda üyelik derecesi mümkündür. Böylece üyelik fonksiyonunda herhangi bir X evrensel kümesinin her elemanın [0,1] aralığında bir karşılığı vardır. Bunu aşağıdaki gibi ifade edebiliriz (Kuzucuoğlu, 2000):

$$\mu A(x) = X \rightarrow [0,1] \qquad (3.1)$$

Yukarıdaki sıcaklık örneğini bu defa BM ile yorumlarsak, şekil 3.6'da görüldüğü gibi bir grafik ortaya çıkar. Şekil 3.6'de görüldüğü gibi, BM ile 20°C ve 27°C değerleri arasında yer alan bütün sıcaklık değerlerinin üyelik değerleri 1'dir, yani bu sıcaklıklar

arasında yer alan bütün sıcaklıklar “normal” bulanık kümesinin tam elemanıdır. Bunun yanında, 18°C’den 20°C’ye kadar ve 27°C’den 30°C’ye kadar olan sıcaklık değerlerinin her biri “normal” bulanık kümesinin ayrı bir ait olma değerine (1’den küçük) sahip üyesidir. Örneğin, 18°C’lik sıcaklık değeri, “normal” bulanık kümesinin 0 değerli üyesidir, diğer bir ifadeyle, “normal” bulanık kümesine ait olma değeri sıfırdır, yani bu kümenin üyesi değildir. 19°C’lik sıcaklığın “normal” bulanık kümesine ait olma değeri ise 0,5’dir.



Şekil 3.6. Bulanık mantık

3.2.2. Bulanık küme işlemleri

X evrensel küme, A ve B ise bu kümedeki iki bulanık küme olmak üzere, standart bulanık küme işlemleri olarak adlandırılan Tümleme, Kesişim ve Birleşim üç temel işlemi, aşağıdaki gibi tanımlanabilir (Elmas, 2003):

Tümleme işlemi (Compliment); A bulanık kümesinin tümleyeni ($\bar{A}$), $x \in X$’in her değeri için, $\mu A(x)$ üyelik fonksiyonu cinsinden aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\mu\bar{A}(x) = 1 - \mu A(x) \tag{3.2}$$

Kesişim işlemi (AND); A ve B bulanık kümelerinin kesişimi ($A \cap B$), $x \in X$’in her değeri için, $\mu A \cap B(x)$ üyelik fonksiyonu cinsinden aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\mu A \cap B(x) = \min \{ \mu A(x), \mu B(x) \} \tag{3.3}$$

Birleşim işlemi (OR); A ve B bulanık kümelerinin birleşimi (AUB), x ∈ X'in her değeri için, μAUB(x) üyelik fonksiyonu cinsinden aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\mu AUB(x) = \max \{ \mu A(x), \mu B(x)\} \quad (3.4)$$

3.2.3. Bulanık denetleyici

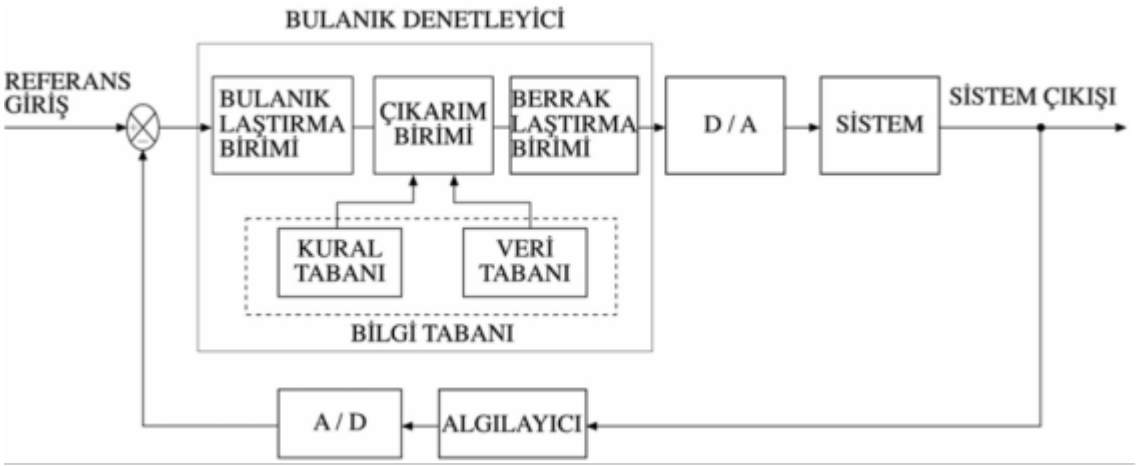
BMKS, kural tabanlı sistemlerdir. BMKS'nin kural listesi ve üyelik fonksiyonu için genellikle uzman operatörlerden sağlanan bilgiler kullanılmaktadır. Üyelik fonksiyonları için bulanık setlerdeki işlemler kullanılır (Çakır, 2000). Üyelik fonksiyonu uygulamalarında genellikle; üçgen, trapez (yamuk) şeklindeki fonksiyonlar, ya da ikinci dereceden veya üçüncü dereceden polinomlar kullanılmaktadır (Jamshidi ve ark., 1993).

BMKS'nin amacı, sistemi kontrol eden uzman kişinin yerine bulanık kural tabanlı bir sistem yerleştirmektir. Sistemin işleyişini ve kontrolünü sağlayan operatör, sistemin kontrol edilen çıkış değişkenlerini gösteren ölçü aletlerinden gözlemlediği değerlere göre, ya seranın havalandırma pencerelerini açmak, ya ısıtıcıyı çalıştırmak veya soğutma sistemini açmak gibi işlemleri gerçekleştirir. BMK'da, benzer şekilde, kontrol edilen çıkışlara bağlı algılayıcılardan gelen bilgileri, dilsel değişkenlere veya bulanık üyelik fonksiyonlarına çevirir; yani bulanıklaştırır. Bulanıklaştırılan algılayıcı değerleri, kural tabanı ve veri tabanını da içeren çıkarım ünitesinde, bulanık "EĞER… ÖYLE İSE…"(IF-THEN) kurallarına göre değerlendirilerek mantıksal çıkarımlar, yani bulanık çıkışlar elde edilir. Elde edilen bu bulanık çıkış değerleri, ağırlıklı ortalama yöntemlerinden biri kullanılarak kesin bir sayısal değere çevrilir. Bu sayısal değer, BMK'dan elde edilen kontrol işaretidir ve sisteme uygulanır (Boullart, 1988; Allahverdi, 2002).

Bulanık denetleyici dört temel kısımdan oluşmaktadır (Erdal, 1998).

1. Bulanıklaştırma birimi
2. Bilgi tabanı
3. Çıkarım birimi
4. Berraklaştırma birimi

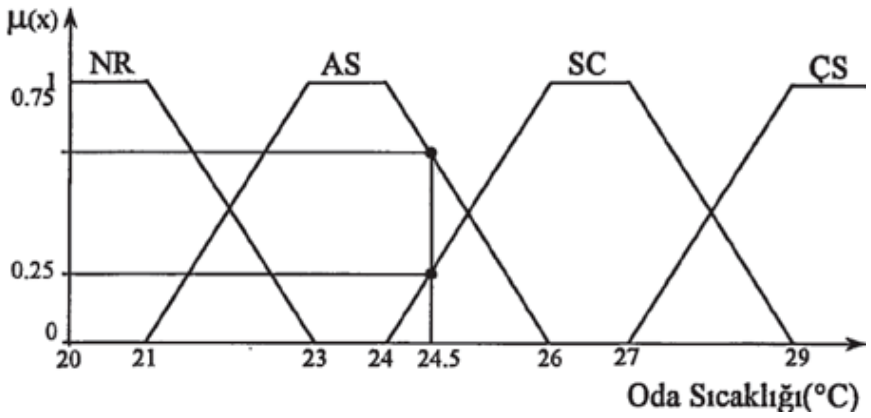
Tipik bir bulanık denetleyici sisteminin genel blok diyagramı şekil 3.7'de görülmektedir.



Şekil 3.7. Bulanık denetleyici sistemin yapısı (Boullart, 1988)

3.2.3.1. Bulanıklaştırma birimi

Algılayıcılardan gelen sayısal işaretlerin, dilsel değişkenlere dönüştürüldüğü birimdir. Şekil 3.8'i baz alarak algılayıcıdan gelen sıcaklık bilgisi 24,5°C bu sayısal değer bulanıklaştırılırken hangi bulanık kümenin üyesi olduğuna bakılır ve ona göre bulanıklaştırılır. Şekil 3.8'te görüldüğü gibi 24,5°C "az sıcak" ve "sıcak" kümelerinin üyesidir. Dolayısıyla sayısal değer "az sıcak" ve "sıcak" olarak bulanıklaştırılmış olur.(Erdal, 1998).



Şekil 3.8. Bulanık küme, üyelik fonsiyonu ve üyelik değeri kavramlarının birbiri ile ilişkisi(ERDAL, 1998).

3.2.3.2. Bilgi tabanı

Bilgi tabanı, veri tabanı ve kural tabanı olmak üzere iki kısımdan oluşur. Veri tabanı, BMK kurallarını ve üyelik fonksiyonlarını tanımlar.

Kural tabanı ise; uzman kişinin bilgi ve tecrübelerinden yararlanılarak oluşturulmuş, BMK'nın davranışlarını belirleyen kontrol kurallarıdır. Bu kurallar, daha önce de belirtildiği gibi dilsel tanımlamalardır. Bu kurallar sistemin giriş ve çıkışları arasındaki mantıksal ilişkileri açıklar. Kuralların davranışı, ya bulanık kümeler ile ya sayısal bir değerle, ya da fonksiyon şeklinde ifade edilebilir.

Örnek olarak oda sıcaklığını alırsak; kural davranışı, bulanık kümeler ile tanımlanmış kurallar aşağıdaki gibi olur (Erdal, 1998).

Eğer oda sıcaklığı normal ise o halde ısıtıcıyı çok az sür (3.5)

Burada, "oda sıcaklığı" kontrol edilen sistemin, bulanıklaştırılacak giriş değişkenidir. "çok az sür" ifadesi ise, kurala ait kontrol davranışıdır. (3.5) ifadesindeki kuralın davranışı sayısal olarak tanımlanırsa, aşağıdaki gibi bir ifade elde edilir:

Eğer oda sıcaklığı normal ise o halde ısıtıcıyı 0,1'le sür (3.6)

Kural davranışı fonksiyon biçiminde olan kurallar ise, aşağıdaki gibi tanımlanır:

Eğer oda sıcaklığı normal ise o halde kontrol işareti = f (x1) (3.7)

Kural tabanının oluşturulmasında kullanılan dört değişik yöntem aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır (Lee, 1990).

1. Doğrudan uzman(operatör) kişinin bilgi ve tecrübelerinden bulanık model oluşturulur,
2. Sistemi çalıştıran operatörün davranışları gözlenir ve kontrolör bu davranışlardan bulanık model oluşturur,
3. Kontrol edilecek sistemin matematik modellerinden hareketle bulanık model oluşturulur,
4. Kurallar kontrolör tarafından öğretilebilir.

3.2.3.3. Çıkarım birimi

Sistem değişkenlerine ait kurallar ile sistem değişkenlerini tanımlayan bulanık büyüklükleri karşılaştıran ve bu karşılaştırmadan bir bulanık çıkış elde eden birimdir (Lee, 1990).

3.2.3.4. Beraklaştırma birimi

Bulanık çıkarımın sonucu bulanık bir kümedir. Son çıktı değerinin elde edilmesi için bulandırılmış olan bir değerin durulaştırılarak keskin değere dönüştürülmesi gerekmektedir. Bulanık olabilecek çıkarımların kesin sayılar haline dönüştürülmesi gerekir. İşte bulanık olan bilgilerin kesin sonuçlar haline dönüştürülmesi için yapılan işlemlerin tümüne birden "durulaştırma" işlemi adı verilir (Güvenç ve ark., 2007), (Zadeh, 1978).

Durulama işlemi için genelde üç yöntem kullanılmaktadır (Erdal, 1998).

1. Maksimum ölçüt yöntemi: Bu yöntemde aktif olan kuralların en büyük üyelik derecesi, sayısal kontrol işareti olarak alınır,

2. Maksimum ortalama değer yöntemi: Aktif olan kurallardan elde edilen maksimum kontrol işaretinin ortalaması, kontrol işareti olarak alınır. Bu yöntemle kontrol işaretinin bulunması, matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$u_k = \sum_{i=1}^{n} \frac{w_i}{n} \tag{3.8}$$

Burada, wi, üyelik fonksiyonunun maksimum seviyeye ulaştığı değeri, uk, sayısal kontrol işaretini ve n'de aktif kural sayısını göstermektedir.

3. Ağırlık merkezi yöntemi (Merkezlerin ağırlıklı ortalaması): Uygulamalarda çok yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Aktif olan kuralların bulanık çıkışlarına ilişkin üyelik fonksiyonu değerleri ile skaler ağırlıkları çarpılarak toplamları alınır. Elde edilen değerin, üyelik fonksiyonu değerlerin toplamına bölünmesi ile sayısal kontrol işareti bulunur. Ağırlık merkezi yönteminin matematiksel ifadesi denklem 3.9'daki gibidir,

$$u_k = \frac{\sum_{i=1}^{n} w_i . \mu(w_i)}{\sum_{i=1}^{n} \mu(w_i)} \tag{3.9}$$

Burada, μ(wi) üyelik fonksiyonunu, n kural sayısını göstermektedir.

Bu yöntemde, çıkış bulanık kümelerin sadece merkezleri kullanıldığı için şekilleri önemli değildir (Sinecen, 2002).

3.3. Gömülü Sistemler

Masaüstü bilgisayarları, sunucular ya da ana bilgisayarlar günümüzde "Genel Amaçlı Bilgisayarlar" kategorisine girmektedir. Bu tür bilgisayarlar programlanabilen ve programı doğrultusunda her işi yapabilen bilgisayarlardır. Üzerlerine yüklenen programa göre kullanım amaçları da değişmektedir. Bu bilgisayarları kelime işlemek, finansman işlemleri yapmak, oyun oynamak ya da bilimsel hesaplamalar için kullanmak mümkündür. Diğer taraftan sadece yapıldığı amaç için hizmet eden bilgisayarlar mevcuttur. Müzik setleri, elektronik çamaşır makineleri, cep telefonları, taşınabilir müzik cihazları bu tür bilgisayarlar sayesinde işlemlerini gerçekleştirir. Bu cihazlar "Özel Amaçlı Bilgisayarlar" olarak adlandırılır (Çelik ve ark., 2006).

Özel amaçlı bilgisayarlar işlemlerini gerçekleştirmek için gömülü sistem olarak adlandırılan elektronik devrelere ihtiyaç duyarlar. Gömülü sistem deyince akıllara sadece belirli bir amacı gerçekleştirmek üzere üretilmiş işlemci ve çevre cihazlarından oluşan ve bir yazılım tarafından desteklenen elektronik sistem gelmektedir. Bu sistem genellikle başka bir alete bağlı ya da içinde bulunan bir kontrolör ve bu kontrolörün istenilen işlemleri gerçekleştirmesi için tasarlanmış yazılımdan oluşan mantıksal bir yapıdır. Gömülü sistem kullanan herhangi bir alet, kullanıcısı tarafından görülür ve kullanılır. Fakat kullanıcı; gömülü sistemi çalıştıran ve gömülü sistem üzerindeki yazılım doğrultusunda işlemleri gerçekleştiren kontrolörü göremez. Gömülü sistemler çok nadiren çöken ve güncellemeye gerek duymayan yazılımları ile birlikte üretilir. Genellikle gömülü sistemler bağımsız çalışır (Altınbaşak, 2005).

3.3.1. Gömülü sistem çeşitleri

Gömülü sistemler kullanım şekillerine, çalışma şartlarına ya da tepki verme sürelerine göre çeşitlilik gösterir. Güncel hayatta karşımıza çıkan gömülü sistem uygulamalarını dört başlık altında inceleyebiliriz (Dreamtech Software Team, 2002).

3.3.1.1. Tek çalışan gömülü sistemler

Bu tür gömülü sistemler veri girişlerini ve yordam çıkışlarını başka bir cihaza ihtiyaç duymadan yapabilir. Veri girişi algılayıcılardan alınan sinyallerle ya da sistem üzerine yerleştirilmiş düğmelere basılarak yapılabilir. Yordam çıkışları ise başka bir sürücüye gönderilen elektrik sinyalleriyle, sistem üzerinde bulunan ışık diyotlarıyla ya da sıvı kristal ekran üzerinden görüntülenebilir. Tek çalışan gömülü sistemler, çalışmak için başka bir çevre cihaza ihtiyaç duymamaları sayesinde, istenilen her yerde kullanılabilirler. Çok küçük ebatta olan tasarımlar işlem yapmak için sadece çevre algılayıcılardan aldıkları bilgilere ihtiyaç duyarlar. Bu sayede diğer cihazların kontrolleri için kullanılırlar (Kaçmaz, 2007).

3.3.1.2. Gerçek zamanlı gömülü sistemler

Gömülü sistemlerin bu çeşitlerinde sistem, belirlenen görevi tam zamanında gerçekleştirmek zorundadır (Kaçmaz, 2007).

3.3.1.3. Ağa bağlı uygulamalar

Gömülü sistemler, haberleşmenin sağlanması ve kaynakların ortak kullanılması istendiğinde, bilgisayar sistemlerine ya da birbirlerine bağlanarak kullanılırlar. Gömülü sistemlerin birbirlerine ya da bir bilgisayar sistemine veri göndermesi istenildiğinde aralarındaki iletişimi sağlamak için TCP/IP yığını devreye girer (Kaçmaz, 2007).

3.3.1.4. Hareketli cihazlar

Günümüzde çeşitli kablosuz bağlantılarla yüksek oranlı veri iletim servislerini kullanmaktadırlar. Hareket halindeki bir insan e-posta, internet, dosya gönderme ve alma

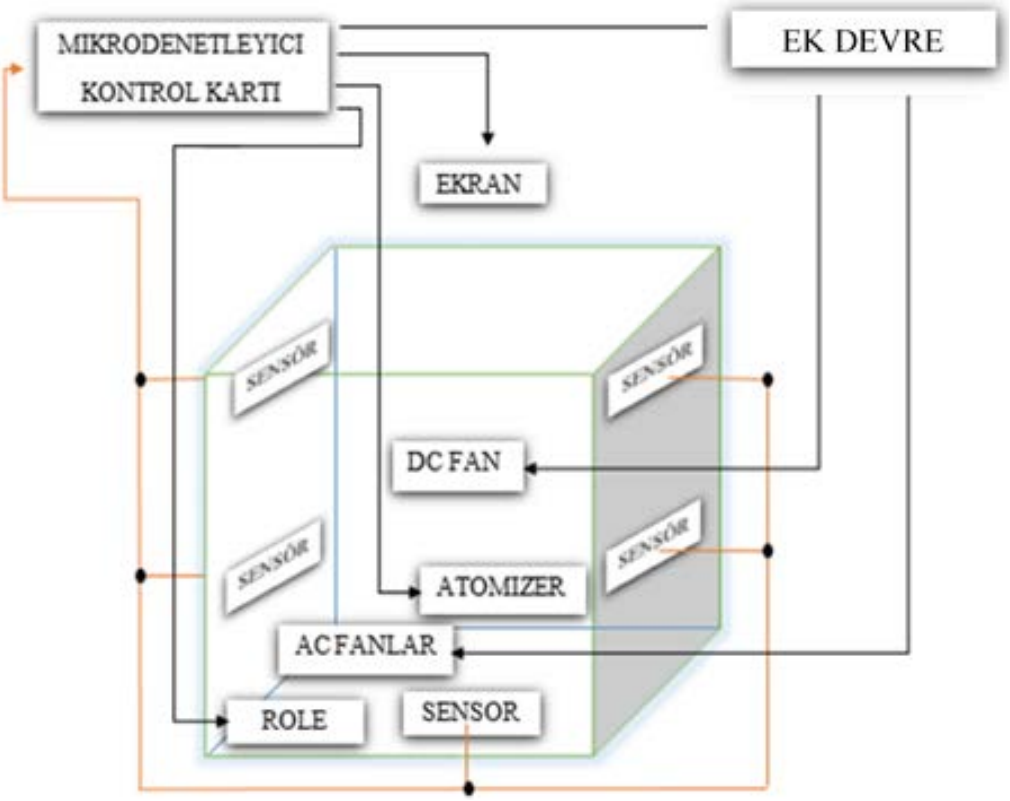
gibi veri alış verişlerinden yararlanabilir. Programlama dili desteği ile birçok uygulama yazılımı sayesinde kullanıcı verilerini yerel belleklerde toplayabilir, verileri üzerinde işlem yapabilir ve verilerini istenilen kaynağa iletebilir (Kaçmaz, 2007).

3.4. Gerçekleştirilen Gömülü Kontrol Sistemi ve Tasarımı

Gömülü kontrol sistemi ile sıcaklık, nem ölçümü ve kontrol sisteminin tasarımı ve uygulamasını gerçekleştirmek için yaptığımız çalışma donanım ve yazılım olmak üzere iki ana bileşenden oluşmaktadır.

3.4.1. Gerçekleştirilen sistemin donanımı

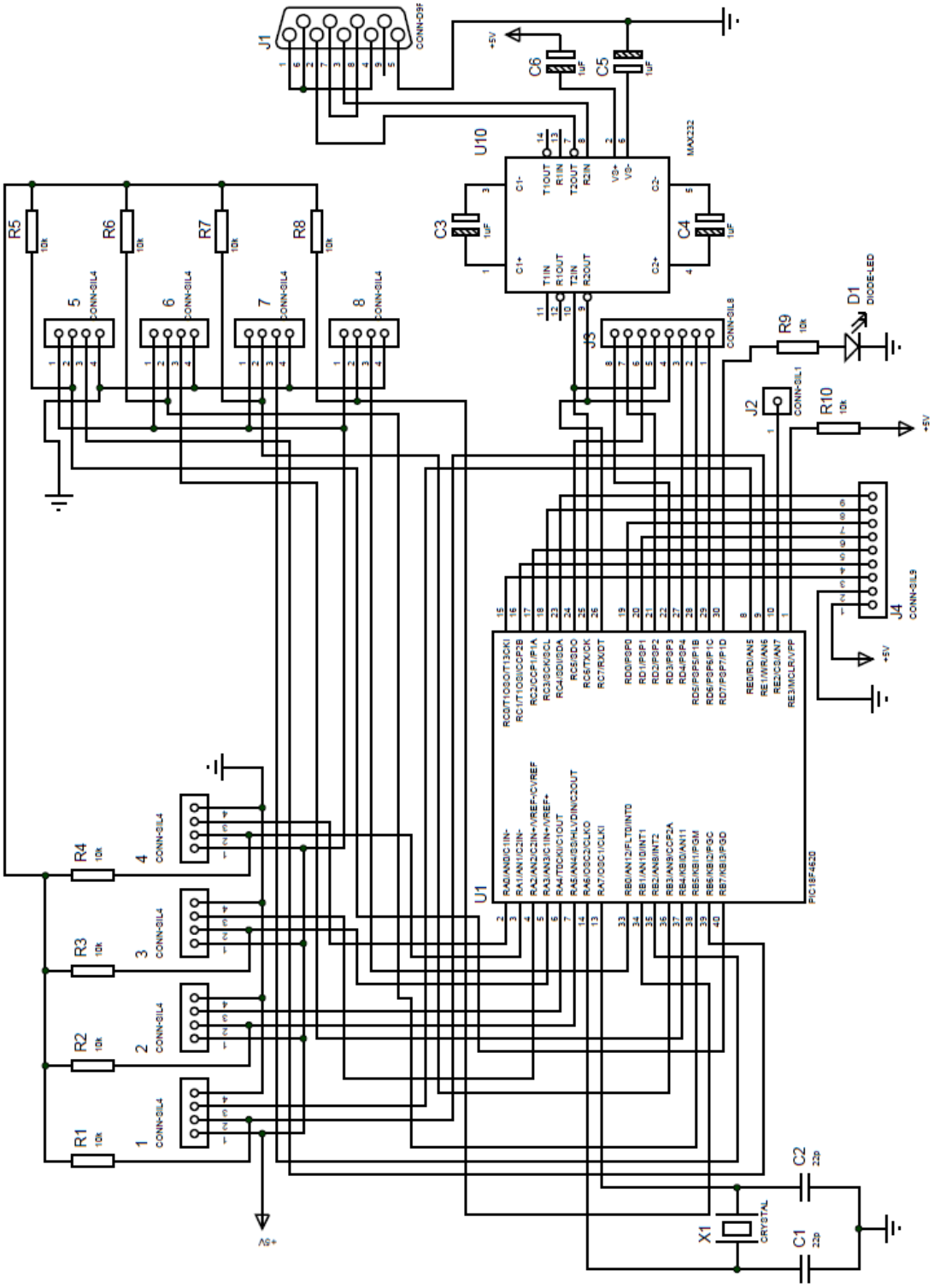
Çalışmamızda, 2 tanesi vitrin içi üst sıcaklık ve nem, 2 tanesi vitrin içi alt sıcaklık ve nem, 1 tanesi evaporatör yüzeyin sıcaklık olmak üzere 5 adet SHT11 sensöründen veri almak ve fanların, ekranın, atomizerin ve rölenin kontrol edilmesi için tasarım yapılmıştır. Aşağıda tasarımın genel şeması görülmektedir.



Şekil 3.9. Tasarımın genel şeması

3.4.1.1. Kontrol kartı

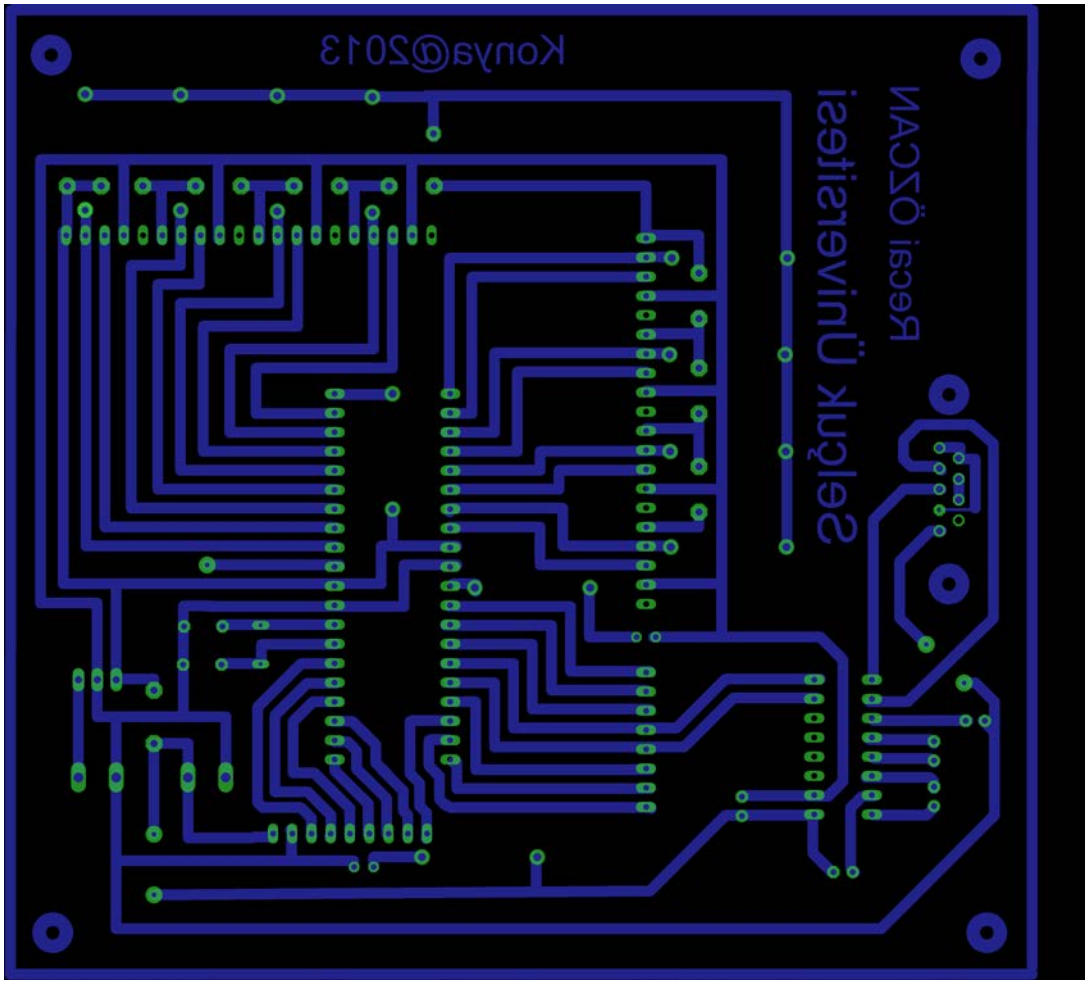
Kontrol kartı, PIC mikrodenetleyicinin ve çevre birimlerinin bağlanmalarına olanak sağlayan çıkışların bulunduğu kontrol karttır. Sensörlerden gelen veri kabloları ile bağlantı yapılır ve mikrodenetleyici ile vitrin arasındaki tüm veri ve haberleşme buradan sağlanır. Vitrinin BM çerçevesinde iklimlendirmesinin yapılması için PIC18F4620 üzerinde bulunan yazılım sayesinde değerlendirilerek, AC ve DC fanlara, ekrana, röleye ve atomizere uygun bir biçimde aktarılması gerekmektedir. Bu yüzden kontrol kartı sistemimizde en önemli görevi yapmaktadır. Şekil 3.10'da gerçekleştirilen kontrol kartının Proteus ISIS çizimi yer almaktadır.



Şekil 3.10. Konrol kartı devre şeması

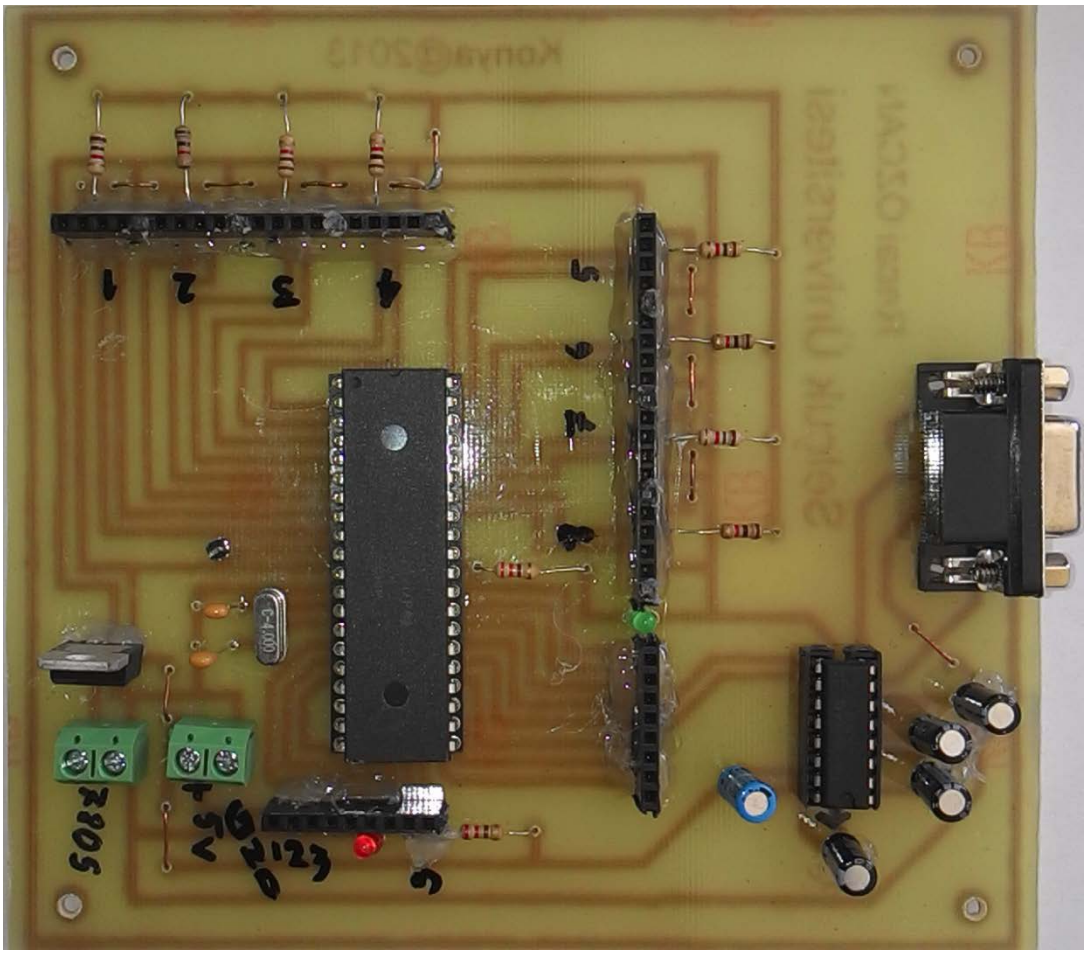
Devrede J1 (RS-232) portu kullanılarak bilgisayar ekranına görüntü veriliyor. J4 çoklu portunun 4 numaralı çıkışından sürücü devresine AC fanın sürülebilmesi için, 5 numaralı çıkışından DC fanın sürülebilmesi için PWM sinyali gönderilmektedir, 6, 7, 8, 9 numaralı çıkışından ise atomizerin sürülmesi sağlanmaktadır.

Kontrol kartının devre şeması çizildikten sonra Eagle programı kullanılarak baskı devre şeması oluşturulmuştur. Şekil 3.11'de kontrol kartının baskı devre şeması görülmektedir.



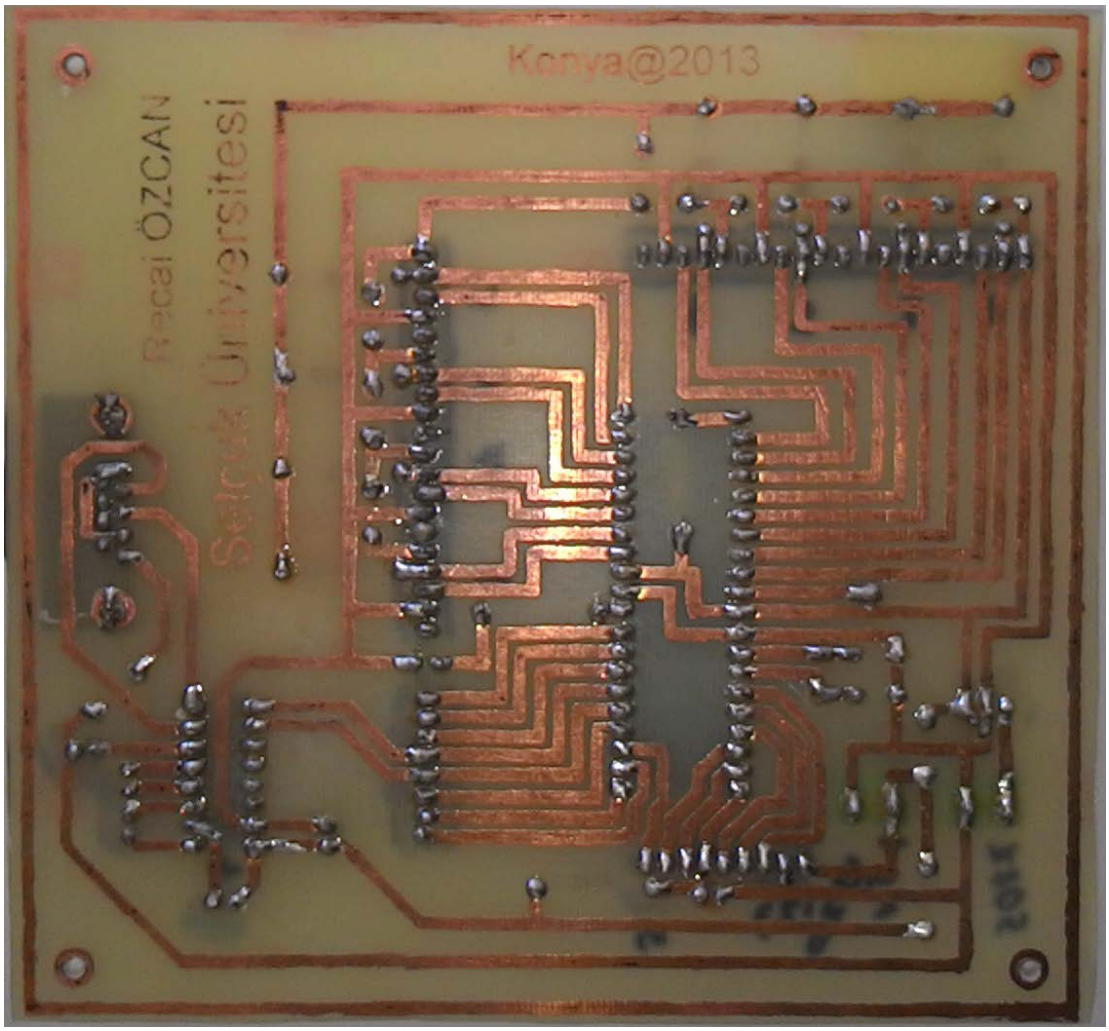
Şekil 3.11. Konrol kartı baskı devre şeması

Baskı devre şeması da oluşturulduktan sonra PCB üzerine tatbik edilmiştir. Şekil 3.12'de gömülü sistem kontrol kartı devresinin üstten görünüşü gösterilmektedir.



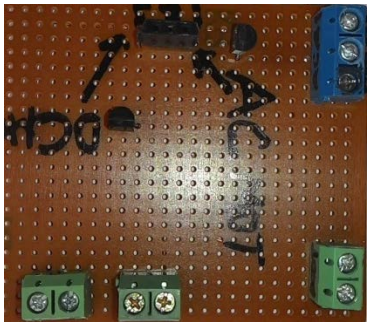
Şekil 3.12. Kontrol kartı devresi üstten görünüşü

Şekil 3.13'te gömülü sistem kontrol kartı devresinin alttan görünüşü gösterilmektedir.



Şekil 3.13. Kontrol kartı devresi alttan görünüşü

Şekil 3.14'te sistemin ek devresi görülmektedir.



Şekil 3.14. Kontrol kartı ek devresi

3.4.1.2. Mikrodenetleyici

Çalışmamızda mikrodenetleyici olarak Microchip firmasına ait olan PIC18F4620 modeli kullanılmıştır. Bu mikrodenetleyici 10-bit data yazmaçlarına ve 13 kanal

analog/dijital dönüştürücüye sahiptir. Birçok dijital çıkışa ve 64 Kilobayt program hafızası olduğundan kontrol yazılımımızın rahatça kullanılması için tercih edilmiştir.

Çizelge 3.2. PIC 18F4620 özellik çizelgesi (Microchip Technology Inc., 2008).

Cihaz	Program Hafızası		Veri Hafızası		I/O	10-bit A/D	CCP/ ECCP PWM	MSSP		EUSART	Comp.	Zamanlayıcı 8/16-bit
	Flash	Word	SRAM	EEPROM				SPI	I²C			
PIC18F252	48K	24576	3986	1024	25	10	2/0	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F262	64K	32768	3986	1024	25	10	2/0	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F452	48K	24576	3986	1024	36	13	1/0	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F462	64K	32768	3986	1024	36	13	1/0	Y	Y	1	2	1/3

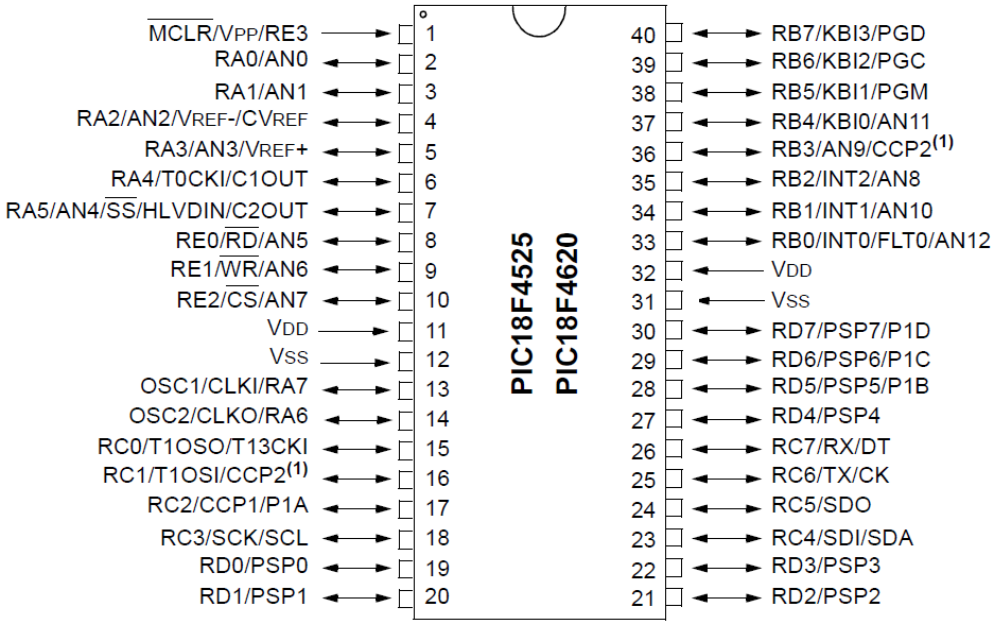
PIC18F4620 mikrodenetleyicisi Microchip firmasının yeni geliştirmiş olduğu nanowatt teknolojisi ile geliştirildiğinden aynı firmanın daha önce geliştirmiş olduğu mikrodenetleyicilerden çok daha az enerji harcamaktadır. Aynı zamanda çok daha geniş voltaj aralığında çalışabilmektedir. PIC18F4620 boşta iken 2,5µA ve uyku modunda iken 100nA akım çekmektedir.

Çizelge 3.3. Mevcut bazı mikrodenetleyicilere ait bir karşılaştırma(Lynch ve O'Reilly, 2005).

	AVR	PIC16	PIC18	MSP	8051
Kelime Boyutu	8 bit	8 bit	8 bit	16 bit	8 bit
3V'ta Maks. F	8Mhz	10Mhz	20Mhz	6Mhz	6.3Mhz
Kapalı İken	8µA	20µA	2.6µA	1.8µA	21µA
Boşta(1MHz)	0.5mA	220µA	120µA	55µA	n/a
Boşta(8MHz)	4mA	1.5mA	843µA	440µA	n/a
Aktif(32k)	88µA	n/a	35µA	19.2µA	2.78mA
Aktif(1M)	2mA	220µA	480µA	240µA	4.05mA
Aktif(8M)	8mA	1.5mA	2.4mA	1.9mA	13.3mA
Uyanma Zamanı	2ms	102µs	10µs	6µs	20µs

Yapılacak olan uygulamaya göre değişmekle beraber kontrol kartında çok miktarda giriş ve çıkış portuna gerek duyulur. Seçtiğimiz mikrodenetleyici 40 bacaklı bir entegre olup 5 adet giriş-çıkış portuna sahiptir. Şekil 3.15'te PIC18F4620 mikrodenetleyicisinin giriş- çıkış ve pin yapısı gösterilmiştir.

40-Pin PDIP



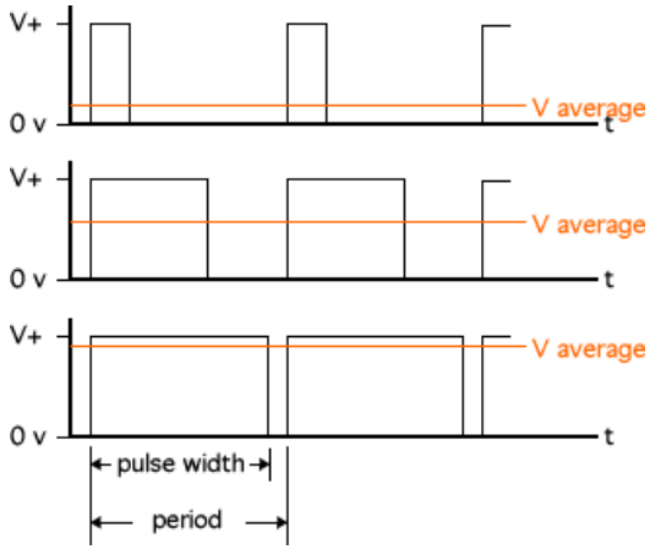
Şekil 3.15. PIC18F4620 giriş-çıkış ve pin yapısı(Microchip Technology Inc., 2008).

PIC18F4620 mikrodenetleyicisi bir adet EUSART portuna sahiptir. Bilgisayar ile iletişimini bu port üzerinden seri olarak yapmaktadır. Pek çok uygulamada ihtiyaç duyulduğu gibi uyuma- uyanma zamanları ve paket zamanları için zamanlayıcılar vazgeçilmez unsurlardır. Bu mikrodenetleyicide 3 adet 16 bit ve 1 adet 8 bit olmak üzere 4 adet zamanlayıcı mevcuttur. (Özcan, 2011).

PIC18F4620'nin RC1 ve RC2 çıkış portları darbe genişlik modülasyonludur. Çalışmamızda RC1'den AC fanın sürülebilmesi, RC2'den ise DC fanın sürülebilmesi için gerekli PWM sinyalleri üretilmiştir.

3.4.1.3. Darbe genişlik modülasyonu (PWM)

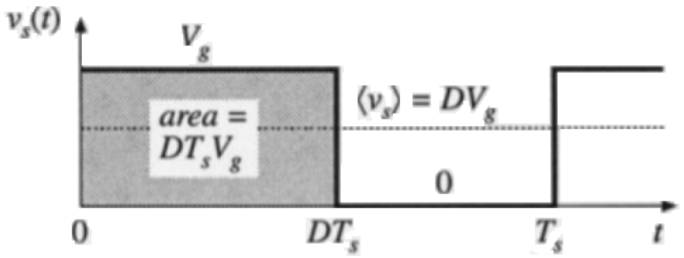
PWM sinyali kare dalga şeklinde bir sinyaldir. Kare dalga sinyalin darbe genişliği artırılıp azaltılarak PWM sinyal elde edilir ve motor hız ayarı ve lambaların parlaklıkları gibi uygulamalarda kullanılabilir. Aşağıdaki şekilde PWM sinyali görülmektedir.



Şekil 3.16. PWM sinyali (Bayraktar Ö., 2015).

PWM sinyalinin içinden geçen “v average”, PWM sinyalinin ortalama yani DC değeridir. Yukarıdan aşağı doğru darbe genişliği arttıkça “v average” değeri de artmaktadır. Anahtarlamalı güç kaynaklarını göz önüne alırsak amacımız çıkıştaki PWM sinyalinin içindeki DC sinyali ortaya çıkarmaktır (Bayraktar, 2015).

Aşağıdaki PWM sinyalini inceleyecek olursak;



Şekil 3.17. Örnek PWM sinyali (Bayraktar Ö., 2015).

Şekilde “Vg” giriş DC voltaj değeri, “Vs” PWM sinyalinin DC değeridir. Denklem 3.10’da görüldüğü gibi DC sinyali bulmak için bir periyot boyunca sinyalin integralini alıp, periyoda böleriz.

$$Vs = \frac{1}{Ts}\int_0^{Ts} Vs(t)dt \tag{3.10}$$

İntegral şeklin altındaki alanı vereceğinden ve bunu periyoda böldüğümüz durumda ikinci denklem aşağıdaki gibi olur.

$$Vs = \frac{1}{Ts}(DTsVg) = DVg \tag{3.11}$$

Sonuçta elde ettiğimiz D çıkış voltajının, giriş voltajına bölümüdür. Netice olarak D değerini değiştirerek PWM sinyalinin DC değerini değiştirebileceğimiz anlaşılmaktadır.

3.4.1.3.1. PIC PWM modu

Tasarladımız sistemde sensörlerden gelen giriş verileri BMK'da değerlendirildikten sonra keskin değer elde edilir. Bu keskin değerler PIC18F4620 de üretilecek olan PWM sinyalinin görev saykılına atanmaktadır. Başlangıçta sıfır olan bu görev saykılı sensörler okundukça yeniden atanmaktadır.

PIC 18F4620 de iki adet PWM modülü bulunmaktadır ve Timer 2 ile ortaklaşa çalışmaktadır.

Mikrodenetleyiciden elde ettiğimiz 5 V ve 0 V çıkışlar ile transistörü tetikleyerek inverter/sürücü veya DC motoru besleyen 12 V'luk kaynaktan gelen enerjiyi görev süresini yani darbenin genişliğini ayarlayarak kontrol edebiliriz.

Tasarımımızda hem DC fan için hem de AC fan için PWM periyodunu yani Timer 2'nin periyot registeri olan PR2 değerini 255 olarak, osilatör frekansımız 4MHz, prescale değerini de 16 olarak belirledik.

Gerçekleştirilen sistemin PWM periyodu;

$$\text{PWM Periyodu} = \left[(\text{PR2})+1\right] \text{ x } 4 \text{ x Tosc x } \left[\text{TMR2 Prescale Değeri}\right] \tag{3.12}$$

$$\text{PWM Periyodu} = \left[(255)+1\right] \text{ x } 4 \text{ x } \frac{1}{4000000} \text{ x } \left[16\right] = 4096\ \mu s \tag{3.13}$$

Olarak bulunur.

Frekansı ise;

$$F=\frac{1}{T} \tag{3.14}$$

$$F=\frac{1}{4096}=0{,}24\ \text{kHz} \tag{3.15}$$

Olarak buluruz.

Görev süresi ise;

$$\text{PWM DutyCycle} = \left(\text{CCPXL:CCPXCON<5:4> x Tosc x TMR2Prescale Değeri}\right) \tag{3.16}$$

Denklemi kullanılarak hesaplanır.

Örneğin AC fan için BM çıkışından 100 keskin değeri geldiğinde, CCPRXL registeri ve CCPXCON <5:4> bitlerinin birleşiminden oluşan 10 bitlik bir değere göre hareket eder (AC fan için CCP1L ve CCP1CON, DC fan için CCP2L ve CCP2CON'dur). İlk durumda binary olarak b "01100100" gelen değer CCPCON<5:4> b "00" olduğundan 10 bitlik çıkış b "01100100" değerini alır bununda decimal karşılığı 400'dür. Pratik olarak gelen değer 4 ile de çarpılıp bulunabilir. Buna göre PWM Duty Cycle;

$$\text{PWM Duty Cycle} = \left(\text{CCP1L:CCP1CON<5:4> x ToscxTMR2 Prescale Değeri}\right) \tag{3.17}$$

$$\text{PWM Duty Cycle} = \left(400\ \text{x}\ \frac{1}{4000000}\ \text{x}\ 16\right) = 1600\ \mu\text{s} \tag{3.18}$$

Olarak bulunur.

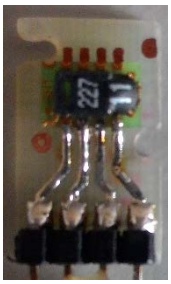
Bunun da analog değeri;

$$\text{Vanalog} = \left(\frac{400}{1023}\ \text{x}\ 12\right) = 4{,}69\ \text{V} \tag{3.19}$$

Olacaktır.

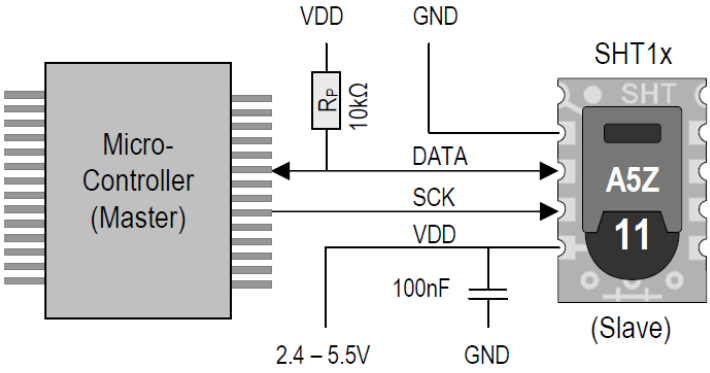
3.4.1.4. SHT11 nem ve sıcaklık sensörü

Devremize tümleşik olarak yerleştirilen genişleme yuvaları vasıtasıyla devreye bağlanan SHT11 veri alışverişini dijital olarak gerçekleştirebilen nem ve sıcaklık sensörüdür. Şekil 3.18'de SHT11 görülmektedir.



Şekil 3.18. SHT11 nem ve sıcaklık sensörü

SHT11, verilerini analog olarak ölçer ama içerisinde barındırdığı ADC vasıtasıyla dijital forma dönüştürerek mikrodenetleyiciye gönderir. SHT11'in mikrodenetleyici ile olan veri iletişimi için çift yönlü 2-wire arayüzünü kullanmaktadır. Devreye genişleme yuvası üzerinden bağlantı şekil 3.19'da görülmektedir.



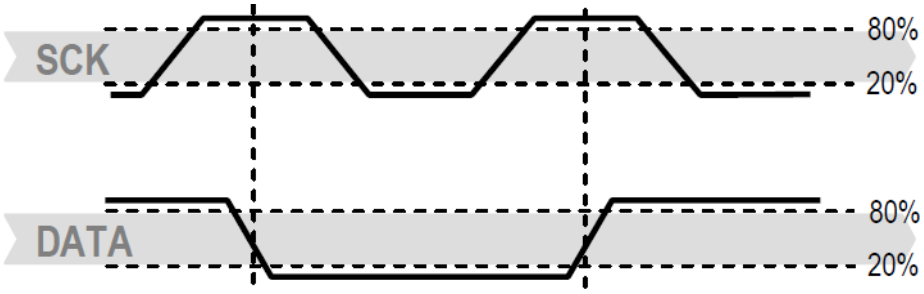
Şekil 3.19. Uygulama devresi(The Sensiron Company, 2011).

SHT11 dijital bir sensör olduğu için hangi bilgiyi ne zaman göndermesi gerektiğinin iletilmesi gerekmektedir. Kendisine ait komut yapısı ile davranışını belirlemektedir. Çizelge 3.4'te komut listesi görülmektedir.

Çizelge 3.4.. SHT11 komut listesi(The Sensiron Company, 2011).

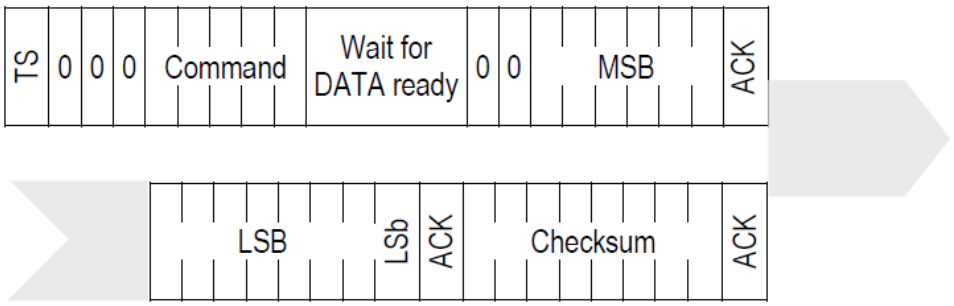
Komut	Kod
Rezerve	0000x
Sıcaklık ölç	00011
Nem ölç	00101
Status registerini oku	00111
Status registerine yaz	00110
Rezerve	0101x-1110x
Reset	11110

SHT11 seri iletişim arayüzü olarak I²C arayüzüne benzer bir çift yönlü 2 telli seri arayüz kullanır. İletişim başladıktan sonra belirtilen komutlar işletilerek ölçümler yaptırılıp sonuçlar okunur. (Özcan, 2011). Şekil 3.20'de veri iletişim başlangıcı görülmektedir.



Şekil 3.20. İletişim başlangıcı(The Sensiron Company, 2011).

Şekil 3.21'de komut gönderimi, cevap bekleme ve gelen cevap görülmektedir.



Şekil 3.21. Bir ölçüm işlemine genel bakış(The Sensiron Company, 2011).

SHT11 sensörünün çıktıları sıcaklık bilgisi için 14 veya 12 bit, nem bilgisi için ise 12 veya 8 bit olabilmektedir. Bu bilgilerin kalibrasyonu ise bit sayısına göre belirlendiğinden nem için hesap kalibrasyon katsayılarına göre yapılır.

Nem için kalibrasyon denklem 3.20'de görülmektedir.

$$RH = c_1 + c_2 \times SO_{RH} + c_3 \times SO_{RH}(\%RH) \quad (3.20)$$

Çizelge 3.5'te nem için kalibrasyon katsayıları görülmektedir.

Çizelge 3.5. Nem kalibrasyon katsayıları(The Sensiron Company, 2011).

SO_{RH}	C1	C2	C3
12 bit	-2.0468	0.0367	-1.5955E-6
8 bit	-2.0468	0.5872	-4.0845E-4

Sıcaklık için kalibrasyon denklemi 3.21'de görülmektedir.

$$T = d_1 + d_2 \times SO_T \quad (3.21)$$

Çizelge 3.6'te sıcaklık için kalibrasyon katsayıları görülmektedir.

Çizelge 3.6. Sıcaklık kalibrasyon katsayıları(The Sensiron Company, 2011).

VDD	d_1[°C]	d_1[°F]
5V	-40.01	-40.2
4V	-39.8	-39.6
3.5V	-39.7	-39.5
3V	-39.6	-39.3
2.5V	-39.4	-38.9

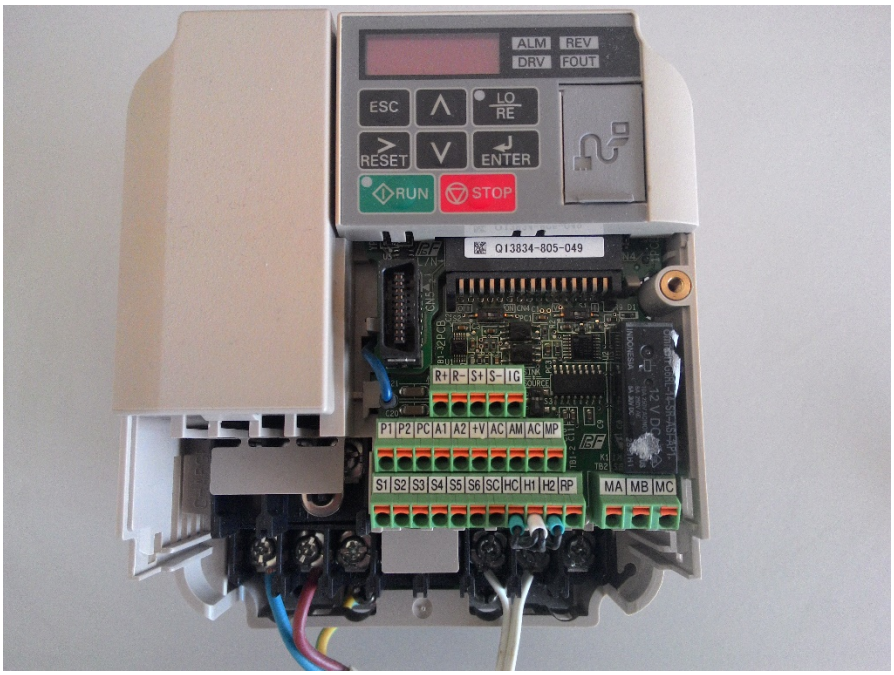
SO_T	d_2[°C]	d_2[°F]
14bit	0.01	0.018
12bit	0.04	0.072

Kalibrasyon sonuçları sıcaklık bilgisi °C ya da °F cinsinden olabilmektedir. Nem bilgisi ise bağıl nem oranı (%RH) olarak kalibre edilmektedir.

3.4.1.5. Frekans dönüştürücü

Frekans dönüştürücü, kontrol kartından gelen analog sinyalleri AC fan için düzenleyip gönderir. Sistemimizde evaporatör ile vitrin içi ortalama sıcaklık arasındaki farkın 5°C'den fazla olmamasını sağlayan AC fanın sürülmesi için YASKAWA V1000 model invertör/sürücü kullanılmıştır. Sürücü 1,5 kW'lık bir kapasiteye sahip tek fazlı olup 220 volt 50 Hz ile beslenmekte ve 200 volt çıkış vermektedir.

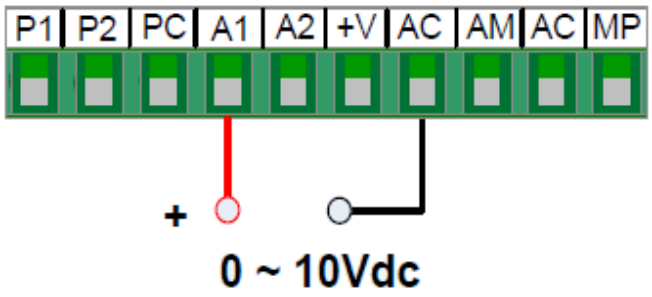
Şekil 3.22'de kullandığımız YASKAWA V1000 model invertör/sürücü görülmektedir.



Şekil 3.22. YASKAWA V1000 model invertör/sürücü

YASKAWA V1000 model invertör/sürücü darbe genişlik modülasyonu (PWM) V/f (gerilim/frekans) kontrollüdür ve çıkış frekansı 0,1 ile 400 Hz arasındadır, çıkış gerilimi dalga formu sabit genliğe sahiptir. Kaynak gerilimi düzenli aralıklarla anahtarlanarak değişken çıkış gerilimi elde edilir. Çıkış gerilimi her çevrimde sinyal genişliğinin ayarlanması ile belirlenmektedir.

Şekil 3.23'te kontrol (PWM) sinyalimizi uyguladığımız terminaller görülmektedir.



Şekil 3.23. Kontrol sinyali uygulanan kullanıcı terminalleri

Frekans dönüştürücü hazırlanmış kontrol kartı ile kontrol sinyalini 0-10 Vdc olarak almaktadır. Frekans dönüştürücünün girişindeki bu 0-10 Vdc kontrol sinyaline karşılık gelen frekans ile çıkışındaki frekans, gerim ve akım değerleri cihaz üzerinden

takip edilebilmektedir. Bu sayede sistemde oluşabilecek istenmeyen durumlara karşı önlem alınabilmektedir.

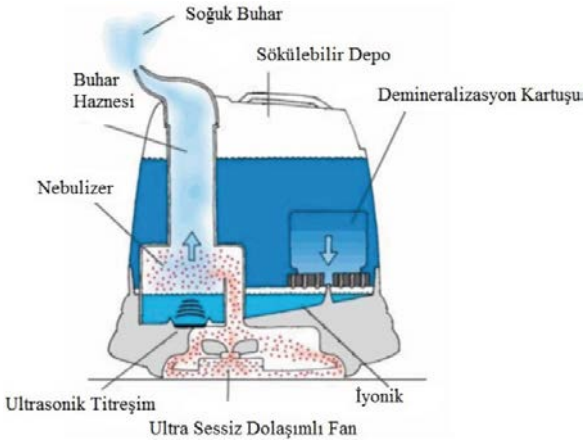
3.4.1.6. Soğuk nemlendirici (ultrasonik nemlendirme)

Soğuk nemlendirme işlemini yapan cihaza atomizer denir. Atomizerler yaklaşık olarak 1-2MHz arasında soğuk buhar üretirler. Bu değer 5MHz'e yaklaştıkça üretilen buhar ısınır. Atomizerin ana malzemesi asimetrik quartz kristalleridir, bu kristallere gerekli frekans sağlandığında mekanik titreşim meydana getirirler.

Şebeke gerilimi bir transformatörle düşürüldükten sonra bir elektronik devrede 1.65 MHz yüksek frekans sinyaline dönüştürülür. Bu sinyal bir su haznesi yatağına monte edilmiş transducer'a transfer edilir. Transducer, bunu yüksek frekanslı titreşime dönüştürür. 1.65 MHz frekans sinyalinin etkisi ile saniyede 1.65 milyon defa kalınlığını da değiştirir. Transducer yüzeyinin yüksek frekansta titreşmesi suyun kütle atalet momenti nedeniyle bu titreşime ayak uyduramamasına ve transducer üzerinde su kolonunun, çalışmaya başlar başlamaz oluşmasına sebep olur.

Transducer kalınlığının negatif yönde daralması esnasında su bu hızlı hareketi takip edemez ve transducerin üzerindeki bölgede anlık vakum oluşur. Vakum etkisiyle su yüzeyinde kavitasyon başlar ve düşük sıcaklık ve basınçta hava kabarcıklarının oluşmasına sebep olur.

Transducerin pozitif yöndeki genişleme hareketi ile hava kabarcıkları hızla su kolonunun yüzeyine doğru hareket ederler ve yüzeyde birbirleriyle yüksek şiddette çarpışırlar. Ses dalgalarının su yüzeyinde oluşturdukları dalga merkezinden en küçük su zerrelerinin parçalanarak 1 mikron büyüklüğünde aerosol şeklinde soğuk buhar tanecikleri haline getirilir. Üretilen soğuk nem kolaylıkla hava tarafından emilir ve hava akımı ile ortama taşınır (Termodinamik, 1999). Şekil 3.24'te bir ultrasonik nemlendirici görülmektedir.



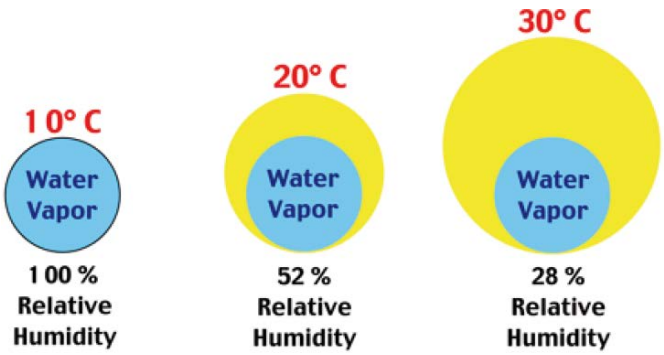
Şekil 3.24. Ultrasonik nemlendirici(Bulut ve Ünveren , 2011)

Soğutulan ortamda istenilen yüksek nem değerlerine ulaşmak için bazı durumlarda atomizer nemlendirici kullanmak gerekebilir (Üçüncü, 2003). Sistemimizde Blyss marka 220-240 volt, 50 Hz, 32 W giriş değerlerine sahip ultrasonik nemlendiriciyi revize ederek kullandık.

3.4.1.6.1. Bağıl nem

Birim hacimdeki nemli havanın içinde bulundurduğu su buharı veya rutubet miktarına mutlak nem denir (Kırbaş, 2013).

Bağıl nemi %RH, 65 % RH gibi terimlerle gösteririz. Hava daima su buharı içerir. Daha yüksek sıcaklıklarda, hava daha fazla su buharı tutar. Bu nedenle bağıl nem kavramı kullanılır. Soğuk hava ısıtıldığında su buharı bağıl yüzdesi düşer, bu da bağıl nemin düşmesi manasına gelir. Şekil 3.25'te soğuk havanın ısıtılması durumunda bağıl nem durumu görülmektedir.



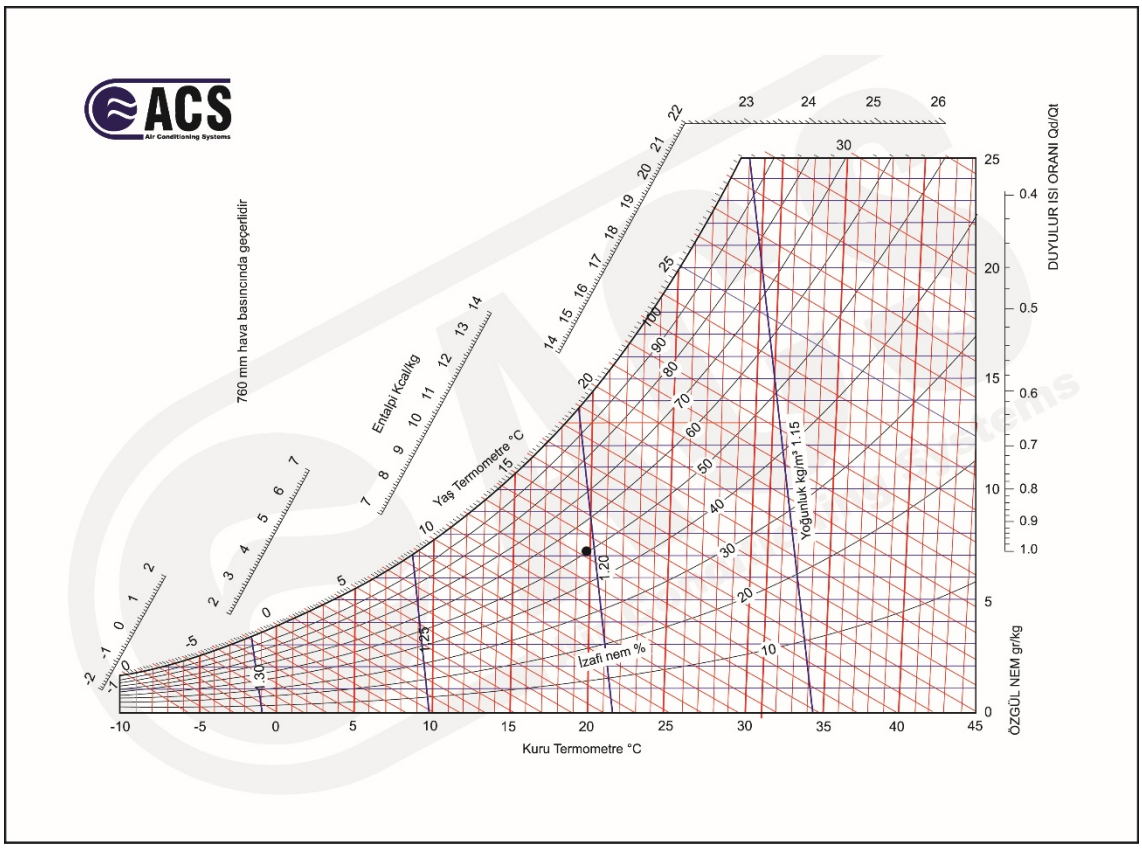
Şekil 3.25. Soğuk havanın ısıtılması durumunda bağıl nem (Bulut ve Ünveren , 2011)

3.4.1.6.2. Adyabatik nemlendirme

Atomize (adyabatik) nemlendiriciler ve sistemleriyle hava nemlendirme işlemidir. Atomize nemlendiriciler evaporasyon evresinde enerjiye ihtiyaç duyan aerosoller üretirler. Gerekli enerji ortamdan ısı alınarak sağlanır. Bu nedenle adyabatik nemlendirme işleminde ek olarak soğutma etkisi de sağlanır. Aerosol nemlendirme her zaman adyabatiktir (Bulut ve Ünveren, 2011). Toplam ısıyı değiştirmeyen olaylara da adyabatik olay denir (Kırbaş, 2013).

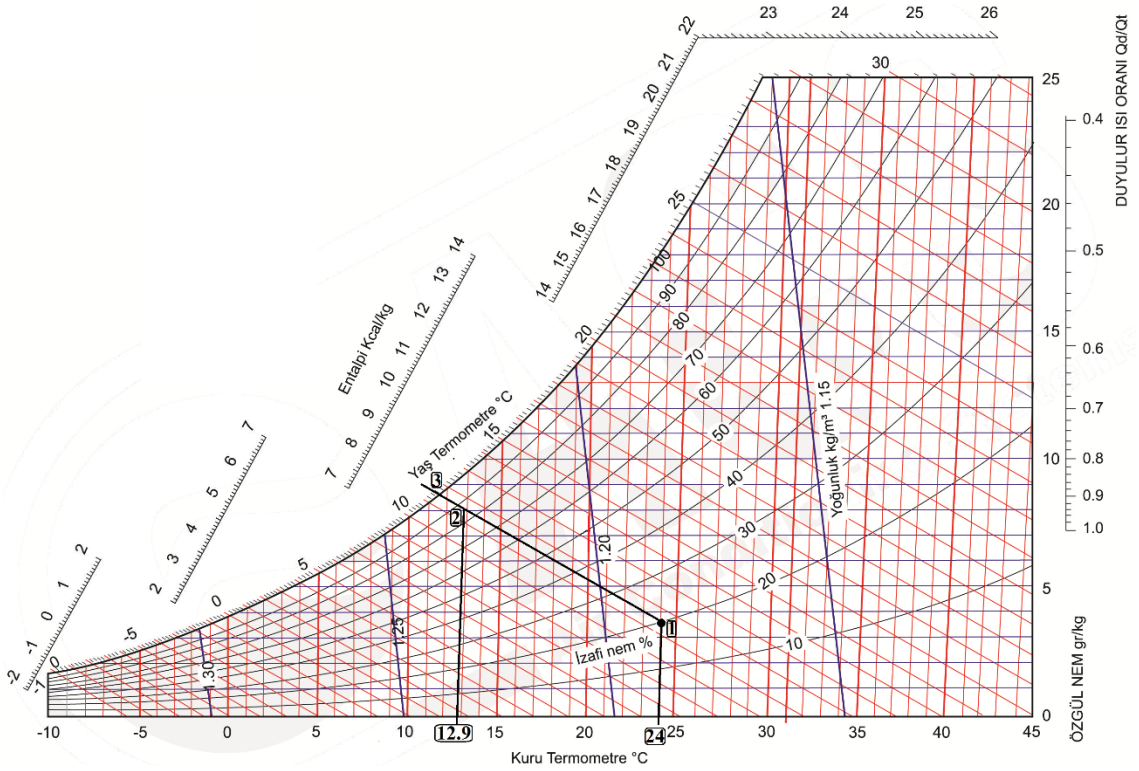
3.4.1.6.3. Psikrometri

Nemli havanın termodinamik özellikleri ile bu özellikleri kullanarak nemli havadaki işlemler ve şartlar ile ilgilenen termodinamiğin bir dalıdır. (Kırbaş, 2013). Şekil 3.26'da psikrometrik işlemlerde kullanılan diyagram görülmektedir.



Şekil 3.26. Psikrometrik diyagram (ACS klima, 2011)

Örneğin 24°C sıcaklığında ve %20 bağıl nem şartlarında $3m^3/s$ hacimsel debideki havaya ısıtılmamış su atomizasyonu ile sis nozulları kullanılarak nemlendirilmektedir. Nemlendirme verimi %88 olup, bağıl nem son değeri %88 olması istenmektedir. Su nozulları ısıtılıp soğutulmaksızın devamlı olarak sirküle edilirse, havanın adyabatik olarak nemlendirilmesi sağlanmış olur. Devamlı sirkülasyon neticesinde su nozullarının sıcaklığı yaş termometre sıcaklığına (haznesi ıslak pamuk v.b madde ile örtülü ve yaklaşık olarak 2m/sn hava akımı içinde bulunan bir termometreden okunan sıcaklık) getirilmiş olur (Kırbaş, 2013). Bu durum şekil 3.27'de gösterilmektedir.

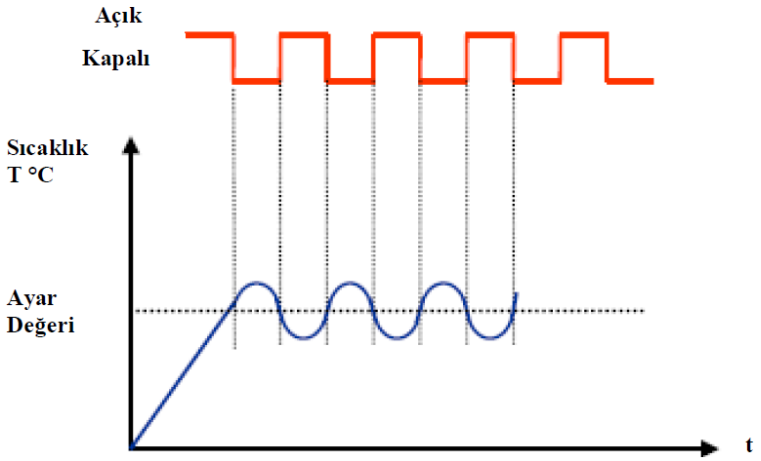


Şekil 3.27. Psikrometrik diyagram üzerinde gösterim

Değişim, 1 noktasındaki havanın sabit yaş termometre doğrusu boyunca olur. 3 noktası, 1 noktasındaki havanın yaş termometresini belirtir doğrunun doyma eğrisini kestiği nokta olup su nozulu sıcaklığını belirtir. 1-3 doğrusunun %88 bağıl nem ile kesişme noktası havanın nemlendiriciden çıkış koşullarını verir. Hava 1-3 doğrusu boyunca rutubetlenir ve 2 noktasında rutubetlenme durur. 2 noktasının pozisyonu nemlendiricinin konstrüksiyonuna bağlıdır. Havanın su nozulları ile daha fazla teması 2 noktasının 3 noktasına daha fazla yaklaşmasını sağlar. 2 noktasının termometre sıcaklığı 12,9'dur. Başlangıç sıcaklığı ile çıkış sıcaklığı arasında 11,1°C'lik sıcaklık düşmesi buharlaşmanın soğutma etkisini gösterir (Kırbaş, 2013).

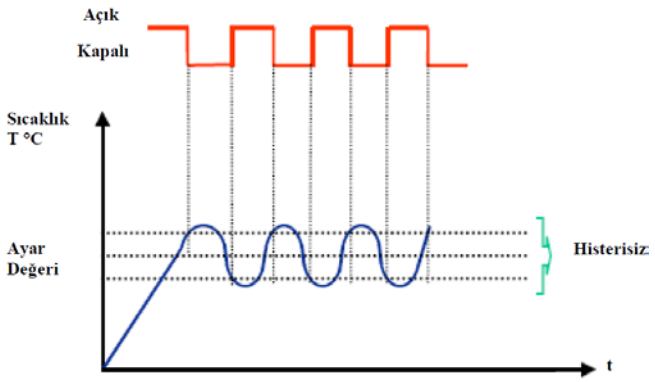
3.4.1.7. Röle ve açık-kapalı kontrol

Açık-kapalı kontrol, ayar değeri üstünde veya altında kontrol edilen sistemi açar veya kapatır. Çıkışı iki konumludur, ayar değerinin altında elektrik enerjisini sisteme tamamen verir, eğer ayar değerinin üstünde ise tamamen keser. Kontrol altında tutulan değişken sürekli salının halinde olup, set değeri etrafında salınır. Bu durum şekil 3.28'de gösterilmektedir (Tutumel, 2010).



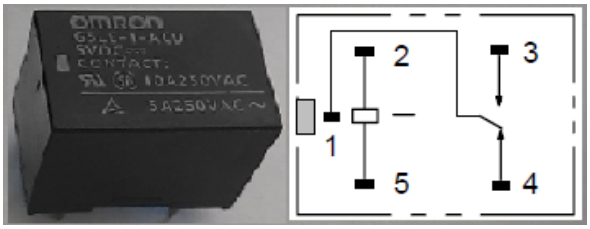
Şekil 3.28. İdeal açık-kapalı sıcaklık kontrolü (Tutumel, 2010).

Endüstriyel sistemlerde ideal tip açık-kapalı kontrol pek kullanılmaz. Ayar değeri tek noktada olursa, prosesteki bozucu etkenler nedeniyle sistem salınıma geçer ve bu değer etrafında sürekli açma kapama yapar ve sistemin kısa zamanda tahrip olmasına sebep olur. Bu durumu önlemek için ayar değeri geçişlerinde histerisiz ya da sabit band oluşturulur, set değeri geçildiği anda enerji kesilmez belirli bir değeri geçtikten sonra kesilir. Böylece set değeri etrafında bir ayar bandı oluşturulmuş olur (Tutumel, 2010). Şekil 3.29'da histerisiz açık-kapalı kontrol görülmektedir.



Şekil 3.29. Histerisiz açık-kapalı kontrol (Tutumel, 2010).

Şekil 3.30'da çalışmamızda kompresör motoru açık-kapalı kontrolünde kullandığımız OMRON firmasına ait G5LE-1-ACD model, 10A, 250VAC kontaktör ve bağlantı şeması görülmektedir.



Şekil 3.30. Kontaktör ve bağlantı şeması

3.4.1.8. Gerçekleştirilen sistemin görünümü

Önceki kısımlarda anlatılan sistem bileşenlerinin bütünsel görünümü şekil 3.31'de gösterilmiştir.



Şekil 3.31. Sistem bileşenlerinin bütünsel görünümü

3.4.2. Gerçekleştirilen sistemin yazılımı

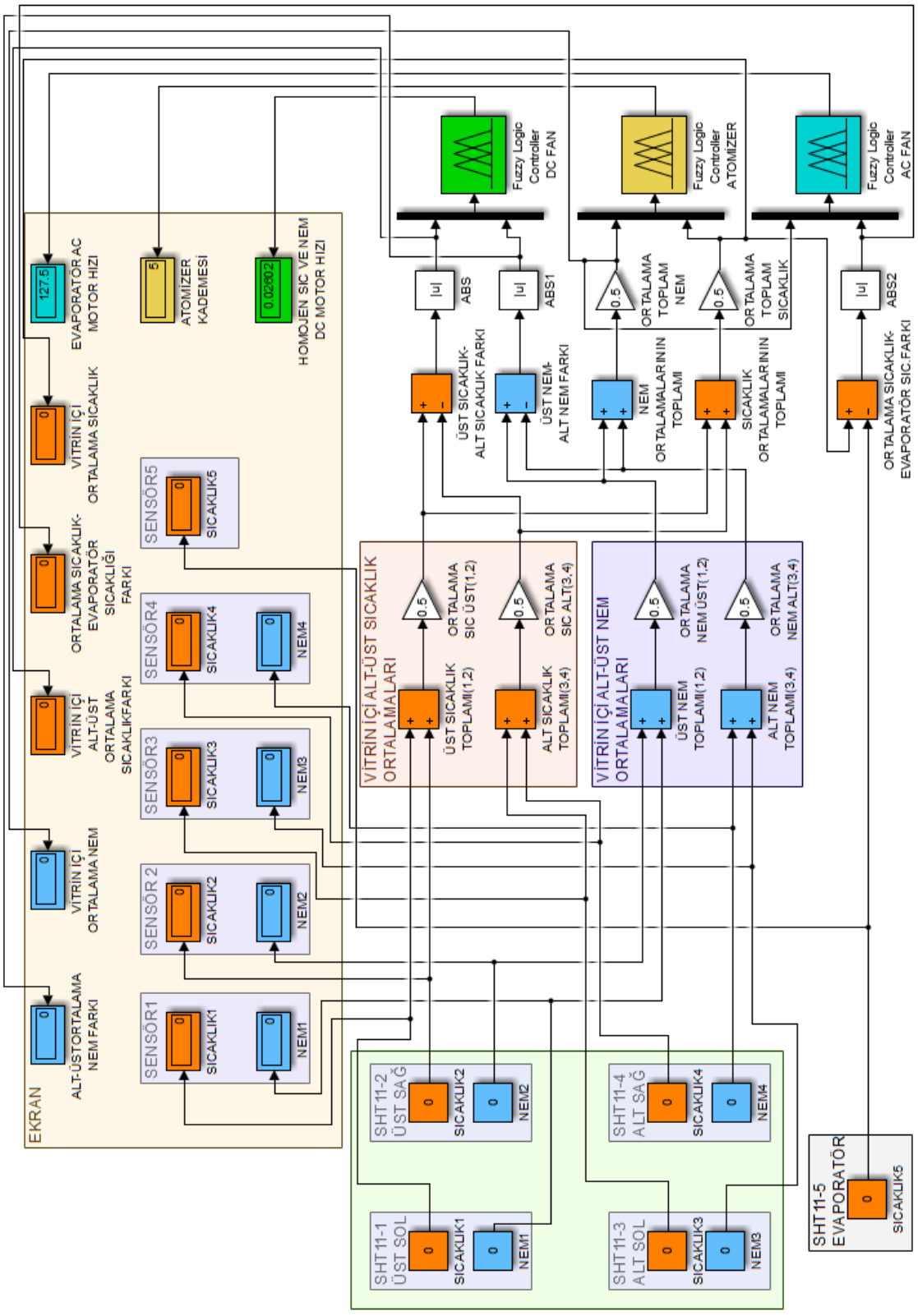
PIC kodları MPLAB programıyla PIC-C dilinde, ekrandan görüntü alabilmek için yapılan program Microsoft Visual Studio Programı ile C# diliyle yazılmıştır. Ayrıca tasarımımızın sonuçlarını karşılaştırmak için MATLAB Fuzzy Editor de BMKS tasarlanmıştır, Fuzzy Editor'de tasarlanan sistem Simulink'te oluşturan modelde kullanılarak simülasyon yapılmıştır.

3.4.2.1. Matlab simulink hakkında genel bilgi

Günümüzde mühendislik alanında en çok kullanılan programlardan birisi MATLAB'dır. Simulink, MATLAB ile bütünleşik olarak çalışan bir benzetim ortamıdır. Sürekli ve ayrık zamanlı sistemleri desteklemektedir. Zengin blok kütüphanesi sayesinde içinde bir çok alt sistem blok halinde bulunduğundan sürükle-bırak yöntemiyle pek çok sistemin kısa sürede benzetimi yapılabilir (Altıparmak, 2005).

3.4.2.1.1. Tasarımın simulink ile modellenmesi

Şekil 3.32'de sistemin Simulink ile modellenmesi görülmektedir.

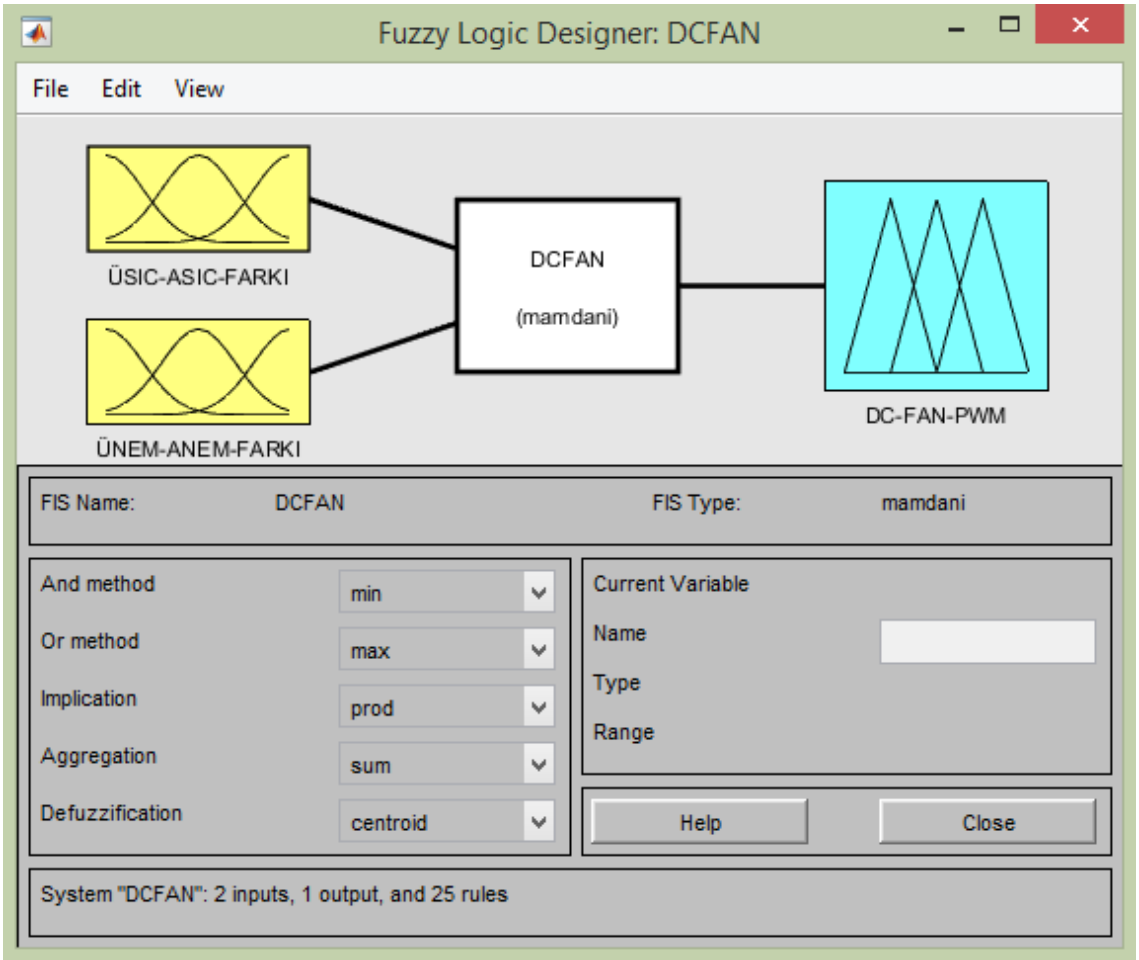


Şekil 3.32. Sistemin MATLAB simulink benzetimi

3.4.2.2. MATLAB fuzzy editörde BMK ile DC fan hız kontrol tasarımı

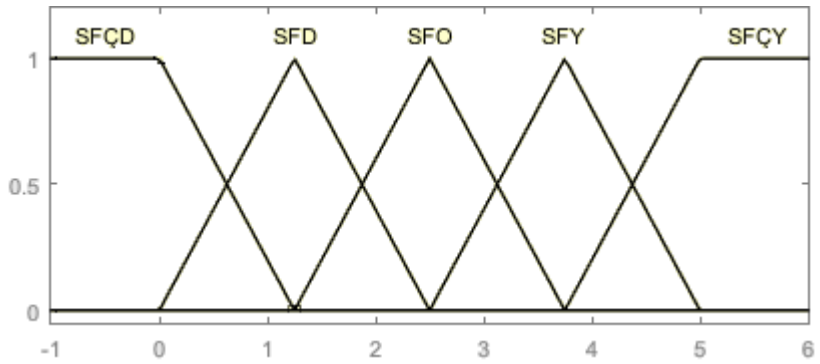
Tasarımımızda kullandığımız DC fan, vitrin içi alt-üst sıcaklık ve nem şartlarının homojen bir şekilde olmasını sağlamaktadır. Vitrinin üst kısmına 1 ve 2 numaralı sensörler, alt kısmına ise 3 ve 4 numaralı sensörler yerleştirilmiştir. BMK'da, üst sıcaklık verilerinin ortalamaları ile vitrinin alt sıcaklık verilerinin ortalamalarının farkı 1. giriş değeri, üst nem verilerinin ortalamaları ile vitrinin alt nem verilerinin ortalamalarının farkı 2. giriş değeri olmak üzere 2 tane giriş kullanılmıştır. Kontrolör DC fanın hızını kontrol etmektedir.

Tasarımımızda Mamdani bulanık sonuç çıkarma sistemini kullandık. Bulanık sonuç çıkarma sürecinde "ve" işlemi için "min", "gerektirme" işlemi için "prod" ve "birleştirme" işlemi için "sum" yöntemlerini kullandık. Bu durum şekil 3.33'te görülmektedir.



Şekil 3.33. DC fan için BMK yöntemi seçimi

Sistemin giriş ve çıkış üyelik fonksiyonlarının tanımında simetrik üçgen üyelik fonksiyonları kullandık. Şekil 3.34'te vitrin içi alt-üst sıcaklık ortalamalarının farkına ait üyelik fonksiyonları görülmektedir.



Şekil 3.34. Vitrin içi alt-üst sıcaklık farklarına ait üçgen üyelik fonksiyonu

Vitrin içi alt-üst sıcaklık farkı ifadeleri çizelge 3.7'da görülmektedir.

Çizelge 3.7. Sıcaklık farkı ifadeleri

GİRİŞ1 ALT-ÜST SICAKLIK FARKI	
SFÇD(- : 0 : 1,25)	SICAKLIK FARKI ÇOK DÜŞÜK
SFD(0 :1,25 : 2,5)	SICAKLIK FARKI DÜŞÜK
SFO(1,25 : 2,5 : 3,75)	SICAKLIK FARKI ORTA
SFY(2,5 : 3,75 : 5)	SICAKLIK FARKI YÜKSEK
SFÇY(3,75 : 5 : +)	SICAKLIK FARKI ÇOK YÜKSEK

DC fan için sıcaklık farkı üyelik fonksiyonlarına ait matematiksel ifadeler denklem 3.22'de görülmektedir.

$$SFÇD = \begin{cases} 1 & SF < 0 \\ \dfrac{1{,}25 - SF}{1{,}25} & 0 \leq SF < 1{,}25 \end{cases}$$

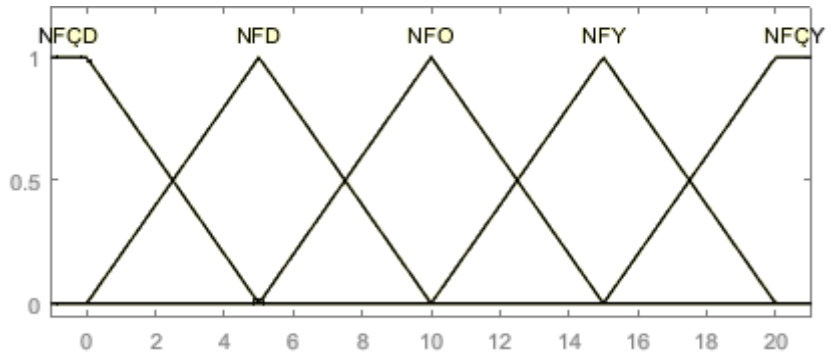
$$SFD = \begin{cases} \dfrac{SF - 0}{1{,}25} & 0 \leq SF < 1{,}25 \\ \dfrac{1{,}25 - SF}{1{,}25} & 1{,}25 \leq SF < 2{,}5 \end{cases}$$

$$SFO = \begin{cases} \dfrac{SF - 1{,}25}{1{,}25} & 1{,}25 \le SF < 2{,}5 \\ \dfrac{3{,}75 - SF}{1{,}25} & 2{,}5 \le SF < 3{,}75 \end{cases}$$

$$SFY = \begin{cases} \dfrac{SF - 2{,}5}{1{,}25} & 2{,}5 \le SF < 3{,}75 \\ \dfrac{5 - SF}{1{,}25} & 3{,}75 \le SF < 5 \end{cases}$$

$$SFÇY = \begin{cases} \dfrac{SF - 3{,}75}{1{,}25} & 3{,}75 \le SF < 5 \\ 1 & SF \ge 5 \end{cases} \qquad (3.22)$$

Aşağıda vitrin içi alt-üst nem ortalamalarının farkına ait üyelik fonksiyonları şekil 3.35'te görülmektedir.



Şekil 3.35. Vitrin içi alt-üst nem farklarına ait üçgen üyelik fonksiyonu

Vitrin içi alt-üst nem farkına ait ifadeler çizelge 3.8'de görülmektedir.

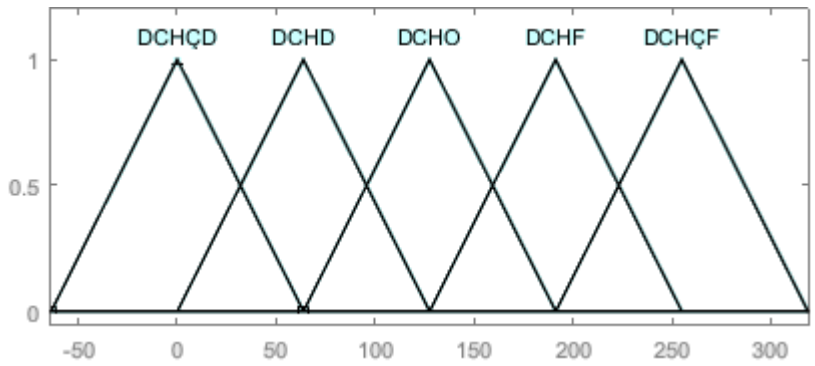
Çizelge 3.8. Nem farkı ifadeleri

GİRİŞ2 ALT-ÜST NEM FARKI	
NFÇD(- : 0 : 5)	NEM ÇOK ÇOK DÜŞÜK
NFD(0 : 5 : 10)	NEM ÇOK DÜŞÜK
NFO(5 : 10 : 15)	NEM DÜŞÜK
NFY(10 : 15 : 20)	NEM AZ DÜŞÜK
NFÇY(15 : 20 : +)	NEM ORTA

DC fan için nem farkı üyelik fonksiyonlarına ait matematiksel ifadeler denklem 3.23'te görülmektedir.

$$
\begin{aligned}
\text{NFÇD} &= \begin{cases} 1 & \text{NF} < 0 \\ \dfrac{5 - \text{NF}}{5} & 0 \le \text{NF} < 5 \end{cases} \\
\text{NFD} &= \begin{cases} \dfrac{\text{NF} - 0}{5} & 0 \le \text{NF} < 5 \\ \dfrac{10 - \text{NF}}{5} & 5 \le \text{NF} < 10 \end{cases} \\
\text{NFO} &= \begin{cases} \dfrac{\text{NF} - 5}{5} & 5 \le \text{NF} < 10 \\ \dfrac{15 - \text{NF}}{5} & 10 \le \text{NF} < 15 \end{cases} \\
\text{NFY} &= \begin{cases} \dfrac{\text{NF} - 10}{5} & 10 \le \text{NF} < 15 \\ \dfrac{20 - \text{NF}}{5} & 15 \le \text{NF} < 20 \end{cases} \\
\text{NFÇY} &= \begin{cases} \dfrac{\text{NF} - 15}{5} & 15 \le \text{NF} < 20 \\ 1 & \text{NF} \ge 20 \end{cases}
\end{aligned}
\tag{3.23}
$$

Şekil 3.36'da çıkış olan DC fan hızına (PWM) ait üyelik fonksiyonları görülmektedir.



Şekil 3.36. DC fan hızına ait üçgen üyelik fonksiyonu

Çizelge 3.9'de DC fan hızına ait ifadeler görülmektedir.

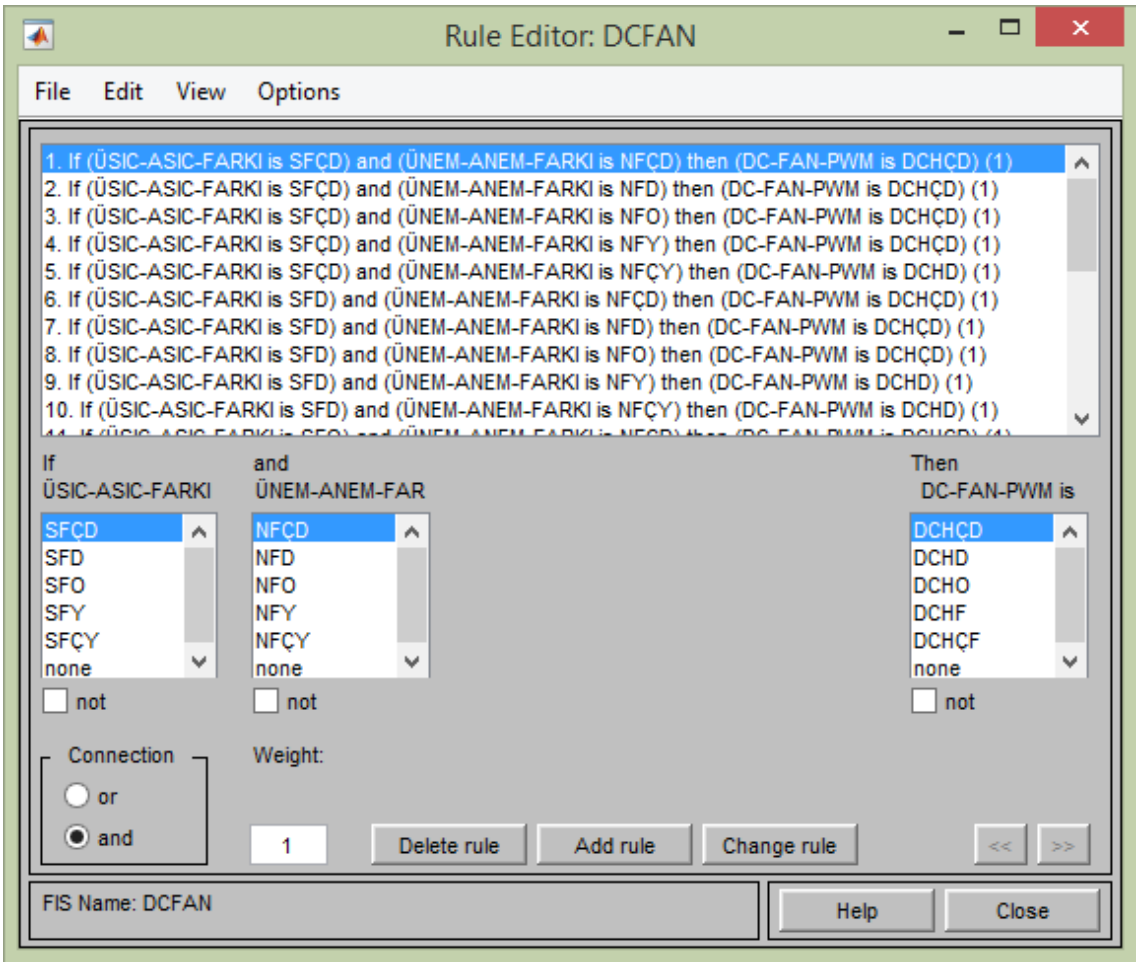
Çizelge 3.9. DC fan hızına ait ifadeler

ÇIKIŞ DC FAN	
DCHÇD(-63,75 : 0 : 63,75)	DC HIZ ÇOK DÜŞÜK
DCHD(0 : 63,75 : 127,5)	DC HIZ DÜŞÜK
DCHO(63,75:127,5:191,3)	DC HIZ ORTA
DCHF(127,5:191,3:255)	DC HIZ FAZLA
DCHÇF(191,3 : 255 : 318,75)	DC HIZ ÇOK FAZLA

DC fan için çıkış (PWM) üyelik fonksiyonlarına ait matematiksel ifadeler denklem 3.24'te görülmektedir.

$$
\begin{aligned}
\text{DCHÇD} &= \begin{cases} \dfrac{\text{DCH} + 63{,}75}{63{,}75} & -63{,}75 \le \text{DCH} < 0 \\ \dfrac{63{,}75 - \text{DCH}}{63{,}75} & 0 \le \text{DCH} < 63{,}75 \end{cases} \\
\text{DCHD} &= \begin{cases} \dfrac{\text{DCH}}{63{,}75} & 0 \le \text{DCH} < 63{,}75 \\ \dfrac{127{,}5 - \text{DCH}}{63{,}75} & 63{,}75 \le \text{DCH} < 127{,}5 \end{cases} \\
\text{DCHO} &= \begin{cases} \dfrac{\text{DCH} - 63{,}75}{63{,}75} & 63{,}75 \le \text{DCH} < 127{,}5 \\ \dfrac{191{,}25 - \text{DCH}}{63{,}75} & 127{,}5 \le \text{DCH} < 191{,}25 \end{cases} \\
\text{DCHF} &= \begin{cases} \dfrac{\text{DCH} - 127{,}5}{63{,}75} & 127{,}5 \le \text{DCH} < 191{,}25 \\ \dfrac{255 - \text{DCH}}{63{,}75} & 191{,}25 \le \text{DCH} < 255 \end{cases} \\
\text{DCHÇF} &= \begin{cases} \dfrac{\text{DCH} - 191{,}25}{63{,}75} & 191{,}25 \le \text{DCH} < 255 \\ \dfrac{318{,}75 - \text{DCH}}{63{,}75} & 255 \le \text{DCH} < 318{,}75 \end{cases}
\end{aligned}
\qquad (3.24)
$$

Girişlerimizin çıkış değerleriyle olan ilişkisi belirlediğimiz kurallara göre olur. Girişlerimize göre 25 adet kural belirlenebilir. Şekil 3.37'de FIS ortamında DC fan kural editörü görülmektedir.



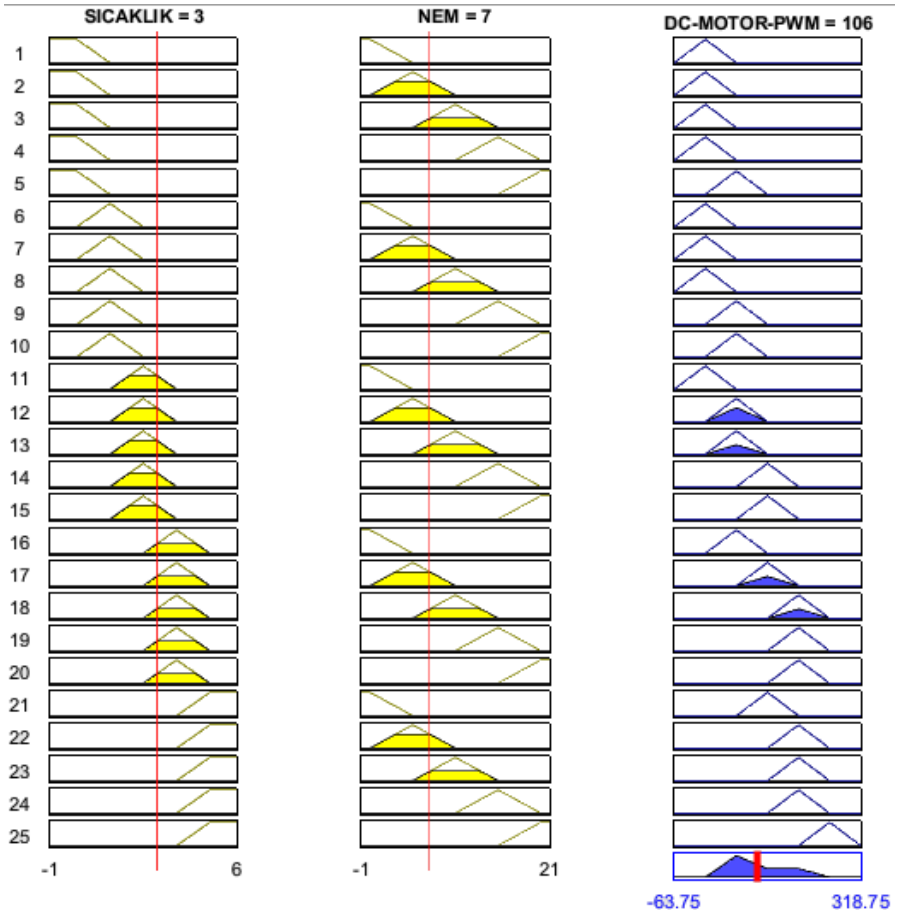
Şekil 3.37. FIS ortamında DC fan kural editörü

Çizelge 3.10'da DC fan BM kural tablosu görülmektedir.

Çizelge 3.10. DC fan BM kural tablosu

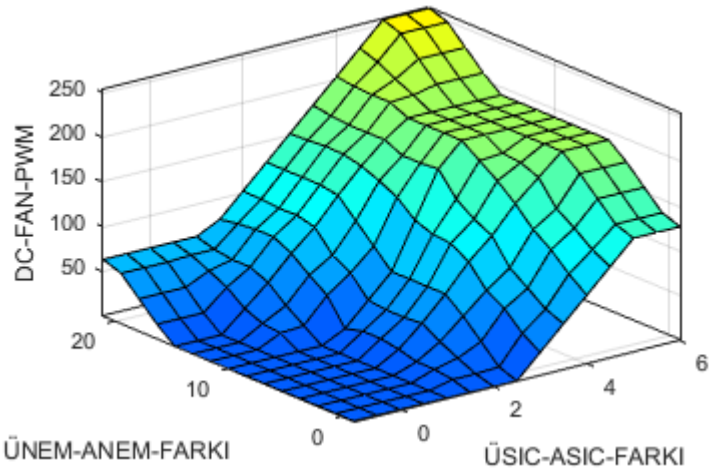
DC FAN BM KURAL TABLOSU					
	ALT-ÜST SICAKLIK FARKI				
NEM FARKI	**SFÇD**	**SFD**	**SFO**	**SFY**	**SFÇY**
NFÇD	DCHÇD	DCHÇD	DCHÇD	DCHD	DCHO
NFD	DCHÇD	DCHÇD	DCHD	DCHO	DCHF
NFO	DCHÇD	DCHÇD	DCHD	DCHF	DCHF
NFY	DCHÇD	DCHD	DCHO	DCHF	DCHF
NFÇY	DCHD	DCHD	DCHO	DCHF	DCHÇF

Kurallarımızın kullanılıp yorumlanması sonuçlarını kural izleyiciden gözlemleyebiliriz. Şekil 3.38'de örnek olarak sıcaklık farkı 3 ve nem farkı 7 olduğu durumdaki DC fan hız kademesi için kural izleyici görülmektedir.



Şekil 3.38. FIS ortamında ortalama sıcaklık 3 ve ortalama nem 7 değerlerine ait kural izleyici

Şekil 3.39'da DC fan hız kademesine ait BMK çıkış cevabı görülmektedir.

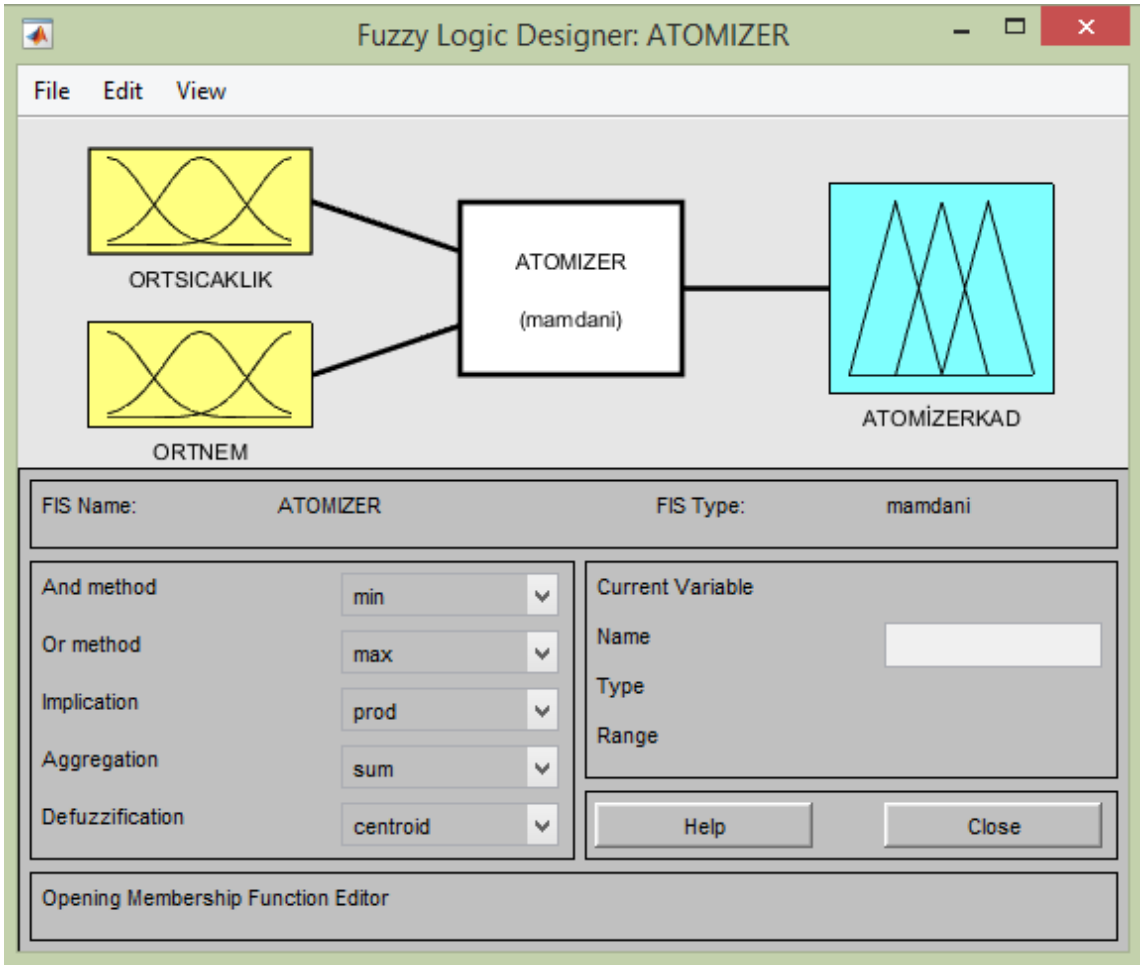


Şekil 3.39. DC fan hız kademesine ait BMK çıkış cevabı

3.4.2.3. MATLAB fuzzy editörde BMK ile atomizer kademe kontrol tasarımı

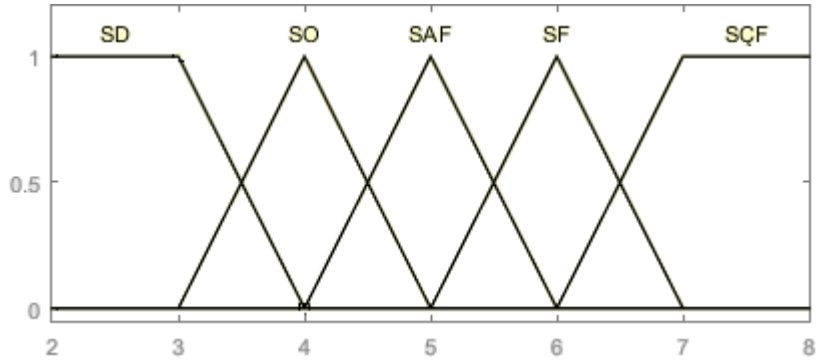
Tasarımımızda kullandığımız atomizer, vitrinde nem oluşumunu sağlamaktadır. Atomizerin BM kontrolünde, vitrin içi toplam sıcaklık verilerinin ortalamaları 1. giriş değerini, vitrin içi nem verilerinin ortalamaları da 2. giriş değerini oluşturmaktadır. Kontrolör atomizer kademe kontrolü yapmaktadır.

Şekil 3.40'da görüldüğü gibi atomizer BMK tasarımında Mamdani bulanık sonuç çıkarma sistemini kullandık. Bulanık sonuç çıkarma sürecinde "ve" işlemi için "min", "gerektirme" işlemi için "prod" ve "birleştirme" işlemi için "sum" yöntemlerini kullandık.



Şekil 3.40. Atomizer için BMK yöntemi seçimi

Sistemin giriş ve çıkış üyelik fonksiyonlarının tanımında simetrik üçgen üyelik fonksiyonları kullandık. Şekil 3.41'de vitrin içi sıcaklık ortalamalarına ait üyelik fonksiyonları görülmektedir.



Şekil 3.41. Vitrin içi sıcaklık ortalamalarına ait üçgen üyelik fonksiyonu

Vitrin içi sıcaklık ortalamalarına ait ifadeler çizelge 3.11'da görülmektedir.

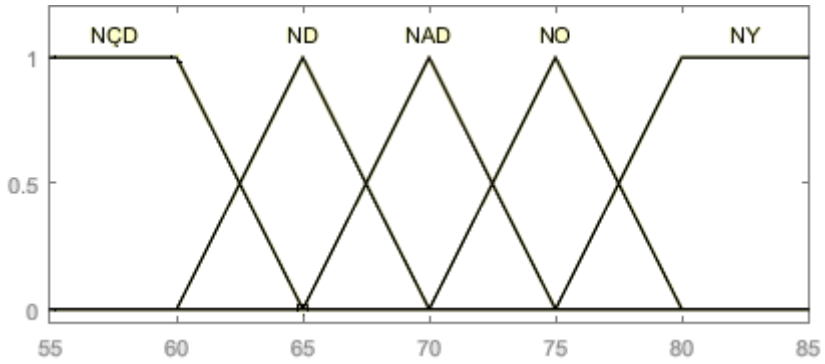
Çizelge 3.11. Ortalama sıcaklık ifadeleri

GİRİŞ1 ORTALAMA SICAKLIK	
SD(- : 3 : 4)	SICAKLIK DÜŞÜK
SO(3 : 4 : 5)	SICAKLIK ORTA
SAF(4 : 5 : 6)	SICAKLIK AZ FAZLA
SF(5 : 6 : 7)	SICAKLIK FAZLA
SÇF(6 : 7 : +)	SICAKLIK ÇOK FAZLA

Atomizer için ortama sıcaklık üyelik fonksiyonlarına ait matematiksel ifadeler denklem 3.25'te görülmektedir.

$$
\begin{aligned}
SD &= \begin{cases} 1 & S < 3 \\ 4 - S & 3 \le S < 4 \end{cases} \\
SO &= \begin{cases} S - 3 & 3 \le S < 4 \\ 5 - S & 4 \le S < 5 \end{cases} \\
SAF &= \begin{cases} S - 4 & 4 \le S < 5 \\ 6 - S & 5 \le S < 6 \end{cases} \\
SF &= \begin{cases} S - 5 & 5 \le S < 6 \\ 7 - S & 6 \le S < 7 \end{cases} \\
SÇF &= \begin{cases} S - 6 & 6 \le S < 7 \\ 1 & S \ge 7 \end{cases}
\end{aligned} \qquad (3.25)
$$

Şekil 3.42'de vitrin içi nem ortalamalarına ait üyelik fonksiyonları görülmektedir.



Şekil 3.42. Vitrin içi nem ortalamalarına ait üçgen üyelik fonksiyonu

Vitrin içi nem ortalamalarına ait ifadeler çizelge 3.12'de görülmektedir.

Çizelge 3.12. Ortalama nem ifadeleri

GİRİŞ2 ORTALAMA NEM	
NÇD(- : 60 : 65)	NEM ÇOK DÜŞÜK
ND(60 : 65 : 70)	NEM DÜŞÜK
NAD(65 : 70 : 75)	NEM AZ DÜŞÜK
NO(70 : 75 : 80)	NEM ORTA
NY(75 : 80 : +)	NEM YÜKSEK

Atomizer için ortalama nem üyelik fonksiyonlarına ait matematiksel ifadeler denklem 3.26'da görülmektedir.

$$NÇD = \begin{cases} 1 & N < 60 \\ \dfrac{65 - N}{5} & 60 \le N < 65 \end{cases}$$

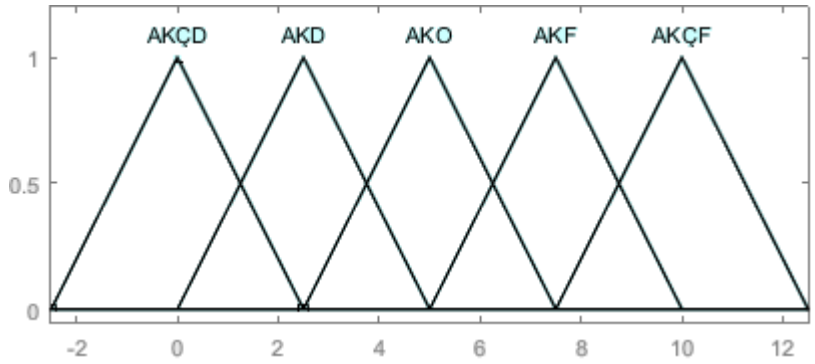
$$ND = \begin{cases} \dfrac{N - 60}{5} & 60 \le N < 65 \\ \dfrac{70 - N}{5} & 65 \le N < 70 \end{cases}$$

$$NAD = \begin{cases} \dfrac{N - 65}{5} & 65 \le N < 70 \\ \dfrac{75 - N}{5} & 70 \le N < 75 \end{cases}$$

$$NO = \begin{cases} \dfrac{N - 70}{5} & 70 \le N < 75 \\ \dfrac{80 - N}{5} & 75 \le N < 80 \end{cases}$$

$$NY = \begin{cases} \dfrac{N - 75}{5} & 75 \le N < 80 \\ 1 & N \ge 80 \end{cases} \qquad (3.26)$$

Şekil 3.43'te çıkış olan atomizer kademesine ait üyelik fonksiyonları görülmektedir.



Şekil 3.43. Atomizer kademelerine ait üçgen üyelik fonksiyonu

Atomizer kademelerine ait ifadeler çizelge 3.13'de görülmektedir.

Çizelge 3.13. Atomizer kademelerine ait ifadeler

ÇIKIŞ ATOMİZER	
AKÇD(-2,5 : 0 : 2,5)	ATOMİZER KADEMESİ ÇOK DÜŞÜK
AKD(0 : 2,5 : 5)	ATOMİZER KADEMESİ DÜŞÜK
AKO(2,5 : 5 : 7,5)	ATOMİZER KADEMESİ ORTA
AKF(5 : 7,5 : 10)	ATOMİZER KADEMESİ FAZLA
AKÇF(7,5 : 10 : 12,5)	ATOMİZER KADEMESİ ÇOK FAZLA

Atomizer için çıkış (PWM) üyelik fonksiyonlarına ait matematiksel ifadeler denklem 3.27'de görülmektedir.

$$AKÇD = \begin{cases} \dfrac{AK + 2,5}{2,5} & -2,5 \le AK < 0 \\ \dfrac{2,5 - AK}{2,5} & 0 \le AK < 2,5 \end{cases}$$

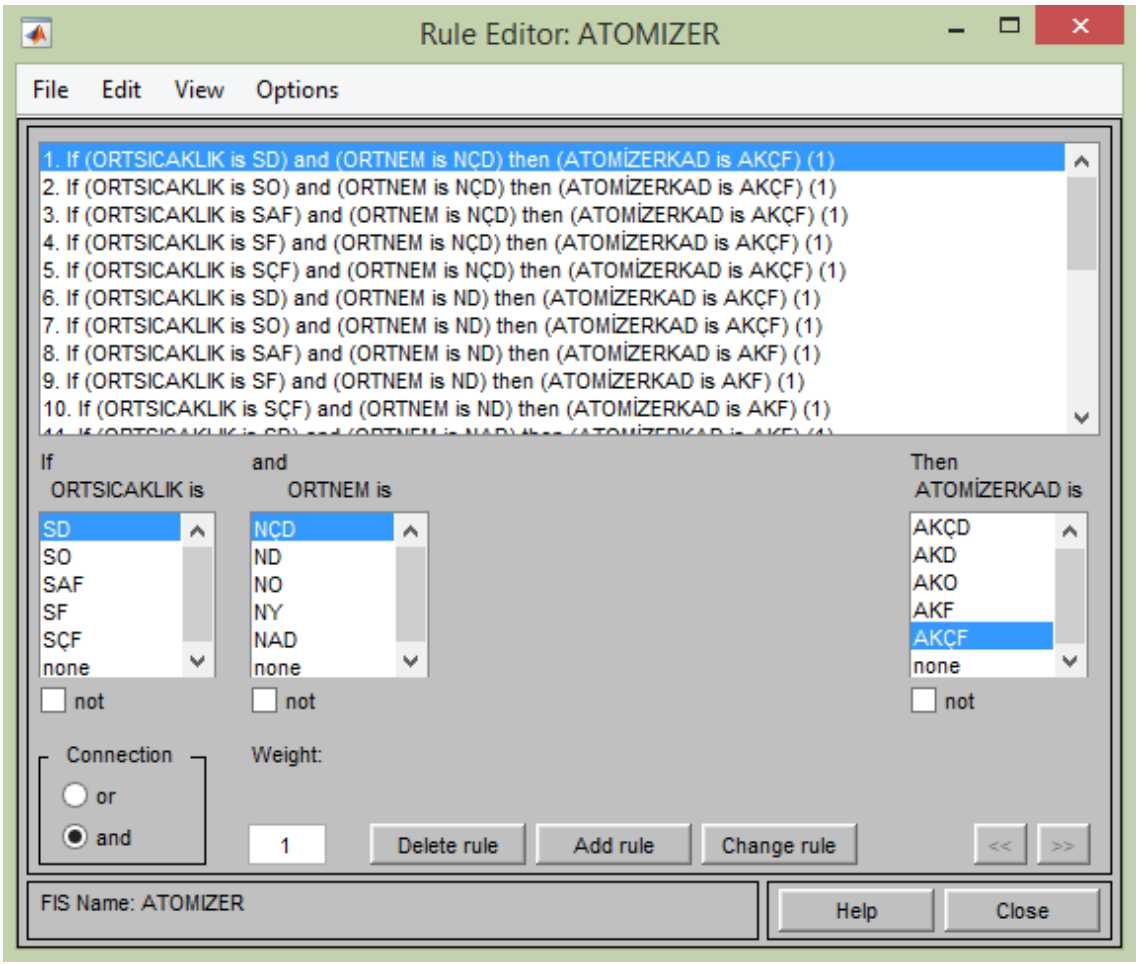
$$AKD = \begin{cases} \dfrac{AK}{2,5} & 0 \le AK < 2,5 \\ \dfrac{5 - AK}{2,5} & 2,5 \le AK < 5 \end{cases}$$

$$AKO = \begin{cases} \dfrac{AK - 2,5}{2,5} & 2,5 \leq AK < 5 \\ \dfrac{7,5 - AK}{2,5} & 5 \leq AK < 7,5 \end{cases}$$

$$AKF = \begin{cases} \dfrac{AK - 5}{2,5} & 5 \leq AK < 7,5 \\ \dfrac{10 - AK}{2,5} & 7,5 \leq AK < 10 \end{cases}$$

$$AKÇF = \begin{cases} \dfrac{AK - 7,5}{2,5} & 7,5 \leq AK < 10 \\ \dfrac{12,5 - AK}{2,5} & 10 \leq AK < 12,5 \end{cases} \quad (3.27)$$

Şekil 3.44'te FIS ortamında Atomizer kademe kural editörü görülmektedir.



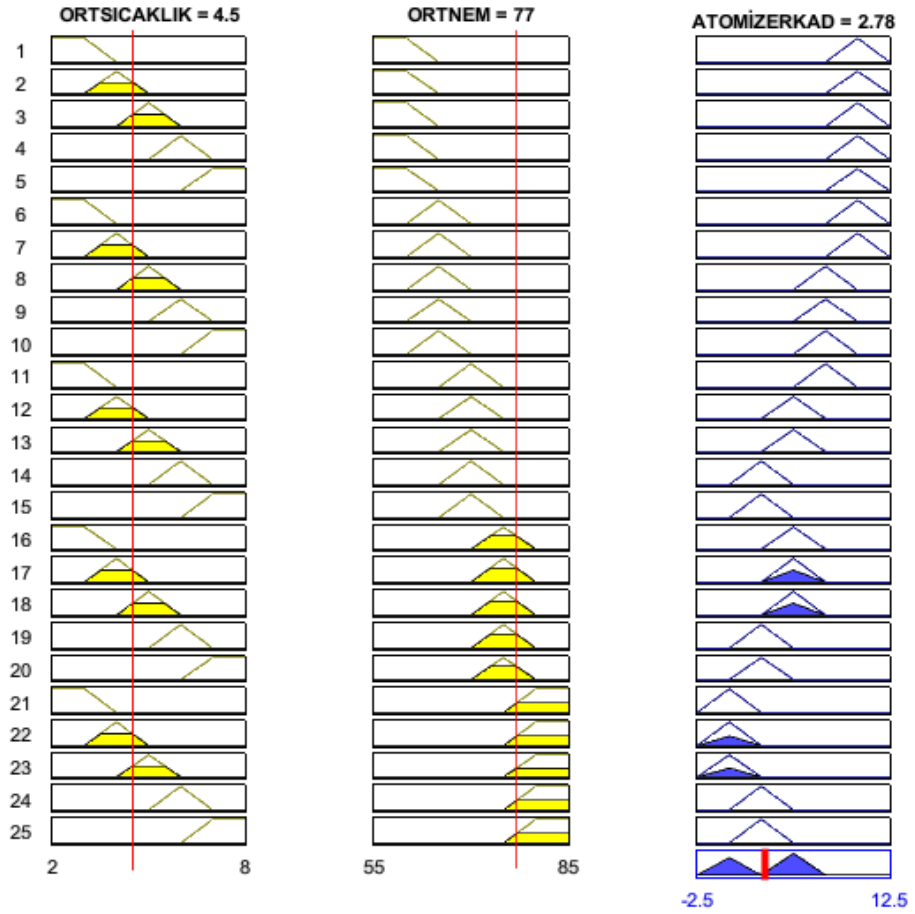
Şekil 3.44. FIS ortamında atomizer kural editörü

Atomizer için BM kural tablosu çizelge 3.14'te görülmektedir.

Çizelge 3.14. Atomizer BM kural tablosu

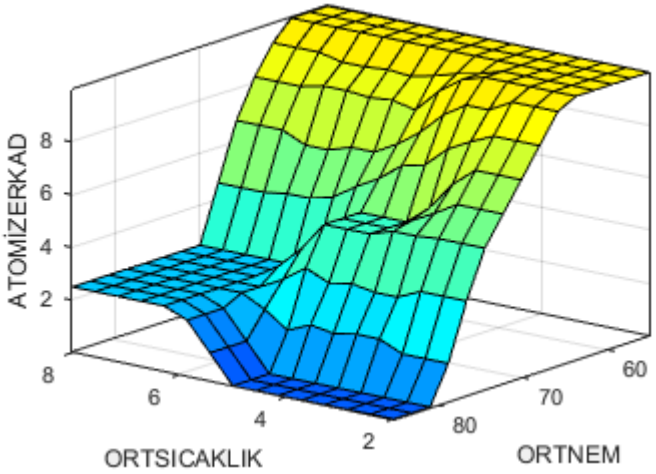
ATOMİZER BM KURAL TABLOSU					
	ORTAM SICAKLIĞI				
ORTAM NEMİ	**SD**	**SO**	**SAF**	**SF**	**SÇF**
NY	AKÇD	AKÇD	AKÇD	AKD	AKD
NO	AKO	AKO	AKO	AKD	AKD
NAD	AKF	AKO	AKO	AKD	AKD
ND	AKÇF	AKÇF	AKF	AKF	AKF
NÇD	AKÇF	AKÇF	AKÇF	AKÇF	AKÇF

Kurallarımızın kullanılıp yorumlanması sonuçlarını kural izleyiciden gözlemleyebiliriz. Şekil 3.45'te örnek olarak ortalama sıcaklık 4,5 ve ortalama nem 77 olduğu durumdaki kural izleyici görülmektedir.



Şekil 3.45. FIS ortamında ortalama sıcaklık 4,5 ve ortalama nem 77 değerlerine ait kural izleyici

Şekil 3.46'da atomizer kademe kontrolüne ait BMK çıkış cevabı görülmektedir.

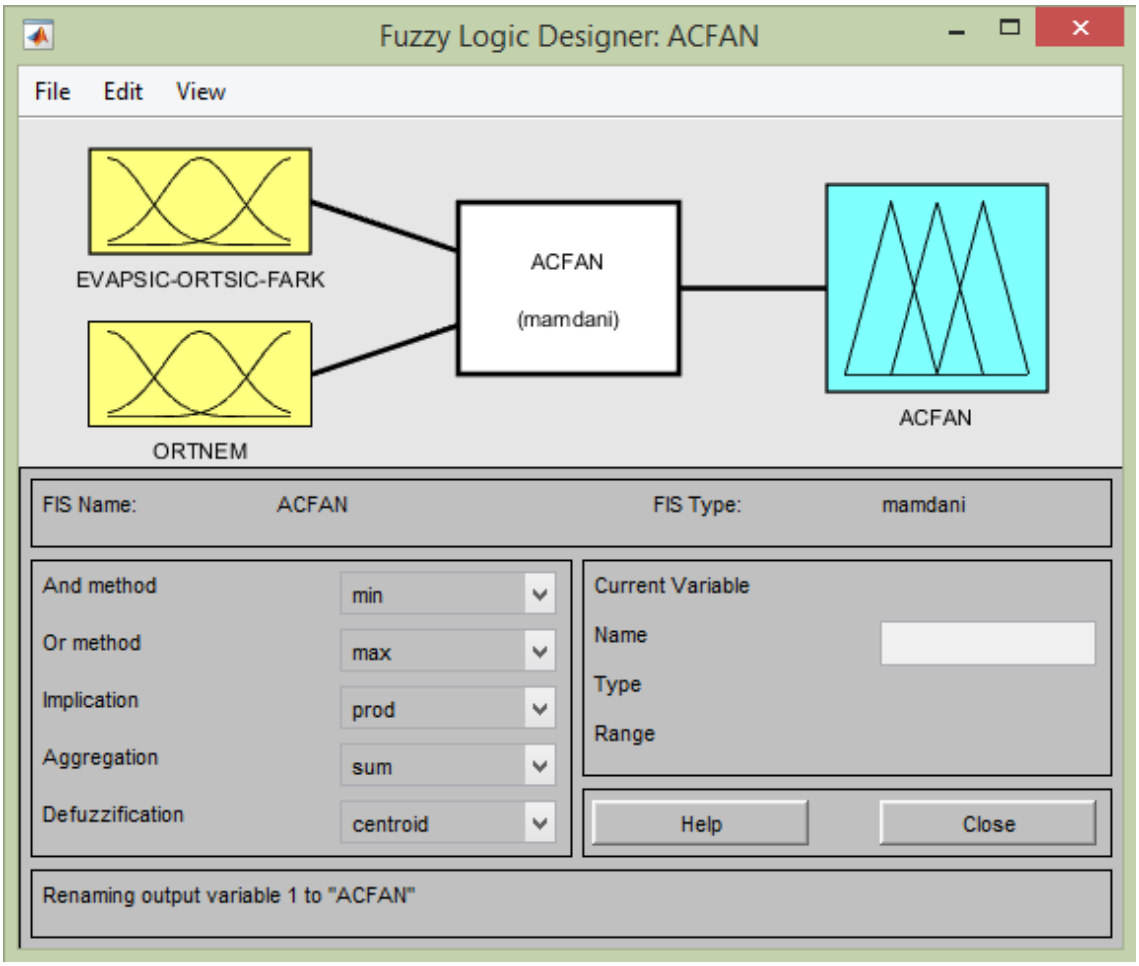


Şekil 3.46. Atomizere ait BMK çıkış cevabı

3.4.2.4. MATLAB fuzzy editörde BMK ile AC fan hız kontrol tasarımı

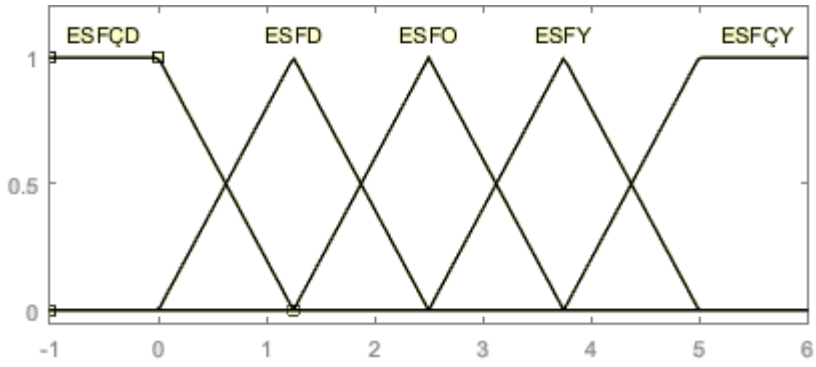
Tasarımımızda kullandığımız AC fan, evaporatör ile vitrin içi ortama sıcaklığın farkına ve vitrin içi ortalama nem oranına göre çalışmaktadır. Evaporatör ile vitrin içi sıcaklığın farkının 5°C'den fazla olamamasını sağlamaktadır. AC fanın BM kontrolünde, evaporatör ile vitrin içi ortama sıcaklığın farkı 1. giriş değerini, vitrin içi ortalama nem oranı da 2. giriş değerini oluşturmaktadır. Kontrolör PWM ile AC fan hız kontrolü yapmaktadır.

Şekil 3.47'de görüldüğü gibi AC fan BM kontrolör tasarımında Mamdani bulanık sonuç çıkarma sistemini kullandık. Bulanık sonuç çıkarma sürecinde "ve" işlemi için "min", "gerektirme" işlemi için "prod" ve "birleştirme" işlemi için "sum" yöntemlerini kullandık.



Şekil 3.47. AC fan için BMK yöntemi seçimi

Sistemin giriş ve çıkış üyelik fonksiyonlarının tanımında simetrik üçgen üyelik fonksiyonları kullandık. Şekil 3.48'de vitrin içi sıcaklık ortalamaları ile evaporatör sıcaklık farkına ait üyelik fonksiyonları görülmektedir.



Şekil 3.48. Vitrin içi sıcaklık ortalamaları ile evaporatör sıcaklık farkına ait üyelik fonksiyonu

Vitrin içi sıcaklık ortalamaları ile evaporatör sıcaklık farkına ait üyelik fonksiyonlarına ait çizelge 3.15'te görülmektedir.

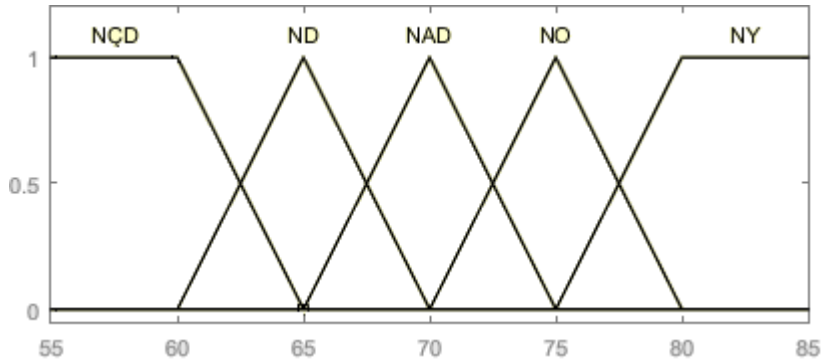
Çizelge 3.15. Vitrin içi ortalama sıcaklık ile evaporatör sıcaklık ifadeleri

GİRİŞ1 EVAPORATÖR SICAKLIK FARKI	
ESFÇD(- : 0 : 1,25)	EVAPORATÖR SICAKLIK FARKI ÇOK DÜŞÜK
ESFD(0 :1,25 : 2,5)	EVAPORATÖR SICAKLIK FARKI DÜŞÜK
ESFO(1,25 : 2,5 : 3,75)	EVAPORATÖR SICAKLIK FARKI ORTA
ESFY(2,5 : 3,75 : 5)	EVAPORATÖR SICAKLIK FARKI YÜKSEK
ESFÇY(3,75 : 5 : +)	EVAPORATÖR SICAKLIK FARKI ÇOK YÜKSEK

AC fan için ortama sıcaklık üyelik fonksiyonlarına ait matematiksel ifadeler denklem 3.28'de görülmektedir.

$$
\begin{aligned}
\text{ESFÇD} &= \begin{cases} 1 & \text{ESF} < 0 \\ \dfrac{1{,}25 - \text{ESF}}{1{,}25} & 0 \le \text{ESF} < 1{,}25 \end{cases} \\
\text{ESFD} &= \begin{cases} \dfrac{\text{ESF} - 0}{1{,}25} & 0 \le \text{ESF} < 1{,}25 \\ \dfrac{2{,}5 - \text{ESF}}{1{,}25} & 1{,}25 \le \text{ESF} < 2{,}5 \end{cases} \\
\text{ESFO} &= \begin{cases} \dfrac{\text{ESF} - 1{,}25}{1{,}25} & 1{,}25 \le \text{ESF} < 2{,}5 \\ \dfrac{3{,}75 - \text{ESF}}{1{,}25} & 2{,}5 \le \text{ESF} < 3{,}75 \end{cases} \\
\text{ESFY} &= \begin{cases} \dfrac{\text{ESF} - 2{,}5}{1{,}25} & 2{,}5 \le \text{ESF} < 3{,}75 \\ \dfrac{5 - \text{ESF}}{1{,}25} & 3{,}75 \le \text{ESF} < 5 \end{cases} \\
\text{ESFÇY} &= \begin{cases} \dfrac{\text{ESF} - 3{,}75}{1{,}25} & 3{,}75 \le \text{ESF} < 5 \\ 1 & \text{ESF} \ge 5 \end{cases}
\end{aligned}
\qquad (3.28)
$$

Şekil 3.49'da vitrin içi nem ortalamalarına ait üyelik fonksiyonları görülmektedir.



Şekil 3.49. Vitrin içi nem ortalamalarına ait üçgen üyelik fonksiyonu

Vitrin içi nem ortalamalarına ait ifadeler çizelge 3.16'te görülmektedir.

Çizelge 3.16. Ortalama nem ifadeleri

GİRİŞ2 ORTAM NEMİ	
NÇD(- : 60 : 65)	NEM ÇOK DÜŞÜK
ND(60 : 65 : 70)	NEM DÜŞÜK
NAD(65 : 70 : 75)	NEM AZ DÜŞÜK
NO(70 : 75 : 80)	NEM ORTA
NY(75 : 80 : +)	NEM YÜKSEK

AC fan için nem farkı üyelik fonksiyonlarına ait matematiksel ifadeler denklem 3.29'da görülmektedir.

$$NÇD = \begin{cases} 1 & N < 60 \\ \dfrac{65 - N}{5} & 60 \le N < 65 \end{cases}$$

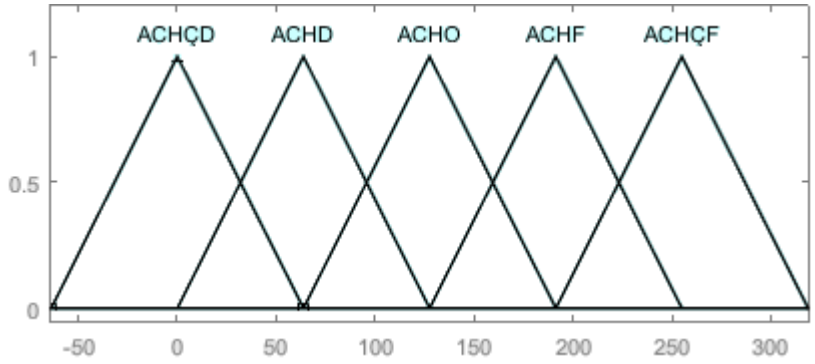
$$ND = \begin{cases} \dfrac{N - 60}{5} & 60 \le N < 65 \\ \dfrac{70 - N}{5} & 65 \le N < 70 \end{cases}$$

$$NAD = \begin{cases} \dfrac{N - 65}{5} & 65 \le N < 70 \\ \dfrac{75 - N}{5} & 70 \le N < 75 \end{cases}$$

$$NO = \begin{cases} \dfrac{N - 70}{5} & 70 \le N < 75 \\ \dfrac{80 - N}{5} & 75 \le N < 80 \end{cases}$$

$$NY = \begin{cases} \dfrac{N - 75}{5} & 75 \le N < 80 \\ 1 & N \ge 80 \end{cases} \qquad (3.29)$$

Şekil 3.50'de çıkış olan AC fan hızlarına ait üyelik fonksiyonları görülmektedir.



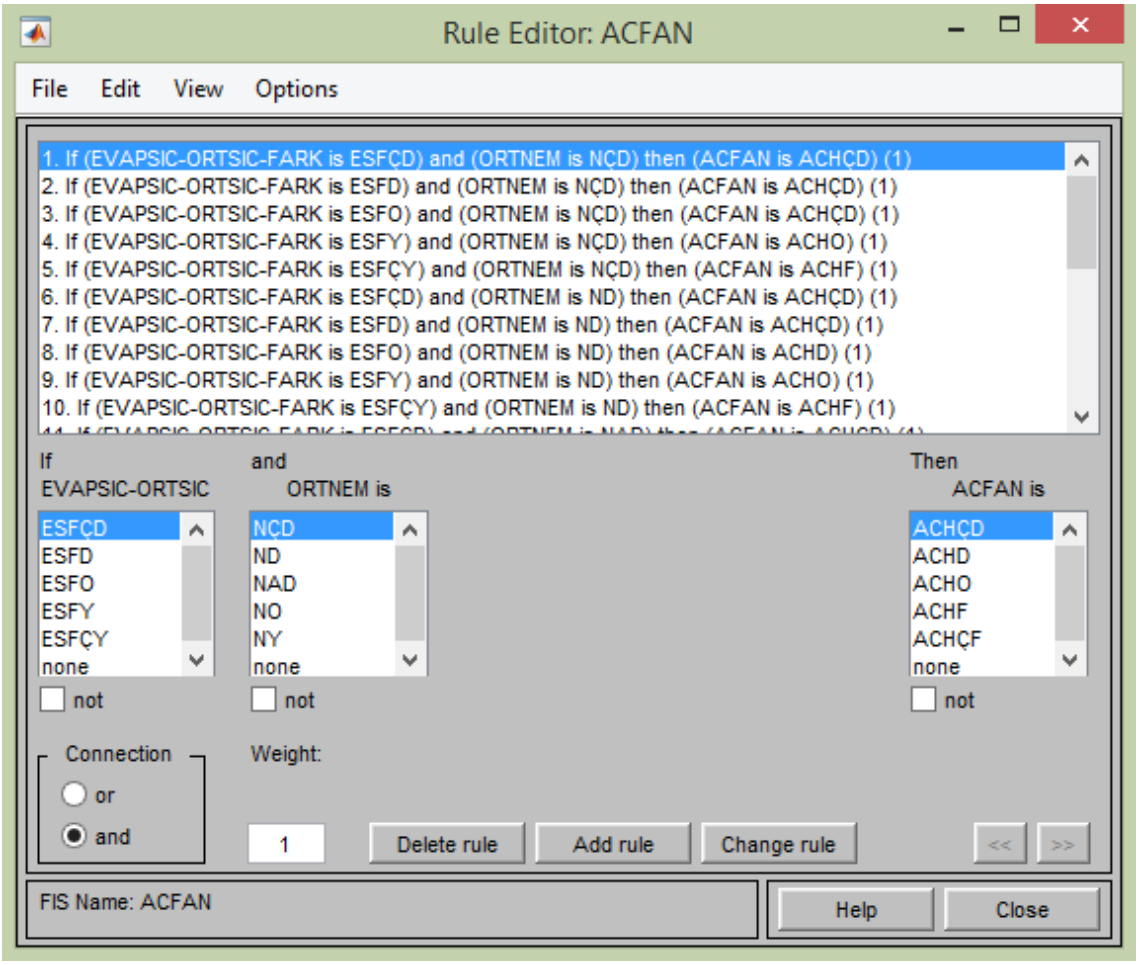
Şekil 3.50. AC fan hızlarına ait üçgen üyelik fonksiyonu

AC fan hız kademelerine ait ifadeler çizelge 3.17'da görülmektedir.

Çizelge 3.17. AC fan hızlarına ait ifadeler

ÇIKIŞ AC MOTOR	
ACHÇD(-63,75 : 0 : 63,75)	AC HIZ ÇOK DÜŞÜK
ACHD(0 : 63,75 : 127,5)	AC HIZ DÜŞÜK
ACHO(63,75:127,5:191,3)	AC HIZ ORTA
ACHF(127,5:191,3:255)	AC HIZ FAZLA
ACHÇF(191,3 : 255 : 318,75)	AC HIZ ÇOK FAZLA

Şekil 3.51'de FIS ortamında AC fan hızı kural editörü şekli görülmektedir.



Şekil 3.51. FIS ortamında AC fan hız kural editörü

Çizelge 3.18'de AC fan BM kural tablosu görülmektedir.

Çizelge 3.18. AC fan BM kural tablosu

AC FAN BM KURAL TABLOSU					
	EVAPORATÖR SICAKLIK FARKI				
ORTAM NEMİ	**ESFÇD**	**ESFD**	**ESFO**	**ESFY**	**ESFÇY**
NY	ACHÇD	ACHD	ACHO	ACHF	ACHÇF
NO	ACHÇD	ACHD	ACHO	ACHF	ACHÇF
NAD	ACHÇD	ACHÇD	ACHD	ACHF	ACHÇF
ND	ACHÇD	ACHÇD	ACHD	ACHO	ACHF
NÇD	ACHÇD	ACHÇD	ACHÇD	ACHO	ACHF

AC fan için çıkış (PWM) üyelik fonksiyonlarına ait matematiksel ifadeler denklem 3.30'da görülmektedir.

$$ACHÇD = \begin{cases} \dfrac{ACH + 63,75}{63,75} & -63,75 \leq ACH < 0 \\ \dfrac{63,75 - ACH}{63,75} & 0 \leq ACH < 63,75 \end{cases}$$

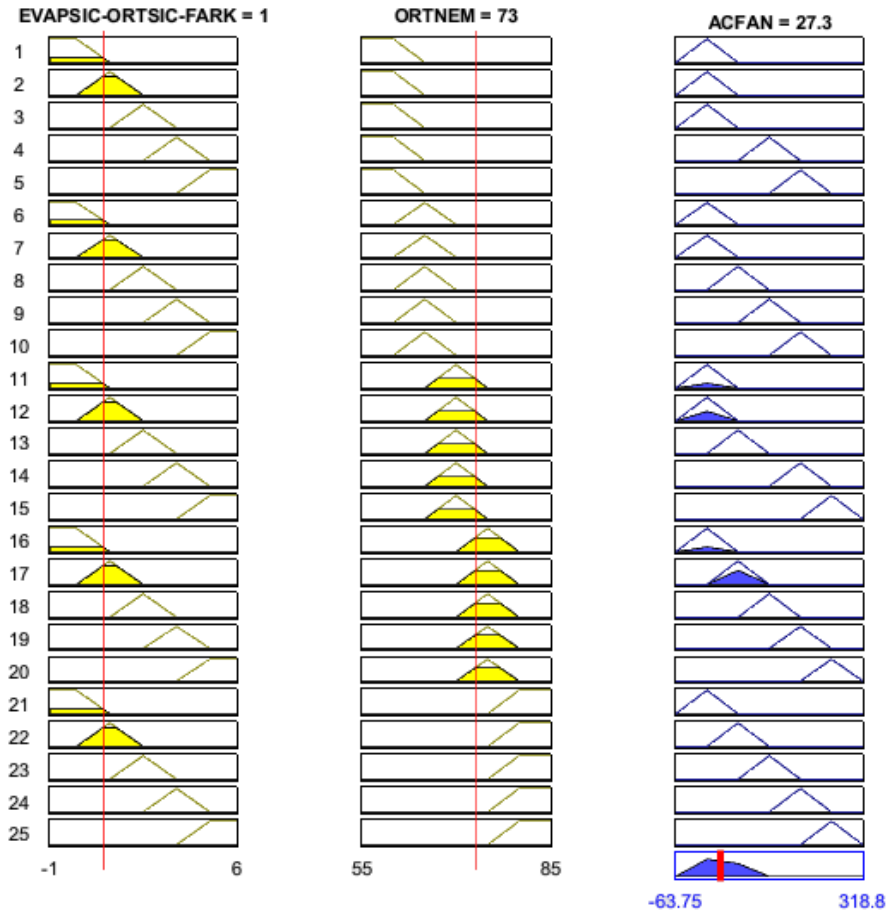
$$ACHD = \begin{cases} \dfrac{ACH - 0}{63,75} & 0 \leq ACH < 63,75 \\ \dfrac{127,5 - ACH}{63,75} & 63,75 \leq ACH < 127,5 \end{cases}$$

$$ACHO = \begin{cases} \dfrac{ACH - 63,75}{63,75} & 63,75 \leq ACH < 127,5 \\ \dfrac{191,25 - ACH}{63,75} & 127,5 \leq ACH < 191,25 \end{cases}$$

$$ACHF = \begin{cases} \dfrac{ACH - 127,5}{63,75} & 127,5 \leq ACH < 191,25 \\ \dfrac{255 - ACH}{63,75} & 191,25 \leq ACH < 255 \end{cases}$$

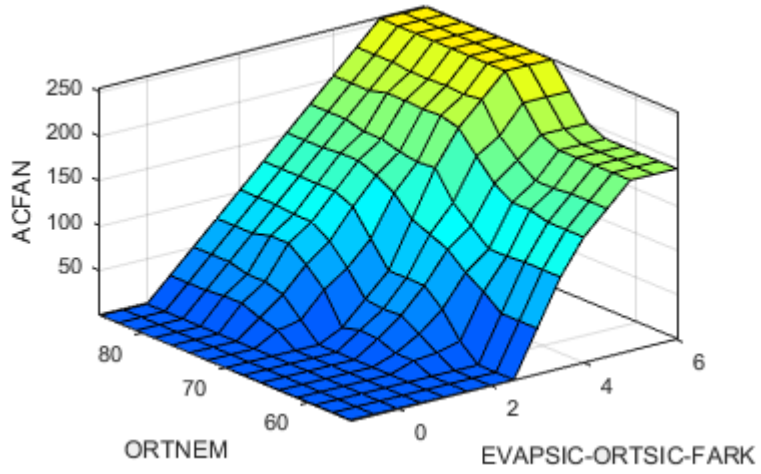
$$ACHÇF = \begin{cases} \dfrac{ACH - 191,25}{63,75} & 191,25 \leq ACH < 255 \\ \dfrac{318,75 - ACH}{63,75} & 255 \leq ACH < 318,75 \end{cases} \quad (3.30)$$

Şekil 3.52'de örnek olarak vitrin içi ortalama sıcaklık ile evaporatör sıcaklığı farkı 1 ve ortalama nem 73 olduğu durumdaki kural izleyici görülmektedir.



Şekil 3.52. FIS ortamında vitrin içi ortalama sıcaklık ile evaporatör sıcaklık farkı 1 ve ortalama nem 73 değerlerine ait kural izleyici

Şekil 3.53'te BM kontrolcü çıkış cevabı görülmektedir.



Şekil 3.53. AC fana ait BM kontrolcü çıkış cevabı

3.4.2.5. Mikrodenetleyici yazılımı

Mikrodenetleyici yazılımı için Hi-Tech firmasına ait PIC-C derleyicisi ve PIC-C dili kullanılmıştır.

Çalışmamızda geliştirilen yazılımın görevleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Sensörlerden veri okumak,
- Sistem içerisinde veri akışını düzenlemek,
- Sensörlerden gelen verileri gerekli olan hesaplamaları yaparak BM çerçevesinde değerlendirmek.

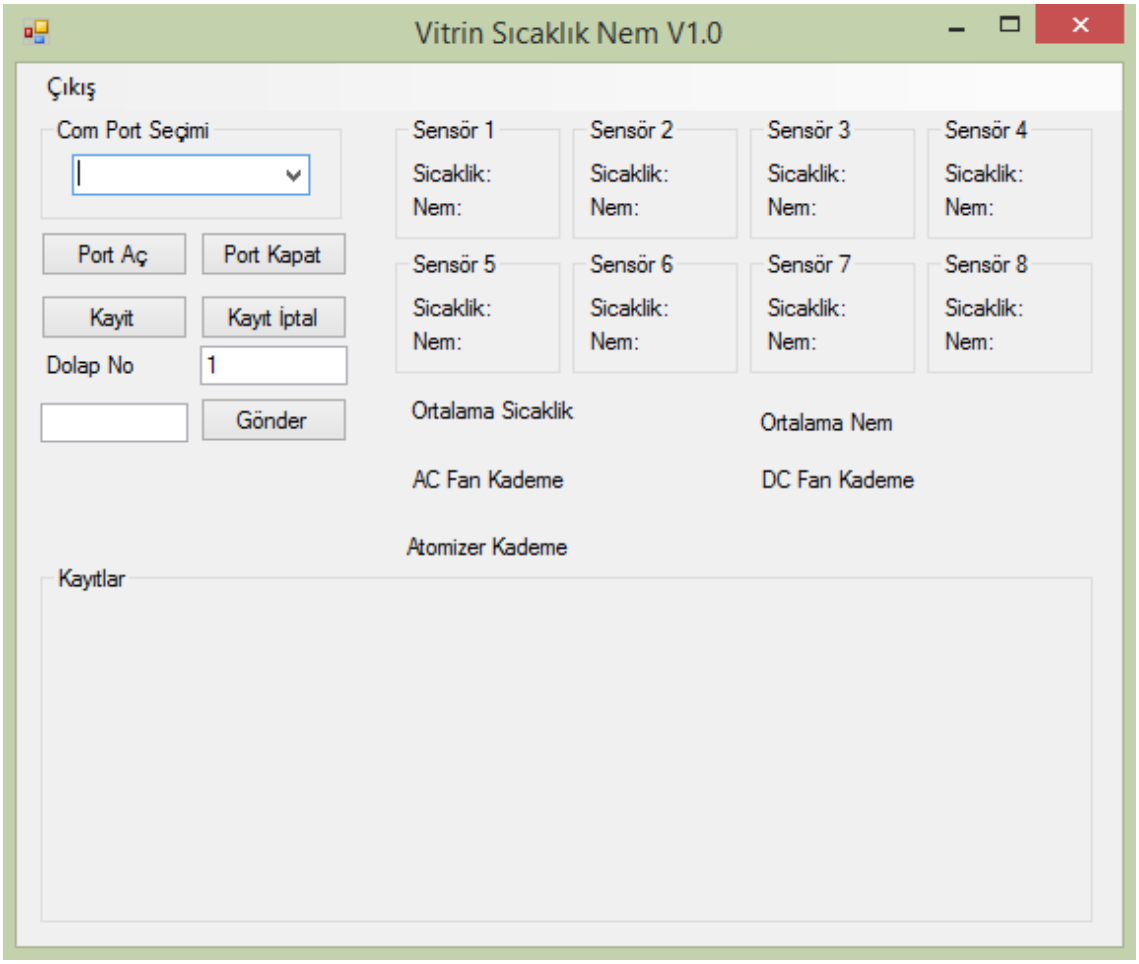
Tasarım içerisinde birbirleriyle bağıntılı veya özerk paralel işlemler gerçekleştiği için yukarıda sayılanları ayrı ayrı ele almak gerekir.

Mikroişlemci için gerçekleştirilen yazılım başlıkları şöyledir.

- Sensör kütüphaneleri oluşturma,
- Global değişkenler atama (tüm sensörlerin sıcaklık ve nem verileri, ortalama sıcaklık ve nem, vitrin içi alt sıcaklık ve nem ortalaması, vitrin içi üst sıcaklık ve nem ortalaması, DC fan kademe, AC fan kademe, Atomizer kademe, evaporatör sıcaklığı ile vitrin içi ortalama sıcaklık farkı),
- Atomizer için fonksiyon tanımlama (nem artır, nem azalt, nem cihazını çalıştır, nem reset, nem ayarla),
- Gecikmeler,
- Timer ayarlama (sensörlerin belirli aralıklarla okunması),
- Pin ayarları,
- PWM ayarları,
- AC fan kademe ayarı,
- DC fan kademe ayarı,
- Sensörler için hazırlık fonksiyonları,
- Kompresör pini atama,
- Bilgisayar ile iletişim için USART ayarları,
- Sıcaklık ve nem verileri kalibrasyon ayarı,
- DC fan için girişlerin ayarlanması ve BM kuralları,
- Atomizer girişlerin ayarlanması ve BM kuralları,
- AC fan girişlerin ayarlanması ve BM kuralları.

3.4.2.6. Arayüz yazılımı

Sensörlerden gelen sıcaklık ve nem verileri ile kontrol edilen DC fan, atomizer ve AC fan kademelerini bilgisayardan gözlemleyebilmek için Microsoft Visual Studio'da bir arayüz tasarlanmıştır. Mikroişlemci ile iletişimini USART (RC6) portu ile sağlamaktadır. Şekil 3.54'te tasarlanan arayüz programının ekran görüntüsü görülmektedir.



Şekil 3.54. Sistem için tasarlanan arayüz programının ekran görüntüsü

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Örnek Uygulama

Örneğin;

Vitrinin üst-sol kısmında bulunan sensör 1'den alınan veriler; 7°C ve 66 RH, Vitrinin üst-sağ kısmında bulunan sensör 2'den alınan veriler; 8°C ve 72 RH, Vitrinin alt-sol kısmında bulunan sensör 3'ten alınan veriler; 4°C ve 85 RH, Vitrinin alt-sağ kısmında bulunan sensör 4'ten alınan veriler; 5°C ve 88 RH, Evaporatör sıcaklığının ise 3°C olduğu durumda DC fanın, Atomizerin ve AC fanın hangi kademede sürüleceğini bulalım.

4.1.1. DC fan kademesi

DC fan kademesinin bulunması için aşağıdaki işlemler sırasıyla yapılır.

4.1.1.1. Giriş değerlerini bulma

DC fan için, üst sıcaklık verilerinin ortalamaları ile vitrinin alt sıcaklık verilerinin ortalamalarının farkı 1. giriş değerini, üst nem verilerinin ortalamaları ile vitrinin alt nem verilerinin ortalamalarının farkı 2. giriş değerini oluşturur.

1. Giriş değeri denklem 4.1'den bulunur.

$$SF = \left| \frac{\text{sensör 1 sıc} + \text{sensör 2 sıc}}{2} - \frac{\text{sensör 3 sıc} + \text{sensör 4 sıc}}{2} \right| \tag{4.1}$$

$$SF = \left| \frac{7 + 8}{2} - \frac{4 + 5}{2} \right| = 3\,°C \tag{4.2}$$

2. Giriş değeri denklem 4.3'ten bulunur.

$$NF = \left| \frac{\text{sensör 1 nem} + \text{sensör 2 nem}}{2} - \frac{\text{sensör 3 nem} + \text{sensör 4 nem}}{2} \right| \tag{4.3}$$

$$NF = \left| \frac{66 + 72}{2} - \frac{85 + 88}{2} \right| = 17{,}5\,RH \tag{4.4}$$

4.1.1.2. Girişleri bulanıklaştırma

Elde edilen sıcaklık farkı ve nem farkı ifadelerinin bulanıklaştırma işlemleri aşağıdaki gibidir.

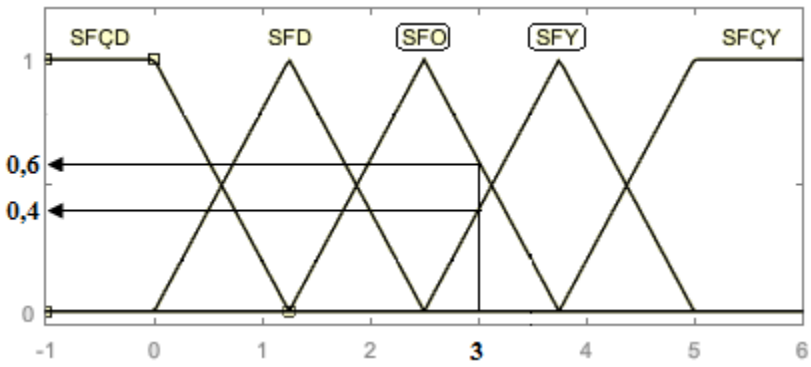
4.1.1.2.1. Sıcaklık farkı için bulanıklaştırma

Gerçek değeri 3°C olduğundan dâhil olduğu üçgen üyelik SFO ve SFY'ye karşılık gelmektedir. Buna göre hangi üçgen kümelere ait olduğu ve üyelik dereceleri denklem 4.5 ve 4.6'dan hesaplanır.

$$SFO = \left\{ \frac{3{,}75 - 3}{1{,}25} \qquad 2{,}5 \le SF < 3{,}75 \right\} = 0{,}6 \tag{4.5}$$

$$SFY = \left\{ \frac{3{,}5 - 3}{1{,}25} \qquad 2{,}5 \le SF < 3{,}75 \right\} = 0{,}4 \tag{4.6}$$

Şekil 4.1'de 1. giriş olan sıcaklık farkının bulanıklaştırma işlemi görülmektedir.



Şekil 4.1. DC fan için 1. giriş bulanıklaştırma işlemi

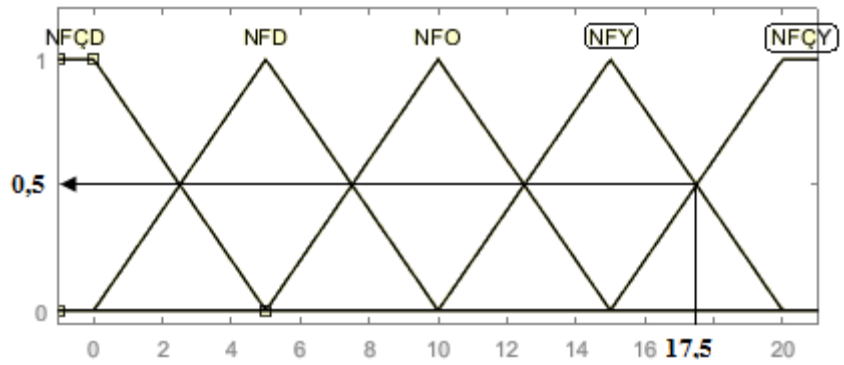
4.1.1.2.2. Nem farkı için bulanıklaştırma

Gerçek değeri 17,5 RH olduğundan dâhil olduğu üçgen üyelik NFY ve NFÇY'ye karşılık gelmektedir. Buna göre hangi üçgen kümelere ait olduğu ve üyelik dereceleri denklem 4.7 ve 4.8'den hesaplanır.

$$NFY = \left\{ \frac{20 - 17,5}{5} \qquad 15 \leq NF < 20 \right\} = 0,5 \tag{4.7}$$

$$NFÇY = \left\{ \frac{17,5 - 15}{5} \qquad 15 \leq NF < 20 \right\} = 0,5 \tag{4.8}$$

Şekil 4.2'de 2. giriş olan nem farkının bulanıklaştırma işlemi görülmektedir.



Şekil 4.2. DC fan için 2. giriş bulanıklaştırma işlemi

4.1.1.3. Çıkarım ve bilgi tabanı

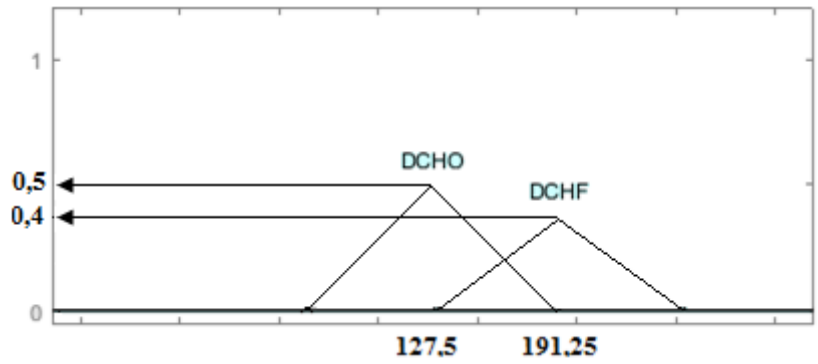
BM kontrolde çıkarım birimi, birleştirme operatörleri ve kural tablosunu kullanarak çıkışı bulur. Tasarımımızda birleştirme işlemi için Mamdani metodunu kullandık. Mamdani metodu çıkarım için minimum, toplama işlemi için maksimum operatörü kullanır. Girişler "ve" ile bağlı olduğundan minimum değer alınır. Daha sonra kural tablosundan yararlanarak maksimum-minimum çıkarım kuralı uygulanır. Çizelge 4.1'de DC fan BM kural tablosuna göre aktif olan kurallar ve üyelik dereceleri görülmektedir.

Çizelge 4.1. DC fan BM kural tablosuna göre aktif olan kurallar ve üyelik dereceleri

DC FAN BM KURAL TABLOSU					
	ALT-ÜST SICAKLIK FARKI				
NEM FARKI	**SFÇD**	**SFD**	**SFO(0,6)**	**SFY(0,4)**	**SFÇY**
NFÇD	DCHÇD	DCHÇD	DCHÇD	DCHD	DCHO
NFD	DCHÇD	DCHÇD	DCHD	DCHO	DCHF
NFO	DCHÇD	DCHÇD	DCHD	DCHF	DCHF
NFY(0,5)	DCHÇD	DCHD	DCHO(0,5)	DCHF(0,4)	DCHF
NFÇY(0,5)	DCHD	DCHD	DCHO(0,5)	DCHF(0,4)	DCHÇF

4.1.1.4. Merkezlerin ağırlıklı ortalaması metodu ile durulaştırma

Bulanık çıktıların kesin değere dönüşmesi için, çalışmamızda durulaştırma yöntemi olarak merkezlerin ağırlıklı ortalaması yöntemini kullandık. Bu yöntem sadece simetrik üyelik fonksiyonlarda geçerlidir. Kullandığımız üyelik fonksiyonlarının tamamı simetrik olduğundan durulaştırma yöntemi olarak bu yöntemi seçmemiz herhangi bir sorun oluşturmayacaktır. Şekil 4.3'te DC fan için merkezlerin ağırlıklı ortalaması metodunun uygulanışı görülmektedir.



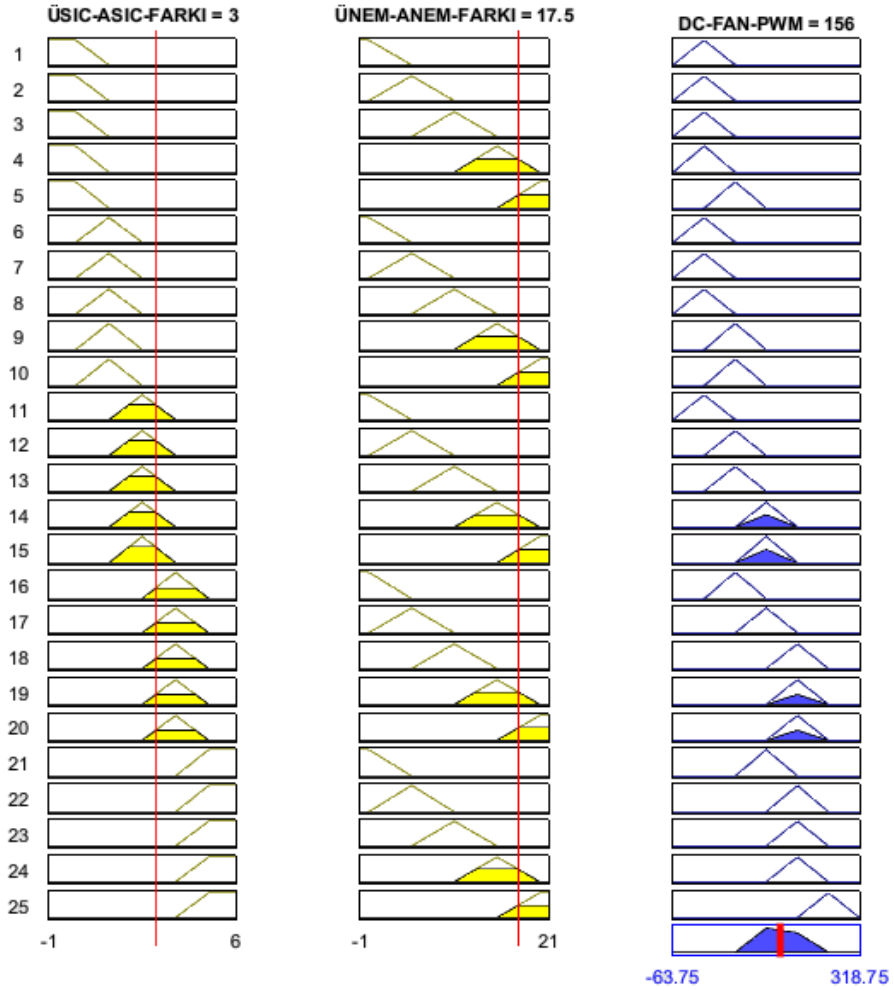
Şekil 4.3. DC fan için merkezlerin ağırlıklı ortalaması metodunun uygulanması

Keskin değer ise denklem 4.9 ile hesaplanır.

$$DCH = \left\{ \frac{\mu_{DCHO} \text{ x } DCHO + \mu_{DCHF} \text{ x } DCHF}{\mu_{DCHO} + \mu_{DCHF}} \right\} \tag{4.9}$$

$$DCH = \left\{ \frac{0,5 \text{ x } 127,5 + 0,4 \text{ x } 191,25}{0,4 + 0,5} \right\} = 155,833 \tag{4.10}$$

Sonuç olarak DC fan yakın olan değere yuvarladığımız için 156. kademede sürülecektir. Sonucu, MATLAB Fuzzy Editor'de elde ettiğimiz değerle karşılaştırırsak yine aynı olacaktır. MATLAB Fuzzy Editor'de elde edilen kural izleyici ve DC fan kademesi Şekil 4.4'te görülmektedir.



Şekil 4.4. DC fan için MATLAB fuzzy editor'de kural izleyici ve kademesi

4.1.2. Atomizer kademesi

Atomizer kademesinin bulunması için aşağıdaki işlemler sırasıyla yapılır.

4.1.2.1. Giriş değerlerini bulma

Atomizer için, vitrin içi sıcaklık ortalaması 1. giriş değerini ve vitrin içi ortalama nem 2. giriş değerini oluşturur.

1. giriş değeri denklem 4.11 ile bulunur.

$$S = \left| \frac{\text{sensör 1 sıc} + \text{sensör 2 sıc} + \text{sensör 3 sıc} + \text{sensör 4 sıc}}{4} \right|$$

(4.11)

$$S = \left| \frac{7 + 8 + 4 + 5}{4} \right| = 6\,°C \tag{4.12}$$

2. giriş değeri denklem 4.13 ile bulunur.

$$N = \left| \frac{\text{sensör 1 nem} + \text{sensör 2 nem} + \text{sensör 3 nem} + \text{sensör 4 nem}}{4} \right| \tag{4.13}$$

$$N = \left| \frac{66 + 72 + 85 + 88}{4} \right| = 77{,}75\,RH \tag{4.14}$$

4.1.2.2. Girişleri bulanıklaştırma

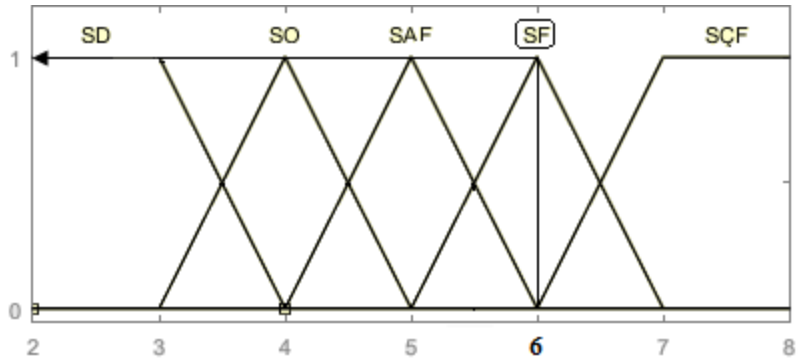
Elde edilen sıcaklık ortalaması ve nem ortalaması ifadelerinin bulanıklaştırma işlemleri aşağıdaki gibidir.

4.1.2.2.1. Sıcaklık ortalaması için bulanıklaştırma

Gerçek değeri 6°C olduğundan dâhil olduğu üçgen üyelik SF'ye karşılık gelmektedir. Buna göre hangi üçgen kümeye ait olduğu ve üyelik derecesi denklem 4.15 ile hesaplanır.

$$SF = \{7 - S \qquad 6 \leq S < 7\} = 1 \tag{4.15}$$

Şekil 4.15'te 1. girişin bulanıklaştırma işlemi görülmektedir.



Şekil 4.5. Atomizer için 1. giriş bulanıklaştırma işlemi

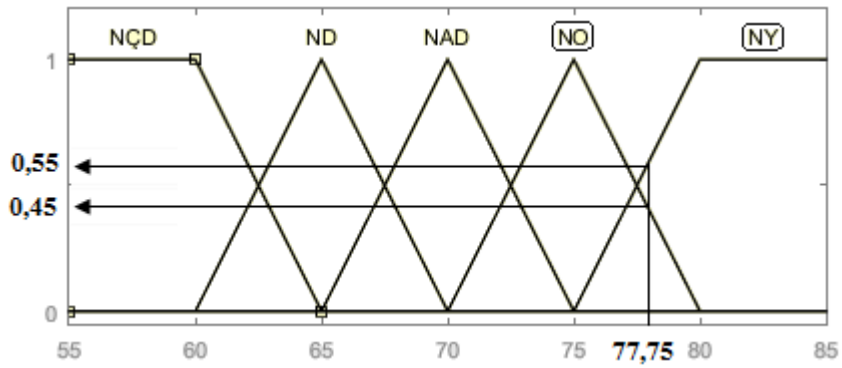
4.1.2.2.2. Nem ortalaması için bulanıklaştırma

Gerçek değeri 77,75 RH olduğundan dâhil olduğu üçgen üyelik NO ve NY'ye karşılık gelmektedir. Buna göre hangi üçgen kümelere ait olduğu ve üyelik dereceleri denklem 4.16 ve 4.17'den hesaplanır.

$$NO = \left\{ \frac{80 - 77{,}75}{5} \qquad 75 \leq N < 80 \right\} = 0{,}45 \tag{4.16}$$

$$NY = \left\{ \frac{77{,}75 - 75}{5} \qquad 75 \leq N < 80 \right\} = 0{,}55 \tag{4.17}$$

Şekil 4.6'da 2. girişin bulanıklaştırma işlemi görülmektedir.



Şekil 4.6. Atomizer için 2. giriş bulanıklaştırma işlemi

4.1.2.3. Çıkarım ve bilgi tabanı

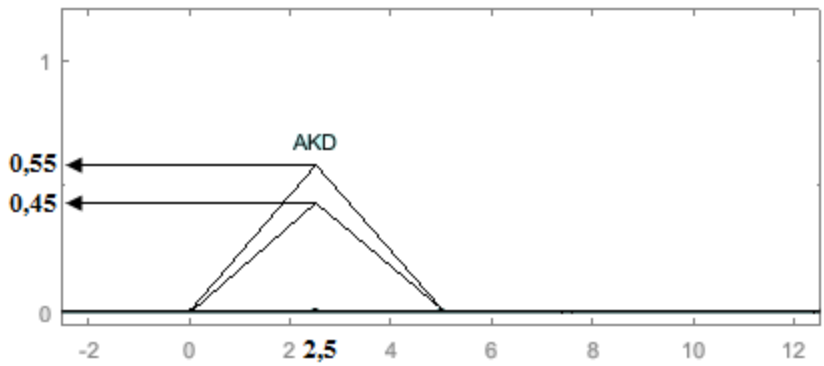
Tasarımımızda birleştirme işlemi için Mamdani metodunu kullandık. Girişler "ve" ile bağlı olduğundan minimum değer alınır. Daha sonra kural tablosundan yararlanarak maksimum-minimum çıkarım kuralı uygulanır. Çizelge 4.2'de Atomizer BM kural tablosuna göre aktif olan kurallar ve üyelik dereceleri görülmektedir.

Çizelge 4.2. Atomizer BM kural tablosuna göre aktif olan kurallar ve üyelik dereceleri

ATOMİZER BM KURAL TABLOSU					
	ORTAM SICAKLIĞI				
ORTAM NEMİ	**SD**	**SO**	**SAF(0,5)**	**SF(1)**	**SÇF**
NY(0,55)	AKÇD	AKÇD	AKÇD(0,5)	AKD(0,55)	AKD
NO(0,45)	AKO	AKO	AKO(0,45)	AKD(0,45)	AKD
NAD	AKF	AKO	AKO	AKD	AKD
ND	AKÇF	AKÇF	AKF	AKF	AKF
NÇD	AKÇF	AKÇF	AKÇF	AKÇF	AKÇF

4.1.2.4. Merkezlerin ağırlıklı ortalaması metodu ile durulaştırma

Bulanık çıktıların kesin değere dönüşmesi için, çalışmamızda durulaştırma yöntemi olarak merkezlerin ağırlıklı ortalaması yöntemini kullandık. Bu yöntem sadece simetrik üyelik fonksiyonlarda geçerlidir. Kullandığımız üyelik fonksiyonlarının tamamı simetrik olduğundan durulaştırma yöntemi olarak bu yöntemi seçmemiz herhangi bir sorun oluşturmayacaktır. Şekil 4.7'de atomizer için merkezlerin ağırlıklı ortalaması metodunun uygulanması görülmektedir.



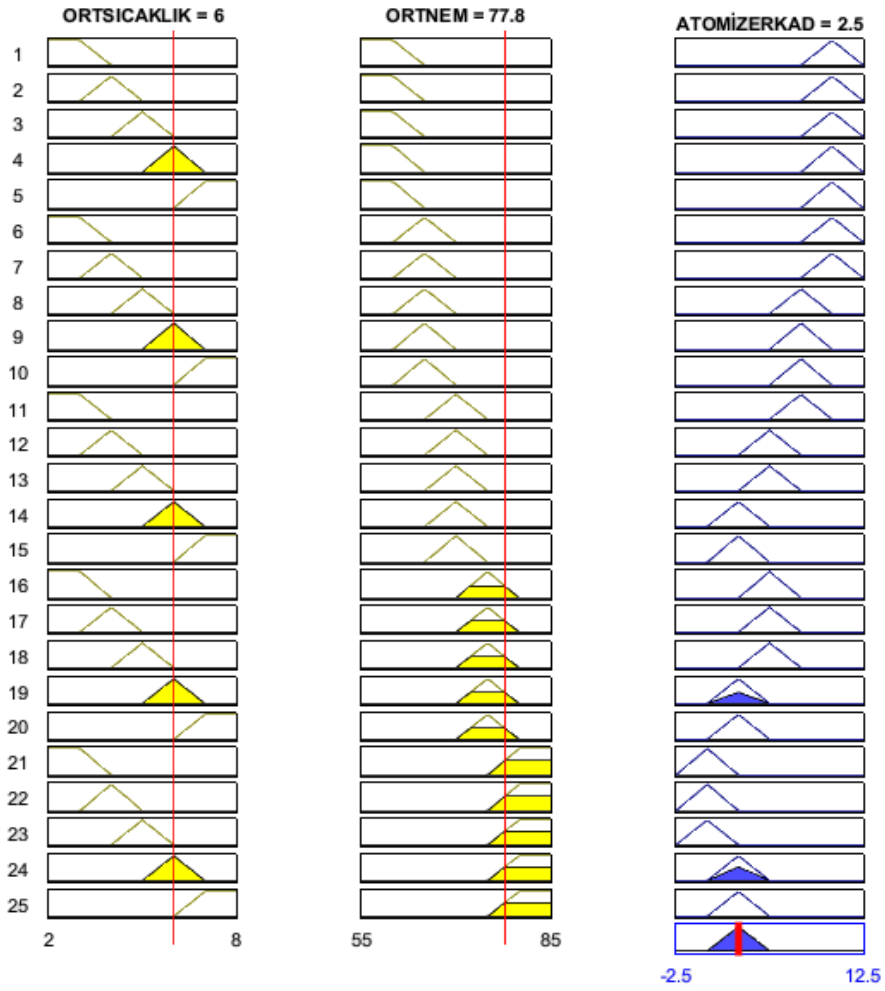
Şekil 4.7. Atomizer için merkezlerin ağırlıklı ortalaması metodunun uygulanması

Keskin değer ise denklem 4.18 ile hesaplanır.

$$AK = \left\{ \frac{\mu_{AKD_1} \text{ x AKD} + \mu_{AKD_2} \text{ x AKD}}{\mu_{AKD_1} + \mu_{AKD_2}} \right\} \tag{4.18}$$

$$AK = \left\{ \frac{0{,}55 \text{ x } 2{,}5 + 0{,}45 \text{ x } 2{,}5}{0{,}55 + 0{,}45} \right\} = 2{,}5 \tag{4.19}$$

Sonuç olarak atomizer, yakın olan değere yuvarladığımız için 3. Kademede sürülecektir. Sonucu, MATLAB Simulink ortamında elde ettiğimiz değerle karşılaştırırsak yine aynı olacaktır. MATLAB Simulink'te elde edilen kural izleyici ve atomizer kademesi şekil 4.8'de görülmektedir.



Şekil 4.8. Atomizer için MATLAB fuzzy editor'de kural izleyici ve kademesi

4.1.3. AC fan kademesi

AC fan kademesinin bulunması için aşağıdaki işlemler sırasıyla yapılır.

4.1.3.1. Giriş değerlerini bulma

AC fan için, vitrin içi sıcaklık ortalaması ile evaporatör sıcaklığı arasındaki fark 1. giriş değerini ve vitrin içi ortalama nem 2. giriş değerini oluşturur.

1. giriş değeri denklem 4.20 ile bulunur.

$$ESF = \left| \frac{\text{sensör 1 sıc} + \text{sensör 2 sıc} + \text{sensör 3 sıc} + \text{sensör 4 sıc}}{4} - \text{sensör 5 sıc} \right| \quad (4.20)$$

$$ESF = \left| \frac{7 + 8 + 4 + 5}{4} - 2 \right| = 4\,°C \quad (4.21)$$

2. giriş değeri denklem 4.22 ile bulunur.

$$N = \left| \frac{\text{sensör 1 nem} + \text{sensör 2 nem} + \text{sensör 3 nem} + \text{sensör 4 nem}}{4} \right| \quad (4.22)$$

$$N = \left| \frac{66 + 72 + 85 + 88}{4} \right| = 77{,}75\,RH \quad (4.23)$$

4.1.3.2. Girişleri bulanıklaştırma

Elde edilen evaporatör sıcaklık farkı ve nem ortalaması ifadelerinin bulanıklaştırma işlemleri aşağıdaki gibidir.

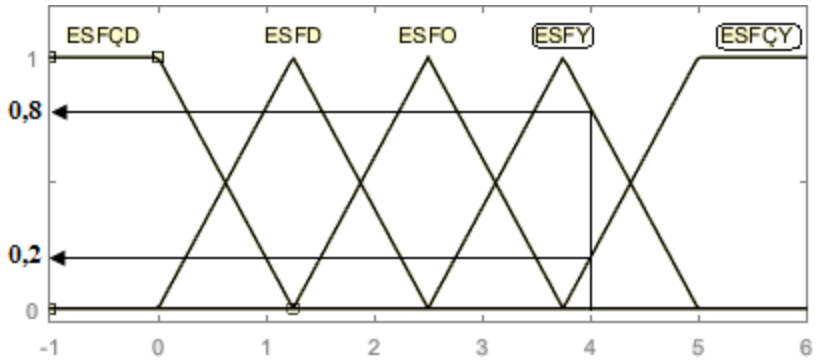
4.1.3.2.1. Ortalama sıcaklık ile evaporatör sıcaklığı farkı için

Gerçek değeri 4°C olduğundan dâhil olduğu üçgen üyelik ESFY ve ESFÇY'ye karşılık gelmektedir. Buna göre hangi üçgen kümeye ait olduğu ve üyelik derecesi denklem 4.24 ve 4.25'ten hesaplanır.

$$ESFY = \left\{ \frac{5 - 4}{1{,}25} \qquad 3{,}75 \leq ESF < 5 \right\} = 0{,}8 \quad (4.24)$$

$$ESFÇY = \left\{ \frac{4 - 3,75}{1,25} \qquad 3,75 \leq ESF < 5 \right\} = 0,2 \tag{4.25}$$

Şekil 4.9'da 1. girişin bulanıklaştırma işlemi görülmektedir.



Şekil 4.9. AC fan için 1. giriş bulanıklaştırma işlemi

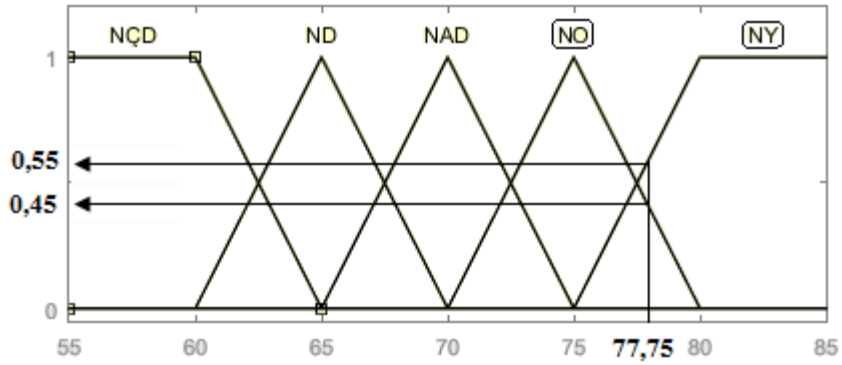
4.1.3.2.2. Ortalama nem için

Gerçek değeri 77,75 RH olduğundan dâhil olduğu üçgen üyelik NO ve NY'ye karşılık gelmektedir. Buna göre hangi üçgen kümeye ait oldukları ve üyelik dereceleri denklem 4.26 ve 4.27'den hesaplanır.

$$NO = \left\{ \frac{80 - 77,75}{5} \qquad 75 \leq N < 80 \right\} = 0,45 \tag{4.26}$$

$$NY = \left\{ \frac{77,75 - 75}{5} \qquad 75 \leq N < 80 \right\} = 0,55 \tag{4.27}$$

Şekil 4.10'da 2. girişin bulanıklaştırma işlemi görülmektedir.



Şekil 4.10. AC fan için 2. giriş bulanıklaştırma işlemi

4.1.3.3. Çıkarım ve bilgi tabanı

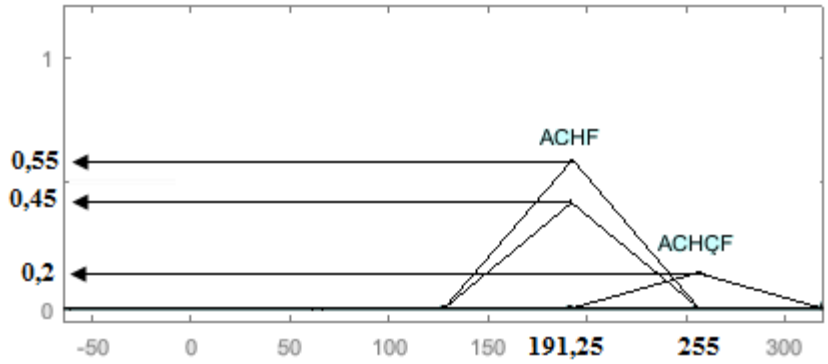
Tasarımımızda birleştirme işlemi için Mamdani metodunu kullandık. Girişler "ve" ile bağlı olduğundan minimum değer alınır. Daha sonra kural tablosundan yararlanarak maksimum-minimum çıkarım kuralı uygulanır. Çizelge 4.3'te AC fan BM kural tablosuna göre aktif olan kurallar ve üyelik dereceleri görülmektedir.

Çizelge 4.3. AC fan BM kural tablosuna göre aktif olan kurallar ve üyelik dereceleri

AC FAN BM KURAL TABLOSU					
	EVAPORATÖR SICAKLIK FARKI				
ORTAM NEMİ	**ESFÇD**	**ESFD**	**ESFO**	**ESFY(0,8)**	**ESFÇY(0,2)**
NY(0,55)	ACHÇD	ACHD	ACHO	ACHF(0,55)	ACHÇF(0,2)
NO(0,45)	ACHÇD	ACHD	ACHO	ACHF(0,45)	ACHÇF(0,2)
NAD	ACHÇD	ACHÇD	ACHD	ACHF	ACHÇF
ND	ACHÇD	ACHÇD	ACHD	ACHO	ACHF
NÇD	ACHÇD	ACHÇD	ACHÇD	ACHO	ACHF

4.1.3.4. Merkezlerin ağırlıklı ortalaması metodu ile durulaştırma

Bulanık çıktıların kesin değere dönüşmesi için, çalışmamızda durulaştırma yöntemi olarak merkezlerin ağırlıklı ortalaması yöntemini kullandık. Bu yöntem sadece simetrik üyelik fonksiyonlarda geçerlidir. Kullandığımız üyelik fonksiyonlarının tamamı simetrik olduğundan durulaştırma yöntemi olarak bu yöntemi seçmemiz herhangi bir sorun oluşturmayacaktır. Şekil 4.11'de AC fan için merkezlerin ağırlıklı ortalaması metodunun uygulanması görülmektedir.



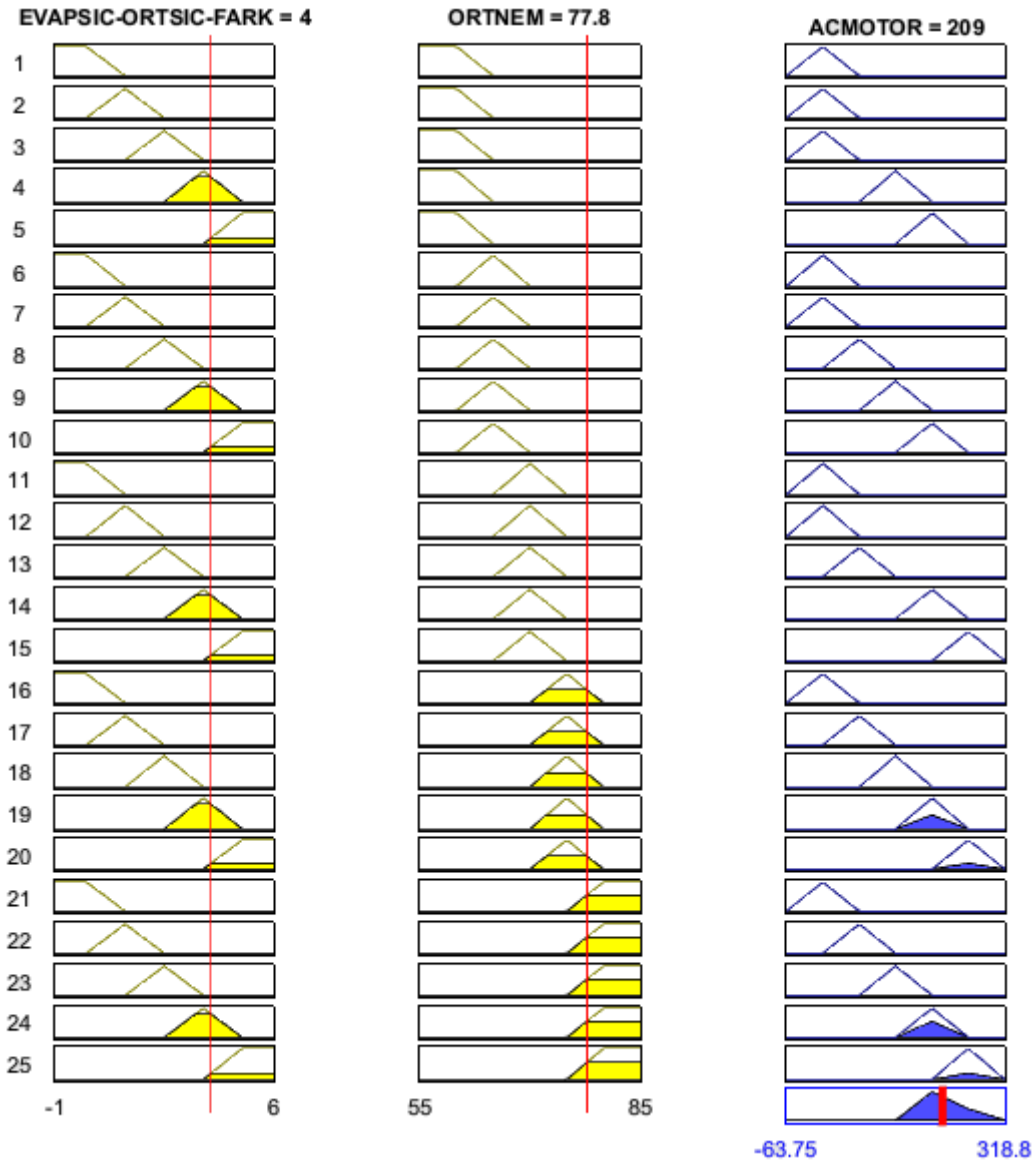
Şekil 4.11. AC fan için merkezlerin ağırlıklı ortalaması metodunun uygulanması

Keskin değer ise denklem 4.28 ile hesaplanır.

$$ACH = \left\{ \frac{\mu_{ACHF_1} xACHF + \mu_{ACHF_2} xACHF + \mu_{ACHÇF_1} xACHÇF + \mu_{ACHÇF_2} xACHÇF}{\mu_{ACHF_1} + \mu_{ACHF_2} + \mu_{ACHÇF_1} + \mu_{ACHÇF_2}} \right\} \quad (4.28)$$

$$ACH = \left\{ \frac{0,55 \text{ x } 191,25 + 0,45 \text{ x } 191,25 + 0,2 \text{ x } 255 + 0,2 \text{ x } 255}{0,55 + 0,45 + 0,2 + 0,2} \right\} = 209,464 \quad (4.29)$$

Sonuç olarak AC fan yakın olan değere yuvarladığımız için 209. kademede sürülecektir. Sonucu, MATLAB Fuzzy Editor'de elde ettiğimiz değerle karşılaştırırsak yine aynı olacaktır. MATLAB Fuzzy Editor'de elde edilen kural izleyici ve AC fan kademesi şekil 4.12'de görülmektedir.



Şekil 4.12. AC fan için MATLAB fuzzy editor'de kural izleyici ve kademesi

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Ülkemizde hali hazırda üretimi gerçekleştirilen soğutuculu pasta vitrinlerinde daha çok ısı kontrolü yapılmaktadır. Pastacılık sektöründe özellikle günlük olarak üretilen ürünler için gerekli olan nem seviyesi sağlanamamakta, bu da raf ömürlerinin kısa olmasına neden olmaktadır.

Bu çalışma ile günlük üretimi en fazla olan vitrin ürünlerinden yaş pastanın raf ömrünün uzatılması amacı ile BMKS geliştirilmiştir. BKMS vitrin içi sıcaklığını yaş pastalar için en uygun şartları sağlayan +4°C sıcaklık ve nemi %70 RH - %80 RH arasında tutmaktadır.

Hali hazırda üretilen yaş pasta vitrinlerinin imalatında fazla değişiklik yapmadan üzerine otomasyon ekipmanlarının kolayca monte edileceği bir BMKS geliştirilmiştir.

Geliştirilen BMKS doğruluğunu test etmek için aynı giriş değerleri kullanılarak Matlab FIS Editör programı ile karşılaştırılmış ve sonuçların Matlab'dan elde edilen değerler ile aynı olduğu görülmüştür.

BMKS ile gerekli hava akış hızı sağlanarak iç ortam neminin yoğuşarak su haline dönüşmesi ve evaporatör yüzeyinde oluşan karlanma minimize edilmeye çalışılmıştır. Böylelikle enerji tasarrufuna katkı sağlanmıştır.

Genellikle sanal olarak yürütülen ve MATLAB vb programlar kullanılarak tasarlanan BM tabanlı sistemlerin günlük hayatta iklimlendirme gibi çok önemli bir yer tutan alanda reel sistem üzerinde gerçekleştirilmesine katkıda bulunulmuştur.

PWM ve BMKS'nin iklimlendirme alanında kullanıldığı ender çalışmalardan olup bu alana farklı yaklaşım sunulmuştur.

Uzman görüşlerine dayalı olarak enerji verimliliği ve yaş pasta raf ömrünün uzatılmasıyla ülke ekonomisine katma değer sağlayacağını düşündüğümüz gerçekleştirilen BMKS'ni zaman, maliyet ve imkânların yetersizliği sebebiyle tüm ölçümlerini gerçekleştiremedik.

Kompresör değişik hızlarda sürülebilirdi fakat farklı bir alanın konusu olduğundan dolayı kompresörün çalışma peryotlarında on-off kontrol sistemini kullandık.

5.2. Öneriler

Her ne kadar yaş pastanın raf ömrünün uzatılması açısından vitrin içi şartlarının otomasyonu ve enerji verimliliği konusunda bir şeyler yapsak da bazı teknik ve yöntemler de dâhil edilerek daha kararlı ve verimli bir sistem oluşturulabilir.

Kompresörün değişik hızlarda sürülmesi ve elektronik genleşme valfinin de kullanılması durumunda enerji verimliliği artırılabilir.

Vitrinler, pastane içerisinde müşteriye sergilenecek ortamda yani insan için konfor şartlarında bulunurlar. İnsan için konfor şartları yaz ve kış şartlarına göre değişebilmekle birlikte sıcaklık için 20-26°C, bağıl nem için ise %30-70 RH arasında ortalama değerde olduğu söylenebilir. Dış sıcaklık ve nem verilerinin de bu değerlerde olacağı göz önünde bulundurularak gerçekleştirilen BMKS'ye vitrinin dış sıcaklık ve nem verileri dâhil edilmediğinden sadece vitrin içi şartlara göre karar vermektedir. Giriş parametrelerine dış sıcaklık ve nemi de dâhil ederek tepki süresi kısaltılabilir. Ya da yaz ve kış modunun eklenmesi bu konuda alternatif bir çözüm olabilir.

Kural sayısı artırılarak daha hassas bir BMKS oluşturulabilir.

AC ve DC fan sayısı artırılarak ve hassas fanlar kullanılarak daha kararlı bir sistem oluşturulabilir.

Kullandığımız atomizer yerine oluşturulan sisteme göre imalatı yapılarak daha verimli çalışabilmesi sağlanabilir.

Sistemin tüm ölçüm ve analizleri yapılarak endüstriyel hale getirilebilir.

Farklı bir yaklaşım açısıyla, evaporatör ile vitrin içi sıcaklık farkı azaltılarak karlanmanın önüne geçilmeye çalışıldı fakat uzun deneyler yapılmadı. Karlanmanın önüne geçilerek enerji verimliliği hususunda daha da farklı yaklaşımlar geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

Allahverdi, N., 2002, Uzman Sistemler Bir Yapay Zeka Uygulaması, *Atlas Yayın-Dağıtım, Nobel Yayın-Dağıtım*, İstanbul, 48-51.

Altınbaşak, O., 2004, Mikrodenetleyiciler ve PIC Programlama, *Altaş Yayıncılık ve Elektronik Tic. Ltd. Sti*, İstanbul, 12-34.

Altıparmak, M., 2005, Mikrodenetleyici kontrollü bir ısıl sistem tasarımı ve gerçekleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 19.

Aprea, C., Renno, C., 2004. An experimental analysis of a thermodynamic model of a vapour compression refrigeration plant on varying the compressor speed, *International Journal of Energy Research*, 28(6), 537-549.

Bayraktar Ö., 2015, Darbe genişlik modülasyonu(PWM)[online], http://www.omerbayraktar.com/2015/01/07/pulse-width-modulation-darbe-genislik-modulasyonu-pwm/ [Ziyaret Tarihi: 5 Mayıs 2015].

Bolat, Y., 2006, MATLAB-SIMULINK+PIC tabanlı mantık denetleyici tasarımı ve gerçek zamanlı sıcaklık kontrolü uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Boullart, L., 1988, Artifical Intelligence and Expert Systems: Next Generation Tools, *IFAC Industrial Processes Control Systems*, Belgium, 45-51.

Bulut S., Ünveren M., 2011, *HSK ar-ge teknik bülten*, 8(2011), 2,3,5.

Buzelin, L.O.S., Amico, S.C., Vargas, J.V.C., Parise, J.A.R., 2005, Experimental development of an intelligent refrigeration system, *International Journal of Refrigeration*, 28(2), 165-175.

Chang, B., Zhang, X., 2011, Design of Indoor Temperature and Humidity Monitoring System Based on CC2430 and Fuzzy-PID, *Cross Strait Quad-Regional Radio Science and Wireless Technology Conference*, Harbin- Heilongjiang- China. 980-984.

Çakır, A., 2000, Bilgisayar Ortamlarında Sıcaklık, Nem ve Hava Kalitesinin Bulanık Mantıkla Denetimi, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 26.

Çelik, H.C., Daban, Ş., Çınar, O., Yanarateş, E., Kocaman, M.K., Başboğaoğlu, U., Akdağ, M., Tarımer, İ., Kiper, A., Kıyıcı, M., Gündüz, Ş., Çuhadar, C., Kuzu, A., 2006, Bilgisayar 1 Temel Bilgisayar Becerileri (Ed: Güneş, A.), *Pegema Yayıncılık*, Ankara,2-5.

Devres, Y. O., 2013, *Dünya Gıda*, 2013 (11), 28-30.

Ekren O, Kucuka S, 2010. Energy saving potential of chiller system with fuzzy logic control, *Int J Energ Res*, 34, 10, 897-906.

Ekren O., 2009, Bir soğutma grubunda kompresör hızının ve elektronik genleşme vanasının bulanık mantık algoritma ile kontrolü, Doktora Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 26.

Ekren, O., Sahin, S., Isler, Y., 2010, Comparison of different controllers for variable speed compressor and electronic expansion valve, *International Journal of Refrigeration*, 33, 1161-1168.

Elmas, Ç. 2003, Bulanık Mantık Denetleyiciler (Kuram, Uygulama, Sinirsel Bulanık Mantık), *Seçkin Yayıncılık*, Ankara, 20-30, 25, 40-50, 230.

Erdal, H., 1998, Bir İklimlendirme Odasının Bulanık Mantık Yöntemi İle Kontrolü, Doktora Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 35-45.

Erkaymaz H., Çayıroğlu İ., 2010, Bulanık mantık ve PIC kullanılarak bir klima sisteminin kontrolü, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2010/2, 167-180.

Ertuğrul, R., 2006, *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 20 (1), 157.

Esbri, J.N., Berbegall, V., Verdu, G., Cabello, R., Llopis, R., 2007, A low data requirement model of a variable-speed vapour compression refrigeration system based on neural networks, *International Journal of Refrigeration*, 30(8), 1452-1459.

Etik N., Allahverdi N., Sert İ.Ü., Sarıtaş İ., 2009, Fuzzy Expert System Design for Operating Room Air-condition Control Systems, *Expert Systems with Applications*, 39 (6), 9753-9758.

Güvenç, U., Sönmez, Y., Biroğlu, S., 2007, Bulanık Mantık Denetimli DA-DA Çeviricileri için Geliştirilen Bir Eğitim Seti, *Journal of Polytechnic*, Ankara, 10 (4), 339-346.

http://www.acsklima.com/wp-content/uploads/2014/10/psikometrik-diagram.jpg [Ziyaret Tarihi: 3 Şubat 2015].

Huang, S., Nelson, R.M., 1994, Rule development and adjustment stratejities of a fuzzy logic controller for an HVAC system: part one-analysis, *ASHRAE Trans: Symposia*, NO-94-8-4, 841-856.

İstanbullu, A., 1996, Deneysel Amaçlı Esnek Sera Kontrol Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kütahya, 5.

Jamshidi, M., Vadiee, N. ve Ross, J.T., 1993, Fuzzy Logic and Control, *Software Applications*, Prentice-Hall, New Jersey, 73-80.

Kaçmaz, E., 2007, PIC mikrodenetleyici kullanarak ağ bağlantılı gömülü sistem tasarımı iklimlendirme cihaz kontrol ünitesi uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, *Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir.

Kahraman, E., Ünal, V., 2015, Gerçek Zamanlı Gömülü Sistem ve Yazılım Tasarımı'nda ASELSAN Yaklasımı [online], http://www.emo.org.tr/ekler/5a2816e72eb9bbf_ek.pdf [Ziyaret Tarihi: 3 Mayıs 2015].

Kırbaş, C., 2013, Psikrometrik diyagram ve uygulamaları [online], http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/19982ccdd9f6003_ek.pdf [Ziyaret Tarihi: 4 Mayıs 2015].

King P.J., Mamdani, E.H.,1977, The Applications of Fuzzy Control Systems to Industrial Processes, *Automatica*, vol.3, 235-242.

Kuzucuoğlu, A.E., 2000, İklimlendirme Deney Tesisatının Neuro-Fuzzy Yöntemiyle Kontrolü, , Doktora Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 54.

Lee,C.C., 1990, Fuzzy logic in control systems: Fuzzy logic controller-part I, IEEE Trans. On systems, *Man and Cybernetics*, 20(2), 404-432

Lynch, C., O'Reilly, F., 2005, Processor choice for wireless sensor networks, *REALWSN'05*, Stocholm-Sweden, 62.

Microchip Technology Inc, 2008, PIC18F2525/2620/4525/4620 Data Sheet[online], http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39626e.pdf [Ziyaret Tarihi: 29 Nisan 2015].

Oduk, M.N., Allahverdi, N., 2009, A Study on Developing Greenhouse Automation by Fuzzy Control Method, World Academy of Scence, *Engineering and Technology*, Amsterdam, Vol. 57, pp. 599-603.

Özcan Ö., 2011, Kablosuz sensör ağları için PIC tabanlı sensör düğümü tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 45,50.

Özkol N, 1999. Uygulamalı Soğutma Tekniği, *Makina Mühendisleri Odası,* Ankara, 19,87, 115, 130, 156.

Sensiron the sensor company, 2011, SHT1X / SHT7X humidity & temperature sensor[online], http://www.sensirion.com/fileadmin/user_upload/customers/sensirion/Dokumente/Humidity/Sensirion_Humidity_SHT1x_Datasheet_V5.pdf [Ziyaret Tarihi: 3 Mayıs 2015].

Sinecen, M., 2002, Klima sistem kontrolünün bulanık mantık ile modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli.

Soy H., Yılmaz E., Allahverdi N., 2010, Design od an Embedded Fuxzzy PD Controller for Thermal Comfort Applications, *Int. J. Reasoning-based Intelligent Systems*, 2 (3/4), 293-299.

Soy H., Yılmaz E., Dilay Y., 2006, Gömülü Kontrolör ile Sera İklimlendirme Sisteminin Bulanık Kontrolü, *Eleco'2006 elektrik-elektronik-bilgisayar mühendisliği sempozyumu ve fuarı*, Bursa.

Soygüder, S. ve Alli, H., 2008, Bir HVAC Sisteminin FUZZY-PD Tipi Denetimi ve Sayısal Benzetimi, *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20,2 (2008) 355-367.

Termodinamik, 1999, Stulz ultrasonik nemlendiriciler [online], http://www.termodinamik.info/?pid=17858 [Ziyaret Tarihi: 4 Mayıs 2015].

Tezcan, M.K., 2010, Programlanabilir mikrodenetleyici kullanarak mekanik kumandalı araç klimalarının otomatik kotrollü olmalarını sağlatacak bir sistemin tasarımı ve deneysel araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Edirne.

Torun S., 2007, Koroner kalp hastalığı riski tanısı ve tedavisi için hiyerarşik bir BMKS uzman sistem tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Tutumel, İ., 2010, MATLAB ortamında deneysel olarak bir buhar sıkıştırmalı soğutma çevriminin ve otomasyonunun analizi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 19-20.

Üçüncü, Ö.,2003, Soğuk muhafazada nem kontrolü, *VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, İzmir, 1-4.

Wong, Y.K., Rad, A.B., 1994, Comparison of the performance of a fuzzy controller with a PID controller for a heating process, *Microprocessors and Microsystems*, 18(7), 401-407.

Yakupoğlu, B.S., 2000, Endüstriyel Otomasyonda Bir Bulanık Mantık Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 31.

Yüklü N., 2006,PIC mikrodenetleyici ile kapalı ortamda sıcaklık ve nem kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, *İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Malatya.

Zadeh, L. A.(1965), Fuzzy Sets, Information and Control, *University of California*, p.338-353

Zadeh, L.A., 1978, Fuzzy sets as a basis for a basis for a theory of possibility, 3-10.

EKLER

EK-1 Arayüz ve mikroişlemci yazılımları (CD)

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Recai ÖZCAN
Uyruğu	**:**	TC
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Çiçekdağı - 05.01.1981
Telefon	**:**	0505 3022339
Faks	**:**	0332 4261444
e-mail	**:**	recaiozcan@selcuk.edu.tr

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	YDA Cumhuriyet Lisesi, Kırıkkale	1999
Üniversite	:	Fırat Üniversitesi, Elazığ	2007
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi, Konya	2015
Doktora	:		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2008	SÜ Bozkır MYO	Öğretim Görevlisi

UZMANLIK ALANI

Elektrik Makineleri, Güç Elektroniği, PLC, Otomasyon Sistemleri.

YABANCI DİLLER

İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR

Özsağlam, M.Y., Özcan, R., Özcan, Ö., 2011, Özellik tabanlı Naive Bayes sınıflandırma yöntemi, *Ereğli Kemal Akman MYO 3.Ulusal Tebliğ Günleri,* Konya.

Kemal TUTUNCU, Recai OZCAN, 2013, Designof Air Conditioning Automation for Patisserie Shopwindow, *International Journal of Electronics Science and Engineering,* ISSN:1307-6892, Vol (8),759-763. (Yüksek lisans tezinden yapılmıştır)